



ISSN 2310-4678

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

4/2025



ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Виходить 4 рази на рік

№ 4/2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ДРЕБОТ ОКСАНА ІВАНІВНА
д.е.н., професор, академік НААН

Відповідальний секретар
ВИСОЧАНСЬКА Марія Ярославівна
д.е.н., старший дослідник

- Антоненко Ірина Ярославівна** • д.е.н., професор (Київ)
Бадрі Гечбая • д.е.н., професор (Грузія)
Баран-Зглобіцка Богуслава • д-р хаб. (Республіка Польща)
Білотіл Валентина Юріївна • доктор філософії (PhD з економіки) (Київ)
Вежбінський Богдан • д.е.н., професор (Республіка Польща)
Грановська Людмила Миколаївна • д.е.н., професор (Херсон)
Дем'янюк Олена Сергіївна • д.с.-г.н., професор,
член-кореспондент НААН (Київ)
Добряк Дмитро Семенович • д.е.н., член-кореспондент НААН (Київ)
Дубас Ростислав Григорович • д.е.н., професор (Київ)
Іріс Лонкар • доктор філософії (PhD з економіки) (Хорватія)
Ілієв Іван Олександрович • д. н., професор (Болгарія)
Йошіхіко Окабе • д.е.н., професор (Японія)
Копій Леонід Іванович • д.с.-г.н., професор (Львів)
Кузін Наталія Василівна • д.е.н., доцент (Біла Церква)
Микитин Тарас Миронович • д.е.н., доцент (Київ)
Мішенін Євген Васильович • д.е.н., професор (Київ)
Москаленко Анатолій Михайлович • д.е.н., професор,
член-кореспондент НААН (Чернігів)
Мудрак Олександр Васильович • д.с.-г.н., професор (Вінниця)
Новаковська Ірина Олексіївна • д.е.н., професор,
член-кореспондент НААН (Київ)
Павлова Олена Миколаївна • д.е.н., професор (Луцьк)
Паляничко Ніна Іванівна • д.е.н., старший науковий
співробітник (Київ)
Попадинець Назарій Миколайович • д.е.н., старший дослідник (Львів)
Сахарнацька Людмила Іванівна • к.е.н., старший дослідник (Київ)
Собчик Вікторія • д.с.-г.н., професор (Республіка Польща)
Тараріко Олександр Григорович • д.с.-г.н., професор, академік НААН (Київ)
Трохименко Олена Олексіївна • д.е.н., професор (Київ)
Фурдичко Орест Іванович • д.е.н., д.с.-г.н., професор,
академік НААН (Київ)
Шерстобоева Олена Володимирівна • д.с.-г.н., професор (Київ)
Шершун Микола Харитонович • д.е.н., професор (Київ)
Юхновський Василь Юрійович • д.с.-г.н., професор (Київ)
Якимчук Аліна Юріївна • д.е.н., професор (Республіка Польща)

Засновники:

Інститут агроекології і природокористування НААН

ТОВ “Екоінвестком”

*Свідоцтво про реєстрацію
КВ № 18960-7750 Р від 29.05.2012 р.*

Видавець:

ТОВ “Екоінвестком”

*Свідоцтво про реєстрацію
ДК № 4293 від 02.04.2012 р.*

Адреса редакції:

03143, м. Київ, вул. Метрологічна, 12

тел./факс: (044) 526-33-36

www.natureus.org.ua

e-mail: nature_us@ukr.net

Журнал включено

*до Переліку наукових фахових видань України (категорія “Б”)
згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р.
за такими спеціальностями: 051 — Економіка, 101 — Екологія,
201 — Агрономія, 205 — Лісове господарство.*

Журнал включено

до міжнародних інформаційних та наукометричних баз:

RePEc, Research Bible, Google Scholar,

Advanced Science Index, Polska Bibliographia Naukowa.

Рекомендовано до друку

*Вченою радою Інституту агроекології
і природокористування НААН
(протокол № 6 від 14.11.2025 р.).*

Відповідальність за добір і викладення фактів несуть автори.
Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Підписано до друку 25.11.2025 р. Формат 60×84/8. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 19,0. Наклад 300 прим. Зам. № ЗП-04-25.

Оригінал-макет та друк ТОВ “ДІА”. 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45.

ЗМІСТ

Дребот О. І., Костюк В. С., Сахарнацька Л. І. Використання супутникових даних і ГІС у моніторингу змін земного покриття	5
Москаленко В. А., Бабаченко Л. В., Заїка О. В., Гавриш Н. О. Поведінкові моделі у сфері відновлюваної електроенергії в B2B- та B2C-сегментах . . .	16
Ільєнко Т. В., Тараріко О. Г., Шерстюк Д. М. Структура інформаційно-аналітичної вебплатформи моніторингу процесів опустелювання “Агрокосмос”	27
Паленичак О. В. Удосконалення оцінювання управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств.	40
Магас В. М. До питань методології формування екологічної політики в Україні	48
Дубовий В. І., Кліщенко С. В., Будак О. О., Холоденко І. В. Еколого-економічні аспекти виробництва мінеральних добрив та одержання мулових мас стічних вод	58
Raichuk L. Crisis management of radioactively contaminated territories: socio-economic barriers to recovery in Ukraine’s Polissia region	68
Дубровський В. Ю., Дем’янюк О. С. Аналіз земель природно-заповідного фонду Черкаського та Кропивницького районів.	79
Надвиничний Д. С., Наумовська О. І., Сербенюк Г. А., Паламарчук С. П., Крижанівський І. В. Рекреаційний потенціал парку-пам’ятки загальнодержавного значення “Межигір’я”	89
Мартиненко В. В., Шумигай І. В. Гідрологічна динаміка стаціонару “Мертве озеро” та його вплив на екосистеми природного заповідника “Древлянський”	102

CONTENTS

Drebot O., Kostiuk V., Sakharnatska L. Use of satellite data and GIS in land cover change monitoring	5
Moskalenko V., Babachenko L., Zaika O., Havrysh N. Behavioral models in the field of renewable energy in B2B and B2C segments	16
Iliencko T., Tarariko O., Sherstiuk D. Structure of the information-analytical web platform for monitoring desertification processes “Agrokosmos”	27
Palenychak O. Improving the assessment of eco-oriented development management of agricultural enterprises	40
Mahas V. On issues of methodology of forming environmental policy in Ukraine	48
Dubovyi V., Klishchenko S., Budak O., Kholodenko I. Ecological and economic aspects of mineral fertilizer production and sewage sludge recovery	58
Райчук Л. А. Кризовий менеджмент радіоактивно забруднених територій: соціально- економічні бар’єри відновлення Українського Полісся	68
Dubrovskiy V., Demyanyuk O. Analysis of the lands of the nature reserve fund of the Cherkasy and Kropyvnytskyi districts.	79
Nadvynychniy D., Naumovska O., Serbeniuk H., Palamarchuk S., Kryzhanivskiy I. Recreational potential of the park-monument of national importance “Mezhyhiria”	89
Martynenko V., Shumyhai I. Hydrological dynamics of the Dead Lake (Mertve Ozero) station and its impact on the ecosystems of the Drevlianskyi Nature Reserve	102

ЗМІСТ

Тимошенко О. М., Тимошенко Л. М. Вплив деяких технологічних прийомів виращування шавлії лікарської на поширення і розвиток пероноспорозу ...	111
Дем'янюк О. С., Синенко Д. І. Світовий ринок виробництва яблук: сучасні тенденції та потенціал України	118
Стародуб В. І. Стан і вивчення проблеми поширення адвентивних видів рослин в агро- екосистемах України: глобальні виклики та національні перспективи.	126
Ліщук А. М., Городиська І. М., Терновий Ю. В., Кравчук Ю. А. Вплив сидерації на агрофізичні властивості ґрунту в умовах органічного землеробства.	135
Мовчан В. О., Ілюк Н. А., Мележик О. В., Зінчук Н. А. Розвиток міського органічного фермерства	144
Яковенко Д. О., Бородай В. В. Мікобіота ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів Азотохелп і Граундфікс	152
Пам'яті О. І. Шкуратова	162
Правила для авторів.	163

CONTENTS

Tymoshenko O., Tymoshenko L. Impact of some technological methods of growing sage on the spread and development of peronosporosis	111
Demyanyuk O., Synenko D. The global apple production market: current trends and Ukraine's potential	118
Starodub V. Status and study of the problem of alien plant species spread in agroecosystems of Ukraine: global challenges and national prospects.....	126
Lishchuk A., Horodyska I., Ternovyi Yu., Kravchuk Yu. The influence of green manuring on the agrophysical properties of soil under organic farming conditions.....	135
Movchan V., Iliuk N., Melezhyk O., Zinchuk N. Development of urban organic farming.	144
Yakovenko D., Borodai V. Microbiota of the rhizosphere of winter wheat under the action of biological products Azotohelp and Groundfix.	152
In memory of O. I. Shkuratov	162
Rules for authors.	163

ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ І ГІС У МОНІТОРИНГУ ЗМІН ЗЕМНОГО ПОКРИВУ

О. І. Дребот

доктор економічних наук, професор, академік НААН
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>

В. С. Костюк

кандидат біологічних наук, доцент
Житомирський державний університет імені Івана Франка (м. Житомир, Україна)
e-mail: kostyuk_vs@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-4084>

Л. І. Сахарнацька

кандидат економічних наук, доцент, старший дослідник
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
Закарпатський обласний центр соціально-економічних
і гуманітарних досліджень НАН України (м. Ужгород, Україна)
e-mail: liudmyla.sakharnatska@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-4917>

Стаття розглядає практичні засади проведення моніторингу динамічних трансформацій лісового покриття Українських Карпат із застосуванням ГІС-технологій. Мета роботи полягає в дослідженні просторово-темпоральних змін лісових екосистем Карпатського регіону через синтез багатоспектральних супутникових знімків та просторового моделювання в ГІС-середовищі для забезпечення достовірної детекції антропогенних і природно зумовлених порушень. Методологічна основа дослідження базується на інтеграції багатоспектральних супутникових даних платформ із комплексом спектральних вегетаційних індексів. У програмному середовищі QGIS реалізовано процедури обробки й аналізу часових серій, класифікаційного аналізу, векторизації та кореляційного моделювання з урахуванням орографічних, інфраструктурних і лісгосподарських чинників. Отримані результати виявили форматну диференціацію процесів трансформації лісового покриття Українських Карпат. Було зафіксовано середню інтенсивність процесів на рівні 0,7–1,2% річних втрат від загальної площі лісів. Кількісна оцінка підтвердила домінуючу роль антропогенних факторів у формуванні наявних динамічних змін лісового покриття, а їхня частка в загальному обсязі порушень становить приблизно 90%. У межах антропогенного впливу домінують процеси суцільних і вибіркових рубок лісу на територіях Рахівського, Верховинського та Сколівського районів. Практична значущість дослідження полягає у створенні обґрунтованого інструментарію для забезпечення інформаційної підтримки екологічного моніторингу та ухвалення рішень щодо захисту лісових масивів Українських Карпат. ГІС-моніторинг формує практику порівняння часових змін структури і якісного стану лісових масивів із метою визначення заходів щодо збереження та відновлення лісистості територій. Подальші розвідки доцільно фокусувати на питаннях таксономічних класифікацій різних типів деградації земель та удосконалення хмарних веб-ГІС платформ оперативного моніторингу стану земель Карпатського регіону та інших територій України.

Ключові слова: лісовий покрив, вегетаційні індекси, Українські Карпати, деградаційні процеси, суцільні і вибіркові рубки, лісові масиви.

ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена деградаційними процесами лісових покривів на території Українських Карпат, вагома частка яких залишається поза межами традиційних методів фіксації та різних польових спостережень. Це призвело до утворення прогалин у сфері забезпечення сталого екологічного моніторингу території. Експоненційне зростання

антропогенного тиску на окремі екосистеми, яке часто посилюється ще й кліматичними “стрибками”, сформувало основу для термінового запровадження високоточних інструментів оперативного оцінювання стану екосистем. Для території Карпат варто також враховувати складний гірський рельєф, виражену сезонність польових досліджень і фрагментарність геоданих, що зумовило обмеження можливостей

аналізу фактичної динаміки змін земного покриву.

Проблематика дослідження сформувалася через недостатню спроможність і технічне відставання відомих інструментів моніторингу стану територій щодо різних типів порушень лісового покриву. До цих порушень належать як суцільні, так і вибіркові рубки, природні деградаційні процеси, кліматичні катаклізми. Додатковим чинником, який може ускладнити ситуацію, є відсутність повноінтегрованих геоінформаційних моделей оцінки, що можуть формувати дані для єдиної аналітичної бази, необхідної для ухвалення обґрунтованих рішень у сфері екологічного захисту й моніторингу. На підставі зазначеного можна констатувати, що практика кооперування оперативних супутникових геоданих і процесу екологічного моніторингу здатна подолати прогалини в налагодженні системного контролю за станом лісового покриву.

Мета статті — дослідити науково-методичні підходи до виявлення, кількісної оцінки та просторово-часового картографування змін лісового покриву Українських Карпат на основі інструментів геоінформаційного аналізу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз наукового доробку свідчить, що створення надійної методологічної основи для моніторингу трансформацій земної поверхні, зокрема лісових екосистем, потребує інтеграції цифрових моделей рельєфу, технологій дистанційного зондування та геоінформаційних систем. У дослідженні С. В. Дорожка та співавторів продемонстровано можливості генерації високоточної цифрової моделі рельєфу на основі растрової інформації, що формує фундамент для подальшого просторового аналізу в межах гірських регіонів [1]. На матеріалах Покутсько-Буковинських Карпат І. М. Кульбанська обґрунтовує результативність геоінформаційних технологій для кількісного оцінювання динаміки площ лісового покриву, інтегруючи класифікаційний аналіз супутникових зображень із розробкою динамічних картографічних моделей [2]. У науковій праці Р. Л. Кравчинського та ін. детально розглянуто комплексні природні детермінанти функціонування карпатських лісових екосистем, наголошено на ролі абіотичних факторів — орографії, кліматичних умов і гідрологічної мережі — у формуванні стійкості лісових ландшафтів [3].

І. Рожі та співавтори обґрунтували геодезичні аспекти створення цифрових моделей рельєфу для потреб геоінформаційних систем, що має критичне значення для коректної

інтерпретації супутникових даних в умовах складної топографії [4]. М. Цепенда та ін. розкрили потенціал ГІС-технологій для оцінювання лісорекреаційного потенціалу територій і підкреслили значущість просторового аналізу в контексті планування використання рекреаційних зон [5]. О. Г. Часковський і Г. Г. Гриник розглянули можливості відкритих супутникових платформ для кількісного оцінювання втрат лісового покриву в Українських Карпатах [6]. К. Кринецька запропонувала алгоритмічні розробки та модульне розширення QGIS для автоматизованої ідентифікації морфологічних форм рельєфу, що є релевантним для завдань структурно-геоморфологічного аналізу [7]. Р. В. Ваг і С. К. Ауті акцентували увагу на тому, що геоінформаційні системи є ключовим інструментом підтримки ухвалення рішень у сфері планування землекористування, забезпечуючи інтеграцію екологічних та просторових критеріїв [8]. Загалом, науковий доробок демонструє чітку тенденцію до інтеграції ГІС-рішень, ДЗЗ-даних та аналітичного моделювання, що формує сучасну методологічну основу для дослідження трансформацій лісового покриву.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічна основа дослідження передбачає інтеграцію багатоспектральних супутникових даних, індексного аналізу стану рослинності та геоінформаційного моделювання, що в сукупності забезпечує системне виявлення, кількісну оцінку й просторову інтерпретацію трансформацій лісового покриву в межах Українських Карпат. Емпіричну основу дослідження становлять супутникові знімки Landsat-8, Sentinel-2 і PlanetScope, що пройшли радіометричну та атмосферну корекцію. Подальша обробка здійснювалася в програмному середовищі QGIS із використанням інструментів класифікації, векторизації та аналізу часових рядів. Отримані результати інтегровано в геоінформаційну модель, що слугує інструментом подальшої інтерпретації та інформування управлінських рішень у сфері лісового господарства.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Картографування змін лісового покриву Українських Карпат демонструє складну й багатошарову динаміку, яка проявляється через поєднання природних та антропогенно зумовлених трансформацій, що накопичуються протягом тривалого періоду і формують неоднорідну просторову мозаїку лісових ландшафтів. Довготривала динаміка свідчить, що найбільш

різкі зміни відбулися в періоди економічних криз і підвищеного попиту на деревину, що спричинило появу великих кластерів рубок у лісових масивах територій передгір'їв (рис. 1).

Просторова візуалізація показала, що в окремі роки інтенсивність втрат у східній частині Карпат суттєво перевищувала аналогічні процеси в західній частині, що пояснюється як відмінностями в породному складі лісів, так і різною структурою лісокористування в регіоні [6].

Визначення площі та локалізації основних осередків втрат деталізує масштаби порушень, адже синтез спектральних індексів (NDVI, NBR, NDMI) у поєднанні з часовими рядами супутникових знімків забезпечує формування картографічних шарів, де фіксуються як поступові, так і різкі зміни, що відповідають різним типам трансформацій.

У низці районів, зокрема Рахівському, Верховинському та Сколівському, зафіксовано найбільшу концентрацію осередків втрат, які формують протяжні лінійні структури, типові для суцільних лісозаготівель, а також окремі округлі або неправильної форми ділянки [2; 10]. Відстежено, що вітровали охоплюють особливо значні площі в урочищах, де поєднуються круті схили та ослаблені патологічними процесами деревостани, тоді як деградаційні процеси, пов'язані з усиханням, формують мозаїчні

фрагменти, які відрізняються підвищеною гетерогенністю спектральних сигналів (табл. 1).

Геопросторові масиви даних із супутників вказують на наявність тривалих і доволі стійких просторових змін лісового покриття Українських Карпат. Фіксується середньорічний темп скорочення площі лісових масивів на рівні 0,7–1,2%. Це чітко вказує на системний і тривалий характер виявлених змін, які значно інтенсифікуються в періоди екологічної нестабільності. Аналітичне пояснення щодо виявлених порушень свідчить, що близько 90% із них мають антропогенне походження, і особливо болісною для лісових масивів є практика суцільних та вибіркових рубок лісу. Застосування індексу NDVI форсує виявлення значного зниження обсягів фітомаси, що корелює з періодами масштабних вирубок, а також із природними ушкодженнями лісових екосистем. Найбільш виражені зміни зафіксовано за даними знімків у Рахівському, Верховинському та Сколівському районах, у яких сформувалися локальні кластери критичного антропогенного навантаження.

Попри домінування негативних тенденцій, простежується часткове природне відновлення лісових насаджень, яке становить 12–18% площ, на яких уже зафіксовано деградаційні зміни. Просторово-часові тренди порушень дають змо-

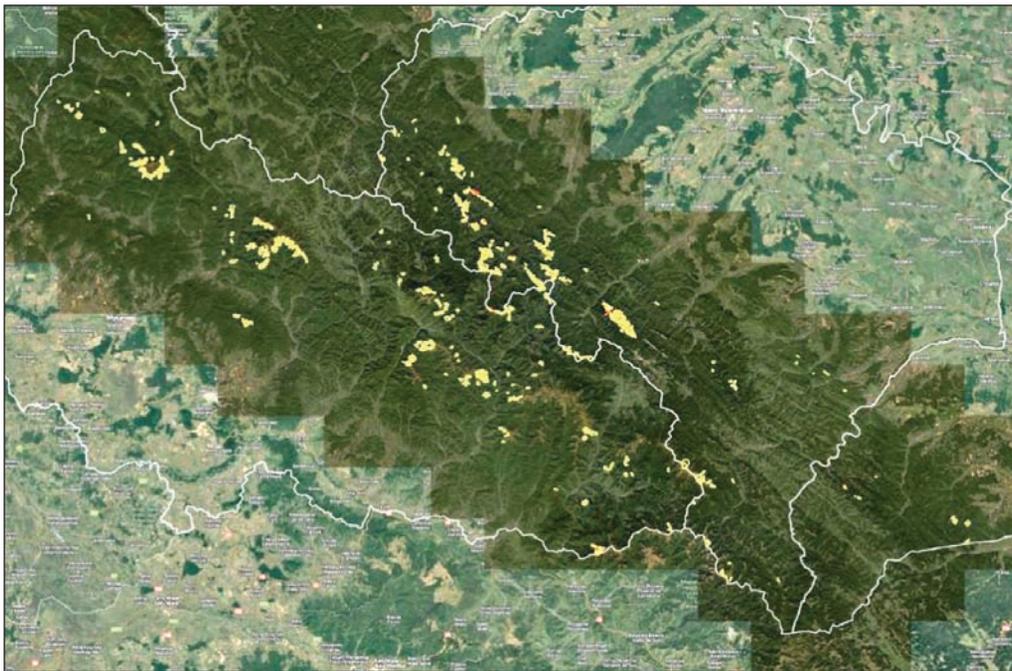


Рис. 1. Композит супутникових знімків Planet Basemaps (вересень 2025 р.), що відображає ділянки зміни лісового покриття в Українських Карпатах

Джерело: отримано на основі [9].

Примітка: перевірені осередки позначено жовтим кольором, а зони з ускладненою інтерпретацією через затінення — червоним.

**Основні показники змін лісового покриття в Українських Карпатах
(узагальнені результати супутникового аналізу)**

№	Показники	Значення / тренд	Період аналізу	Джерело даних	Характеристика змін
1	Середня площа щорічних втрат лісу	0,7–1,2% від загальної площі	1984–2023	Landsat/ Sentinel	Коливання з піками у 1990-х і після 2012 року
2	Частка антропогенних порушень	~90%	2000–2023	PlanetScope, Landsat	Переважає суцільних і вибіркових рубок
3	Природні порушення (вітровали, буреломи)	~10%	1984–2023	Sentinel-2, TimeSync	Концентрація у високогір'ї
4	Зниження NDVI у зонах трансформацій	-0,25...-0,45	Після кожного пікового року	Sentinel-2	Ознака різкої втрати фітомаси
5	Найінтенсивніші зміни за регіонами	Рахівський, Верховинський, Сколівський райони	1984–2023	Мульти-сенсорний аналіз	Кластери великих вирубок і вітровалів
6	Відновлення лісів	12–18% площ, що були порушені	2000–2023	Sentinel/ Landsat	Нерівномірні темпи природного поновлення

Джерело: сформовано авторами на основі [11–13].

гу простежити закономірності інтенсифікації або сповільнення процесів деградації земель. Так, наприклад, у кінці 1990-х років спостерігався різкий сплеск антропогенного тиску, зумовлений переходом економіки до ринкової моделі та високим попитом на деревину, тоді як у 2005–2010 роках темпи вирубування знизилися внаслідок зміни регуляторної політики, посилення мораторіїв та ускладнення доступу до віддалених ділянок через збільшення площ заповідних територій. Подальший відновний період, пов'язаний із поступовою стабілізацією господарських процесів, був перерваний значними сплесками порушень у 2020–2023 роках. Основні порушення спостерігалися переважно у ялинових насадженнях, де проявлялося значне усихання, що призводило до подальшої деградації [1; 3] (рис. 2).

Кореляція змін лісового покриття з висотою, експозицією схилів, інфраструктурою та інтенсивністю господарської діяльності показала, що детермінанти лісових порушень мають виражений просторовий градієнт, який визначає чутливість окремих ділянок до зовнішніх впливів.

Супутникові дані підтверджують, що площі активного антропогенного вилучення деревини здебільшого локалізуються поблизу транспортних комунікацій — лісовозних шляхів, під'їзних доріг та зон навколо населених пунктів, тоді як природні порушення концентруються у важкодоступних районах, де круті

схили створюють передумови для буреломних процесів і нестабільності ґрунтового покриття [15] (рис. 3).

На спектральних знімках із супутника Sentinel-2 (датовані липнем 2020 р.) ми можемо спостерігати переважання відносно однорідної структури лісового покриття досліджуваної ділянки. На зображенні бачимо чіткі контури диференціації меж лісових кварталів. Водночас площі світлих ділянок лісу мінімальні та повністю корелюють із зонами проведеної вирубки. Просторовий розподіл сонячної радіації, що фіксується в зеленому спектральному каналі (Band 3, 0.56 μm), вказує на високий рівень фотосинтетичної активності лісів і відсутність деградацій у більшості лісових кварталів.

Знімок, отриманий у серпні 2022 року, фіксує критичне розширення територій із вираженими ознаками суцільних рубок. Вказані ділянки візуалізуються у вигляді яскраво-бірюзових або світлих полігонів із характерним підвищеним значенням віддзеркаленої радіації у видимому діапазоні та зниженим значенням NDVI (<0,3). У межах окремих кварталів (№ 6, 7, 8, 11) фіксується зменшення інтенсивності відображення в зеленому спектрі на 25–40% порівняно з 2020 роком. Ми інтерпретуємо це як результат втрати фітомаси або наслідок інтенсифікації лісгосподарської діяльності.

У 2023 році спостерігається процес подальшого збільшення площ лісів із чіткими ознаками антропогенного впливу. Порівняно

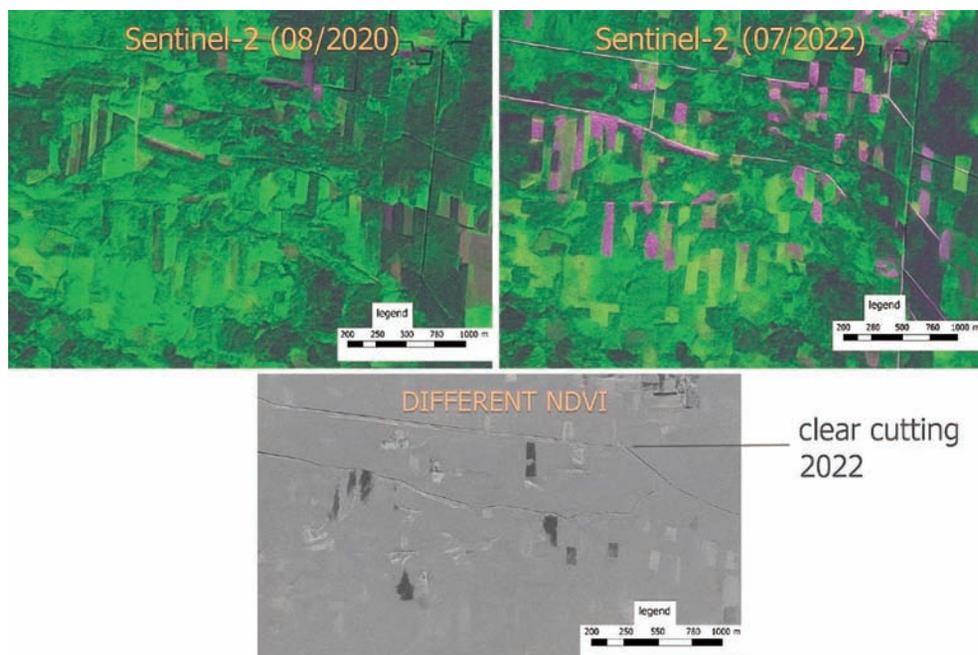


Рис. 2. Порівняння супутникових знімків Sentinel-2 за 2020 та 2022 роки і карта різниці NDVI, що відображає осередки суцільних рубок і зміни лісового покриття на території Верховинського району Українських Карпат

Джерело: отримано на основі [14].

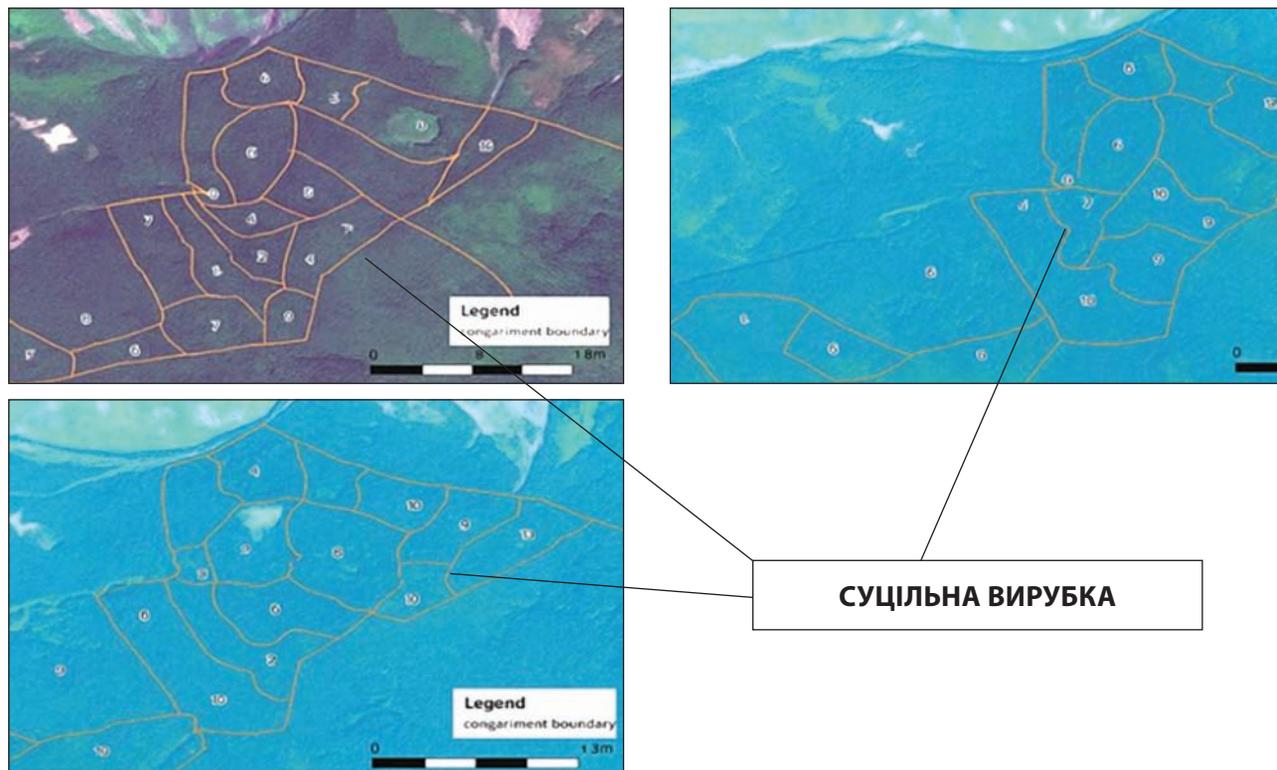


Рис. 3. Порівняння супутникових знімків Sentinel-2 за 2020, 2022 та 2023 роки з відображенням меж кварталів стану земель і лісових масивів у межах Перечинського лісництва

Джерело: отримано на основі [14].

Основні детермінанти порушень лісового покриття Українських Карпат

№	Показники	Характеристика впливу	Типи порушень	Просторова локалізація	Інтенсивність
1	Антропогенний тиск	Регулярні та циклічні рубки, доступність техніки	Суцільні та вибіркові вирубки	Передгір'я, долини, райони біля доріг	Висока
2	Вітровали	Раптові сильні пориви вітру, послаблені кореневі системи	Природні порушення	Середньогір'я, круті схили	Середня — висока
3	Усихання лісів	Комбінація кліматичних стресів та інвазій шкідників	Деградація, мозаїчні втрати	Південні експозиції, монокультури ялини	Висока
4	Близькість інфраструктури	Розвантаження ресурсів, економічна привабливість	Антропогенні втрати	Зони вздовж лісовозних доріг	Дуже висока
5	Висотний градієнт	Різні режими вологості та температури	Природні порушення	Пояс 900–1200 м н.р.м.	Середня
6	Експозиція схилів	Відмінності в інсоляції та ґрунтовій вологості	Усихання та фрагментація	Південні схили	Висока

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

з геоданими за 2022 рік відзначено динаміку збільшення площ світлих полігонів у нижніх і центральних частинах кварталів (9, 10, 12) до рівня 32%. Додатково зафіксовано посилення мозаїчності структури лісового покриття, що проявляється як дрібнодисперсні ділянки зміненої рефлексивності. Висотний аналіз підтверджує наявність критичного порогу в межах 900–1200 метрів, після якого різко зростає частота природних порушень (табл. 2).

Порівняння точності та чутливості супутникових платформ у виявленні змін лісового покриття Українських Карпат дає змогу кількісно оцінити їхню здатність фіксувати різні типи порушень. Дані Landsat із просторовою роздільністю 30 м демонструють середню точність класифікації 82–87%, що є достатньою для виявлення великих суцільних рубок, але недостатньою для ідентифікації дрібномасштабних вибіркових втручань. Sentinel-2 із роздільністю 10 м забезпечує точність 89–93% і чутливість до втрат фітомаси від 0,15 до 0,45 за NDVI, що дає змогу фіксувати ранні стадії деградації. PlanetScope (3–5 м) досягає 94–97% точності та забезпечує найкращу деталізацію локальних порушень площею менше 0,1 га [5].

Кожна із систем дистанційного зондування — від середньороздільної серії Landsat-8 до високороздільних супутників PlanetScope — має свої переваги, обмеження та специфічні характеристики спектральної чутливості, які визначають точність виявлення порушень, особливо в умовах складного гірського рельєфу та високої фрагментації лісових масивів (рис. 4) [2].

На відміну від цього, дані Sentinel-2 із роздільною здатністю 10 м забезпечують значно точніше окреслення меж суцільних і вибіркових рубок, а також дрібних трансформацій фітомаси, що робить їх більш придатними для оперативного моніторингу структурно неоднорідних лісових територій Карпат.

Максимальний рівень точності просторового аналізу дають надвисокороздільні знімки, які можна отримати із супутників PlanetScope. Вони забезпечують не тільки констатацію факту порушення лісового покриття, а й деталізують внутрішню структуру трансформованих ділянок. Також фіксуються мікродинаміка змін і ранні ознаки деградації екосистеми, що ще не супроводжуються суттєвими коливаннями значень вегетаційних індексів. Висока частота оновлення змінної інформації із супутників Planet (щоденна) створює передумови для оперативного моніторингу змін ландшафтів (рис. 5).

Ефективність вегетаційних індексів, зокрема NDVI, NBR і NDMI, у виявленні порушень підтверджується їхньою чутливістю до змін у структурі надземної фітомаси, вологості рослинних тканин і ступеня пошкодженості лісових насаджень, причому кожен із них виконує окрему аналітичну функцію, що дає змогу комплексно оцінити деструктивні процеси, властиві гірським екосистемам [17].

Використання NDVI виявляється найбільш ефективним для діагностики загального стану зеленого покриття, особливо коли деградаційні процеси охоплюють великі площі та спричиня-

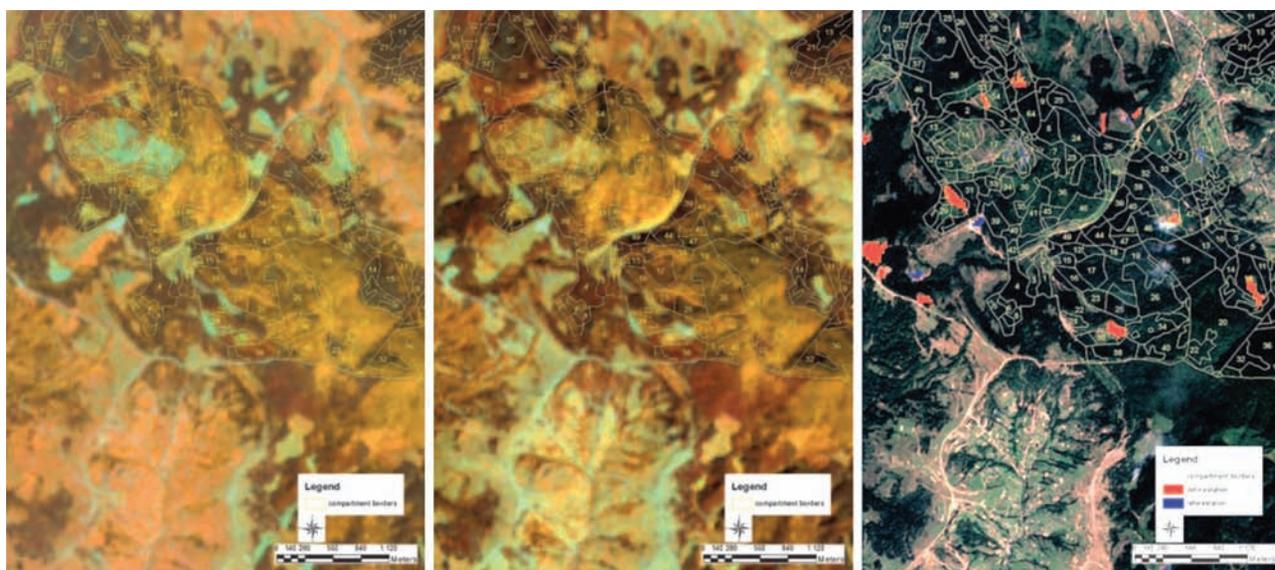


Рис. 4. Просторова карта змін лісового покриття в межах ДП “Верховинське лісове господарство”, отримана на основі супутникових знімків Landsat-8

Джерело: отримано на основі [16].

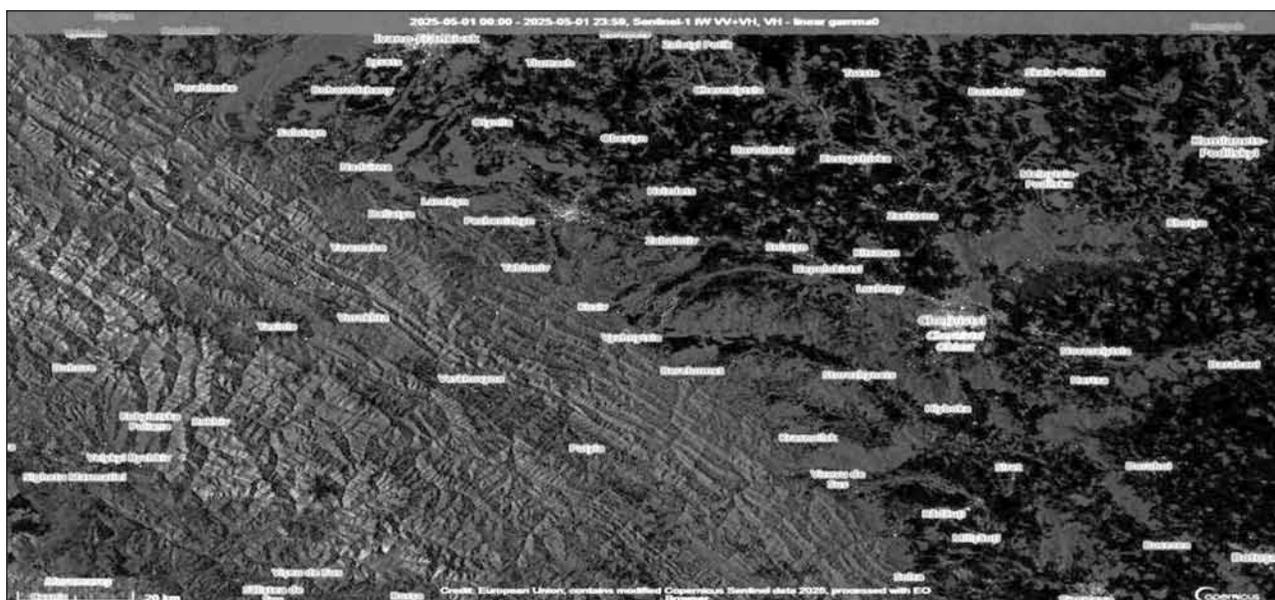


Рис. 5. Радарне зображення Sentinel-2 (VH, gamma0) від 01.05.2025 р., що відображає структуру лісового покриття Косівської територіальної громади та слугує основою для моніторингу просторових змін

Джерело: отримано на основі [14].

ють різке падіння значень індексу, проте NDVI є менш точним у випадках ранніх або прихованих фаз деградації, коли загальна біомаса ще не зазнала істотних втрат. Тоді критичним стає застосування NBR, який надзвичайно чутливий до порушень, пов'язаних із вітровалами, пожежами або суцільними вирубками, оскільки фіксує зміни в середньохвильовому інфрачер-

воному діапазоні, чутливому до сухої рослинної маси [15]. Водночас NDMI сприяє виявленню зон порушеного водного балансу деревостанів, які часто передують масовим усиханням або катастрофічним деградаційним процесам (табл. 3).

ГІС-моделі оцінювання динаміки лісового покриття базуються на синтезі мультидисциплі-

**Порівняльні характеристики супутникових даних та аналітичних показників
для моніторингу змін лісового покриття**

№	Показники	Характеристика	Переваги	Обмеження	Оптимальна сфера застосування
1	Landsat	30 м, тривалі ряди	Аналіз історичних трендів	Низька деталізація	Довгострокова динаміка
2	Sentinel-2	10 м, середня роздільність	Точні межі порушень	Хмарність	Деталізація антропогенних втрат
3	PlanetScope	3–5 м, часте оновлення	Висока точність	Висока вартість	Оперативний моніторинг
4	NDVI	Чутливий до зеленої маси	Простота інтерпретації	Низька чутливість до ранніх фаз деградації	Загальний стан рослинності
5	NBR	Чутливий до сухої маси	Виявляє пожежі та вирубки	Менш ефективний для мозаїчних змін	Діагностика катастрофічних порушень
6	NDMI	Чутливий до вологості	Перша ознака деградації	Потребує корекцій	Моніторинг усихання

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

нарних даних, серед яких супутникові знімки різної просторової роздільної здатності, результати розрахунків спектральних індексів, цифрові моделі рельєфу та просторові шари інфраструктурних об'єктів. Їх інтеграція формує уніфіковану аналітичну платформу, яка забезпечує комплексну багатоваріантну оцінку просторово-часових трансформацій лісових екосистем. Запропонована модель є системним комплексом, що об'єднує класифікаційні карти земного покриття, часові тренди динаміки, параметри висотної поясності та експозиції схилів.

ВИСНОВКИ

Аналіз змін лісового покриття в межах Карпатського регіону України виявив виражену нерівномірність у характері трансформацій, яка проявляється в поєднанні хронічних (довготривалих) процесів фрагментації лісових масивів і періодичних (циклічних) спалахів інтенсивного скорочення деревостанів. За результатами дистанційного зондування, зокрема за даними супутникових платформ, констатовано систематичне скорочення площ лісів. Найвищі темпи втрат спостерігаються в Рахівському, Верховинському та Сколівському районах.

У результатах проведеного дослідження фіксуємо процеси динамічних порушень лісового покриття Українських Карпат, викликані як природними, так і посиленними антропогенними чинниками. Кількісна оцінка відносного внеску цих груп факторів показала, що частка антропогенних трансформацій уже перевищує 90% від загального обсягу зафіксованих деградацій і змін лісових масивів. Дослідження виявило, що максимальний рівень інтенсивності змін лісових ландшафтів характерний для схилів південної та південно-західної частин Карпат. Відбувається поєднання геоморфологічних і кліматичних чинників (підвищена інсоляція, дефіцит зволоження), що створює сприятливі умови для розгортання деградацій. Визначено, що додатковим катализатором стала безпосередня близькість лісових територій до інженерної інфраструктури (автомобільних доріг, ліній електропередач, гірськолижних комплексів), що формуватиме стійкий тренд майбутньої деградації земель. Запропоновано використовувати практику синхронізації супутникових даних від Landsat-8, Sentinel-2 і PlanetScope та алгоритми геоінформаційного моделювання часових рядів і процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорожко Є. В., Штонда Є. О., Захарова Е. В., Саркісян Г. С. Створення цифрової моделі місцевості на основі растрового зображення в системі автоматизованого проектування ТороCAD. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. Вип. 104. С. 107–115. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.107>
2. Кульбанська І. М. Моніторинг змін площ лісового покриття Покутсько-Буковинських Карпат засобами геоінформаційних технологій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2024. Т. 34, № 5. С. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340503>

3. Вивчення природних умов Карпатського національного природного парку: абіотичний аспект: навч. посібник / Р. Л. Кравчинський та ін.; за ред. В. К. Хільчевського. Івано-Франківськ: Фоліант, 2025. 264 с.
4. Рожі І., Рожі Т., Федій О. Геодезичні аспекти створення цифрових моделей рельєфу для потреб геоінформаційних систем. *Просторовий розвиток*. 2024. № 8. С. 477–491. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.477-491>
5. Цепенда М., Данилова О., Заблотовська Н. Застосування ГІС-технологій для оцінювання лісорекреаційних площ урбанізованих територій. *Геопросторові дослідження*. 2024. № 849. С. 154–163. DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2024.849.154-163>
6. Часковський О. Г., Гриник Г. Г. Оцінювання втрат лісового покриття Українських Карпат дистанційними методами за матеріалами відкритих джерел супутникової інформації. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т. 30, № 1. С. 66–73. DOI: <https://doi.org/10.36930/40300111>
7. Kryniecka K. Implementing Geographic Information System (GIS) tools: Algorithm and Quantum Geographic Information System (QGIS) plugin for automatic detection of riverbed forms. *MethodsX*. 2024. Vol. 13. 103041. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.103041>
8. Wagh R. V., Auti S. K. The role of geographic information systems (GIS) in land use planning. *International Journal of Innovations in Science Engineering and Management*. 2025. Vol. 4, no. 1. P. 366–370. DOI: <https://doi.org/10.69968/ijisem.2025v4i1366-370>
9. Planet basemaps: comprehensive, high-frequency mosaics for analysis. URL: <https://www.planet.com/products/basemap/> (accessed: 01.12.2025).
10. Сизенко О. В. Порівняльний аналіз автоматичних патернових морфометричних класифікацій форм рельєфу на основі цифрових моделей висот. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2023. № 18. С. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391.2023.18.7>
11. Супутниковий моніторинг пралісів Карпат: вересень–жовтень 2025 року. *ГО “Лісові ініціативи і сусільство”*. 27.11.2025. URL: <https://forestcom.org.ua/en/news-post/satellite-monitoring-carpathian-primeval-forests-septemberoctober-2025> (дата звернення: 01.12.2025).
12. GIS for land administration & land records. *Esri*. URL: <https://www.esri.com/en-us/industries/land-administration/overview> (accessed: 01.12.2025).
13. Makedon V., Koptilyi D. Digital transformation and artificial intelligence as factors in the economic recovery of enterprises following armed conflicts. *Economics, Entrepreneurship, Management*. 2025. Vol. 12, no. 1. P. 33–48. DOI: <https://doi.org/10.56318/eem2025.01.033>
14. Sentinel-2 cloudless by EOX. URL: <https://s2maps.eu> (accessed: 01.12.2025).
15. The use of GIS for ecological and landscape land management of human settlements / S. Shevchuk et al. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2024. Vol. 14, no. 1. P. 200–203. DOI: <https://doi.org/10.33543/140139200203>
16. Landsat-8/LDCM. *EO Portal*. URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm> (accessed: 01.12.2025).
17. Македон В. В., Ярмоленко Л. І., Чумак Т. В., Запорожченко О. Є. Забезпечення реалізації стратегій комерціалізації супутникових сервісів в умовах цифрової економіки. *Academy Review*. 2025. № 2 (63). С. 187–203. DOI: <https://doi.org/10.32342/3041-2137-2025-2-63-12>

USE OF SATELLITE DATA AND GIS IN LAND COVER CHANGE MONITORING

Drebot O.

Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of NAAS
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>

Kostiuk V.

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)
e-mail: kostiuk_vs@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-4084>

Sakharnatska L.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher Fellow
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
Transcarpathian Regional Centre for Socio-Economic and Humanities Research
of NAS of Ukraine (Uzhhorod, Ukraine)
e-mail: liudmyla.sakharnatska@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-4917>

The article examines the practical foundations for monitoring dynamic transformations of forest cover in the Ukrainian Carpathians through the use of GIS technologies. The purpose of the study is to investigate the spatio-temporal changes of forest ecosystems in the Carpathian region through the synthesis of multispectral satellite imagery and spatial modelling within a GIS environment to ensure reliable detection of anthropogenic and naturally driven disturbances. The methodological framework is based on integrating multispectral satellite data from several platforms with a set of spectral vegetation indices. Procedures for time-series processing and analysis, classification, vectorization, and correlation modelling were implemented in the QGIS software environment,

taking into account orographic, infrastructural, and forest-management factors. The obtained results revealed pronounced differentiation in the transformation processes of forest cover in the Ukrainian Carpathians, with an average intensity of approximately 0.7–1.2% of annual forest-area losses. Quantitative assessment confirmed the dominant role of anthropogenic factors in shaping the current dynamic changes, contributing nearly 90% of all disturbances. Within the structure of anthropogenic impacts, clear-cutting and selective logging prevail, particularly within the Rakhiv, Verkhovyna, and Skole districts. The practical significance of the research lies in developing a scientifically grounded toolkit to support environmental monitoring and decision-making for the protection of forested landscapes in the Ukrainian Carpathians. GIS-based monitoring enables the comparative analysis of temporal changes in forest structure and condition to inform measures aimed at preserving and restoring forest cover. Further studies should focus on taxonomic classification of various types of land degradation and improving cloud-based web-GIS platforms for operational monitoring of land conditions in the Carpathian region and other areas of Ukraine.

Keywords: forest cover, vegetation indices, Ukrainian Carpathians, forest degradation, clear-cut and selective logging, forest stands.

REFERENCES

1. Dorozhko, Ye. V., Shtonda, Ye. O., Zakharova, E. V., & Sarkisian, H. S. (2024). Creation of a digital terrain model based on a raster image in the TopoCAD automated design system. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, 104, 107–115. doi: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.107
2. Kulbanska, I. M. (2024). Monitoring changes in forest cover areas of the Pokuttya-Bukovyna Carpathians using geoinformation technologies. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 23–28. doi: 10.36930/40340503
3. Kravchynskiyi, R. L., Korchemliuk, M. V., Khilchevskiyi, V. K., Tymchuk, Ya. Ya., & Stefurak, O. M. (2025). In V. K. Khilchevskiyi (Ed.), *Study of the natural conditions of the Carpathian National Nature Park: Abiotic aspect*. Ivano-Frankivsk: Foliant.
4. Rozhi, I., Rozhi, T., & Fedii, O. (2024). Geodetic aspects of creating digital elevation models for geoinformation system applications. *Spatial Development*, 8, 477–491. doi: 10.32347/2786-7269.2024.8.477-491
5. Tsependa, M., Danilova, O., & Zablotska, N. (2024). Application of GIS-technologies for assessing forest-recreational areas of urbanized territories. *Geospatial Research*, 849, 154–163. doi: 10.31861/geo.2024.849.154-163
6. Chaskovskiyi, O. H., & Hrynyk, H. H. (2020). Assessment of forest cover loss in the Ukrainian Carpathians using remote sensing data from open satellite information sources. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(1), 66–73. doi: 10.36930/40300111
7. Kryniecka, K. (2024). Implementing GIS tools: Algorithm and QGIS plugin for automatic detection of riverbed forms. *MethodsX*, 13(4), article number 103041. doi: 10.1016/j.mex.2024.103041
8. Wagh, R. V., & Auti, S. K. (2025). The role of geographic information systems (GIS) in land-use planning. *International Journal of Innovations in Science, Engineering and Management*, 4(1), 366–370. doi: 10.69968/ijisem.2025v4i1366-370
9. Planet basemaps: Comprehensive, high-frequency mosaics for analysis. (n.d.). Retrieved from <https://www.planet.com/products/basemap/>
10. Syzenko, O. V. (2023). Comparative analysis of automatic pattern-based morphometric classifications of landforms based on digital elevation models. *Scientific Bulletin of Kherson State University*, 18, 59–66. doi: 10.32999/ksu2413-7391.2023.18.7
11. Forest Initiatives and Society. (2025, November 27). *Satellite monitoring of Carpathian primeval forests: September–October 2025*. Retrieved from <https://forestcom.org.ua/en/news-post/satellite-monitoring-carpathian-primeval-forests-septemberoctober-2025>
12. Esri. (n.d.). *GIS for land administration & land records*. Retrieved from <https://www.esri.com/en-us/industries/land-administration/overview>
13. Makedon, V., & Koptilyi, D. (2025). Digital transformation and artificial intelligence as factors in the economic recovery of enterprises following armed conflicts. *Economics, Entrepreneurship, Management*, 12(1), 33–48. doi:10.56318/eem2025.01.033
14. Sentinel-2 cloudless by EOX. (n.d.). Retrieved from <https://s2maps.eu>
15. Shevchuk, S., Gapon, S., Chuvpylo, V., Nahorna, S., & Kuryshko, R. (2024). The use of GIS for ecological and landscape land management of human settlements. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 14(1), 200–203. doi: 10.33543/140139200203
16. EO Portal. (n.d.). *Landsat-8/LDCM*. Retrieved from <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm>
17. Makedon, V. V., Yarmolenko, L. I., Chumak, T. V., & Zaporozhchenko, O. Ye. (2025). Ensuring the implementation of strategies for the commercialization of satellite services in the digital economy. *Academy Review*, 2(63), 187–203. doi: 10.32342/3041-2137-2025-2-63-12

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ДРЕБОТ Оксана Іванівна — доктор економічних наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>).

КОСТЮК Віталій Степанович — кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка (вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, Україна, 10008; e-mail: kostyuk_vs@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-4084>).

САХАРНАЦЬКА Людмила Іванівна — кандидат економічних наук, доцент, старший дослідник, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); Закарпатський обласний центр соціально-економічних і гуманітарних досліджень НАН України (вул. Університетська, 21, м. Ужгород, Закарпатська область, Україна, 88000; e-mail: liudmyla.sakharnatska@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-4917>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

Екологічне фінансування для бізнесу: ФРУ презентувала посібник для взаємодії з банками. Федерація роботодавців України розробила посібник для українського бізнесу щодо отримання кредитування або грантової підтримки для екомодернізації. Документ є практичним інструментом для підготовки до звернення в банки. Банки при ухваленні рішення про фінансування оцінюють стабільність бізнесу та екосоціальні ризики. Дотримання відповідних стандартів є важливою умовою для співпраці з Європейським банком реконструкції та розвитку та зі Світовим банком. Посібник стане корисним для підприємств, які планують модернізувати виробництво, впроваджувати найкращі доступні технології та методи управління або відновлювати виробничі потужності відповідно до принципів сталого розвитку. Документ містить можливі запитання від банків, опис процедур, форми декларацій і приклади успішного фінансування. Документ розроблено за підтримки Конфедерації данської промисловості (DI) та New Democracy Fund.

ПОВЕДІНКОВІ МОДЕЛІ У СФЕРІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В B2B- ТА B2C-СЕГМЕНТАХ

В. А. Москаленко

кандидат економічних наук, доцент

Національний університет “Чернігівська політехніка” (м. Чернігів, Україна)
e-mail: m.valentina.an@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9469-9363>

Л. В. Бабаченко

кандидат економічних наук, доцент

Національний університет “Чернігівська політехніка” (м. Чернігів, Україна)
e-mail: babachenko_lv@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6312-4700>

О. В. Заїка

завідувач підрозділу організаційного забезпечення та впровадження наукових розробок
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
(м. Чернігів, Україна)

e-mail: zaika.alex@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2390-0679>

Н. О. Гавриш

магістр

Національний університет “Чернігівська політехніка” (м. Чернігів, Україна)
e-mail: nadia.gavrish0708@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1360-6282>

У статті здійснено аналіз поведінки споживачів на ринку сонячної енергетики. Його проведено на матеріалах компанії “Солар”, яка є провідним постачальником обладнання та послуг для сонячної енергетики в Україні. У дослідженні використано такі специфічні методи, як польові опитування, фокус-групи та глибокі інтерв’ю. Визначено типи B2B- і B2C-клієнтів компанії та етапи процесу ухвалення рішення про придбання сонячних електростанцій. Розкрито основні мотиви впровадження сонячних електростанцій серед B2B- та B2C-клієнтів ТОВ “Солар”. Розроблено моделі поведінки споживачів на ринку сонячної енергетики у B2B- та B2C-сегментах і представлено їхні типові портрети. Для розробки поведінкових моделей і портретів споживачів було проведено маркетингове дослідження серед клієнтів компанії “Солар”. Формування портретів споживачів у сегментах B2B і B2C дало змогу виділити їхні ключові характеристики, що впливають на поведінку та очікування під час вибору сонячних електростанцій. Індивідуальні клієнти переважно орієнтуються на власний комфорт, енергетичну автономність та економію коштів, тоді як корпоративні — на стабільність операцій, оптимізацію витрат і відповідність сонячних електростанцій стратегічним цілям підприємства. Висновки та рекомендації, наведені в статті, дають змогу не тільки ТОВ “Солар”, а й іншим компаніям точніше сегментувати своїх клієнтів, адаптувати комунікації і формувати більш результативні пропозиції для B2B- та B2C-ринків сонячної енергетики. Результати дослідження сприяють підвищенню ефективності маркетингових стратегій компаній на ринку сонячної енергетики та глибшому розумінню чинників, що формують поведінку споживачів у сегментах B2B і B2C. Усе це дасть змогу не лише оптимізувати маркетингові інструменти для різних типів клієнтів, але й слугуватиме теоретичною та методичною основою для подальших досліджень у сфері поведінки споживачів ринку відновлюваної енергетики.

Ключові слова: сонячна енергетика, поведінка споживача, портрет споживача, ринок сонячної енергетики, маркетингові дослідження.

ВСТУП

Сьогодні ринок відновлюваної енергетики в Україні стрімко розвивається, а конкуренція між компаніями, які працюють у цій галузі, постійно зростає. Особливої важливості набуває формування довгострокових відносин із клієнтами та підвищення їхньої лояльності.

Щоб досягти цієї мети, підприємствам слід реалізовувати ефективні маркетингові стратегії, спрямовані на глибоке вивчення потреб споживачів як у сегменті B2B, так і у B2C. Суттєвою складовою цього процесу є запровадження ефективного механізму дослідження поведінки споживачів, що дає змогу визначити

мотиви, очікування та чинники, які впливають на ухвалення рішень щодо використання відновлюваних джерел енергії. Урахування цих факторів забезпечує можливість оптимізації комунікаційної та збутової політики підприємства, сприяючи зміцненню його позицій у конкурентному середовищі енергетичного ринку.

Метою статті є дослідження поведінкових моделей споживачів у сегментах B2B та B2C на ринку відновлюваної електроенергії і визначення чинників, що впливають на їхні рішення щодо впровадження сонячних енергетичних технологій.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасному науковому середовищі питання формування та особливостей споживчої поведінки набувають дедалі більшої актуальності. Вітчизняні науковці зосереджують свою увагу на різних аспектах дослідження поведінки споживачів. Так, О. В. Решетнікова, В. І. Даниленко, М. М. Дорош-Кізім [1], А. В. Переверзева та О. В. Губарь [2] у своїх роботах демонструють результати аналізу тенденцій розвитку поведінки споживачів у цифровій економіці. О. Ю. Бочко, Н. Кожушок, В. А. Москаленко, Н. Проскурніна, С. Бестужева та В. Козуб досліджували поведінку споживачів в умовах COVID-19 [3–5]. Н. С. Косар, М. М. Мамчин та А. О. Баран вивчали зміни в поведінці споживачів, які відбулися під впливом COVID-19 і війни в Україні [6]. Попит і поведінка споживачів на ринку енергетики частково висвітлюються в роботах В. М. Клінчук, Ю. В. Захарченко та Н. В. Шинкаренко [7; 8].

Водночас на сучасному етапі розвитку енергетичного ринку України проблема вивчення споживчої поведінки суб'єктів, які вже використовують або лише планують використовувати відновлювані джерела електроенергії, залишається недостатньо дослідженою. Особливої важливості набуває створення ефективної системи аналізу поведінкових моделей споживачів у сегментах B2B і B2C, яка враховувала б галузеву специфіку, рівень екологічної свідомості та економічні мотиви клієнтів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час дослідження були використані такі методи: *абстрактно-логічний* — для формування теоретичних висновків та узагальнення наукових підходів до вивчення споживчої поведінки; *монографічний* — для опрацювання наукових джерел і визначення сутності основних понять; *аналізу та синтезу* — для систематизації факторів, що впливають на поведінку

споживачів у сфері відновлюваної енергетики; *порівняльний* — для оцінювання поведінкових моделей клієнтів у B2B- та B2C-сегментах; *графічний* — для наочного відображення результатів маркетингових досліджень у вигляді схем і діаграм; *евристичні* — під час формування пропозицій щодо вдосконалення маркетингових стратегій і системи дослідження поведінки споживачів у ТОВ “Солар”. Крім того, було застосовано специфічні методи маркетингових досліджень, такі як *кабінетні дослідження, опитування та спостереження*, що дало змогу зібрати емпіричні дані щодо поведінкових моделей клієнтів.

Теоретично-інформаційну основу дослідження становили наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених у галузі поведінки споживачів відновлюваної електроенергії та дані власних досліджень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Важливим етапом у побудові маркетингової стратегії для підприємств галузі відновлюваної енергетики є оцінка цільової аудиторії та її сегментація. Для розробки ціннісної пропозиції необхідно чітко сформулювати поведінкові патерни та визначити болі й потреби споживачів на ринку “зеленої” енергетики. У статті ми розглянемо моделі споживчої поведінки в розрізі B2B- та B2C-сегментів ринку.

Споживча поведінка клієнтів B2B-сегмента на ринку сонячної енергетики має певні особливості, які впливають на характер їхньої взаємодії з підприємствами галузі відновлюваної електроенергії. Дослідимо їх на прикладі ТОВ “Солар”. До цього сегмента належать юридичні особи різних розмірів — як невеликі виробничі підприємства та фермерські господарства, так і торговельно-логістичні структури та великі промислові споживачі з високим рівнем енергоспоживання. Деякі типи бізнес-клієнтів за видом діяльності представлені на *рис. 1*.

Дані, наведені на *рис. 1*, дають змогу зробити висновок, що клієнтська база ТОВ “Солар” у B2B-сегменті є досить різноманітною та охоплює підприємства, які працюють у різних галузях. Така розгалужена клієнтська база свідчить про універсальність сонячних енергетичних рішень.

При цьому кожне підприємство має власні мотивації, очікування та бар'єри щодо впровадження сонячних енергетичних систем. Саме ці відмінності визначають особливості поведінки клієнтів під час ухвалення рішення про інвестування в сонячні електростанції, а також впливають на вимоги до змісту та структури комерційних пропозицій.



Рис. 1. Типи B2B-клієнтів ТОВ “Солар”

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

Для B2B-клієнтів встановлення сонячних електростанцій є не лише способом економії, а й інструментом, який дає змогу підвищити надійність та автономність логістичних і виробничих процесів. Варто зауважити, що під час частих відключень електроенергії в нашій країні підприємства не можуть функціонувати повноцінно, оскільки виконання багатьох виробничих процесів неможливе без електропостачання. Саме тому інвестування в сонячні електростанції стає для B2B-клієнтів необхідним стратегічним рішенням для мінімізації ризиків простою, незадоволення клієнтських потреб або псування продукції.

Ці фактори змушують клієнтів цього сегмента оцінити всі етапи впровадження СЕС і проаналізувати фінансові та технічні аспекти,

врахувати внутрішні процедури погодження та експлуатаційні ризики. Як наслідок, процес ухвалення рішення є багатоступеневим, структурованим та аргументованим (рис. 2).

B2B-клієнти керуються комплексною мотивацією під час інвестування в сонячні електростанції. Ключовими факторами, які стимулюють підприємства вкладати кошти в СЕС, є зниження витрат на електроенергію та прогнозування цих витрат, підвищення надійності та автономності виробничих і логістичних процесів, а також створення позитивного іміджу компанії як енергоефективного та соціально відповідального бізнесу.

Кожне підприємство має власні очікування щодо технічних характеристик обладнання, рівня сервісного обслуговування, гарантійних



Рис. 2. Процес ухвалення рішення B2B-клієнтом

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

умов і фінансових моделей співпраці. Вони передусім залежать від масштабів підприємства і його основних операційних процесів. Для одних компаній ключовим є економія, для інших — безперервність виробництва або можливість покращення корпоративної репутації. Ці відмінності визначають структуру комерційних пропозицій і підхід постачальника до представлення рішень, оскільки компанія повинна враховувати пріоритети кожного сегмента клієнтів — від малих виробничих підприємств до великих логістичних центрів і промислових споживачів. Узагальнений перелік основних мотивів B2B-клієнтів щодо впровадження сонячних електростанцій подано в *табл. 1* [9]. Аналіз мотивів показує, що рішення про встановлення сонячних електростанцій у B2B-сегменті формується під впливом економічних, операційних, стратегічних, іміджевих і регуляторних факторів.

Водночас, крім мотивів під час ухвалення рішення щодо інвестування в сонячні електростанції, клієнти також стикаються з низкою бар'єрів. Серед них можна виділити найбільш поширені: високі початкові витрати на придбання та встановлення сонячних електростанцій, невпевненість у майбутніх змінах тарифів на відновлювані джерела енергії, необхідність проходження внутрішніх процедур погодження інвестиційного проєкту, технічні обмеження, пов'язані зі станом електричних мереж підприємства.

Наявність таких бар'єрів формує досить обережну та раціональну поведінкову модель клієнтів, які потребують детального обґрунтування рішень і точних розрахунків їхньої фінансової ефективності.

Таким чином, аналіз споживчої поведінки B2B-клієнтів ТОВ “Солар” показав, що організаційні споживачі (підприємства) є вимогливими та раціональними; для них інвестиції в сонячні

електростанції мають стратегічне значення. Вони оцінюють не лише фінансові вигоди, а й довгострокову надійність рішень, рівень сервісу та відповідність проєкту внутрішнім вимогам.

Споживачі B2C-сегмента суттєво відрізняються від корпоративних клієнтів як за мотивацією, так і за підходом до ухвалення рішень. До цього сегмента належать власники приватних будинків, котеджів, домогосподарств і невеликих господарських об'єктів, які розглядають сонячні електростанції як спосіб підвищення енергоне залежності та зменшення витрат на комунальні послуги. Різні групи клієнтів істотно відрізняються за своїми потребами та мотивацією. На *рис. 3* показано основні типи приватних клієнтів, які звертаються до ТОВ “Солар” у приватно-побутовому сегменті.

Дані *рис. 3* вказують на те, що B2C-клієнти ТОВ “Солар” відрізняються як за типом житла, так і за масштабом споживання енергії. До основних груп клієнтів належать власники міських і замських будинків, домогосподарства з високими потребами в енергії, невеликі фермерські господарства та споживачі з підвищеною екологічною свідомістю.

Перед ухваленням рішення про покупку домогосподарства зазвичай оцінюють кілька ключових аспектів: співвідношення вартості та можливої економії, можливість резервного живлення під час відключень, надійність обладнання і зручність сервісного обслуговування. Окрім цього, приватні споживачі значною мірою звертають увагу на рекомендації знайомих, відгуки користувачів, а також інформацію із соціальних мереж і рекламних джерел.

Порівняно з B2B-клієнтами домогосподарства мають значно простіший процес ухвалення рішень, але їхня поведінка є більш емоційною та орієнтованою на побутові потреби. Це підкреслює важливість для ТОВ “Солар” забезпечувати ґрунтовну консультативну підтримку,

Таблиця 1

Основні мотиви впровадження сонячних електростанцій серед B2B-клієнтів ТОВ “Солар”

Група мотивів	Сутність мотиву
Економічні мотиви	Зменшення витрат на електроенергію та можливість чітко планувати ці витрати
Операційні мотиви	Забезпечення безперервної та стабільної роботи підприємства та зменшення ризику простоїв
Стратегічні мотиви	Зменшення залежності від зовнішніх постачальників енергії та підвищення енергетичної незалежності
Іміджеві мотиви	Формування репутації екологічно свідомого бізнесу
Регуляторні мотиви	Дотримання вимог екологічних стандартів, а також умов інвесторів або міжнародних партнерів

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.



Рис. 3. Типи B2C-клієнтів ТОВ “Солар”

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

надавати зрозумілі фінансові розрахунки окупності та чітко пояснювати переваги встановлення сонячних електростанцій для різних типів домогосподарств.

Клієнти B2C-сегмента зазвичай ухвалюють рішення в емоційно-раціональний спосіб під впливом як фінансових, так і нефінансових мотивів. У табл. 2 подано ключові мотиви, які найчастіше спонукають домогосподарства встановлювати сонячні електростанції.

Аналіз мотивів приватно-побутових клієнтів свідчить, що рішення про встановлення сонячних електростанцій формується під впливом широкого спектра раціональних та емоційних чинників. Хоч економічні мотиви залишаються ключовими, дедалі більшого значення набувають

технічні, психологічні та екологічні аспекти. Це відображає загальну тенденцію переходу домогосподарств до більш відповідального та автономного використання енергоресурсів.

Проте, разом із мотивами, рішення B2C-клієнтів значною мірою залежать від низки бар’єрів, які можуть уповільнювати процес упровадження сонячних електростанцій. Ці бар’єри мають як фінансову, так і інформаційно-психологічну природу, що є важливим чинником для ТОВ “Солар” під час формування ефективної маркетингової політики.

До найпоширеніших бар’єрів належать: висока початкова вартість сонячних електростанцій та їх монтажу, що для багатьох клієнтів є відчутним фінансовим навантаженням;

Таблиця 2

Основні мотиви впровадження сонячних електростанцій серед B2C-клієнтів ТОВ “Солар”

Група мотивів	Зміст
Економічні	Зниження витрат на електроенергію, стабільність тарифів, незалежність від цін на електроенергію
Інвестиційні (“зелений” тариф)	Можливість отримувати дохід від продажу надлишків енергії, скорочення строку окупності
Технічні	Резервування живлення, підвищення автономності будинку, безперебійність роботи побутових приладів
Психологічні	Прагнення комфорту та відсутності страху перед відключеннями, бажання мати контроль над власним енергоспоживанням
Екологічні	Зниження впливу на довкілля, відповідальне споживання та “зелений” стиль життя
Престижні/іміджеві	Імідж власника, бажання володіти сучасною технологією, підвищення вартості нерухомості

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

обмежена поінформованість споживачів щодо реальних термінів окупності та принципів роботи сонячних електростанцій; побоювання щодо поломок обладнання, його довговічності та складності обслуговування; бюрократичні складнощі під час оформлення документів або підключення за “зеленим” тарифом (за умови інтересу до цієї моделі); побоювання щодо недостатньої ефективності систем у разі погодних коливань (зима, хмарна погода); страх перед новітніми технологіями, особливо серед клієнтів старшого віку або тих, хто має низький рівень технічної обізнаності.

Окрім мотивів і бар'єрів, на поведінку B2C-споживачів значний вплив мають зовнішні економічні та соціальні чинники. Одним із ключових є динаміка тарифів на електроенергію, яка створює додаткові стимули для переходу на відновлювані джерела. Не менш важливим зовнішнім чинником є енергетична нестабільність в країні, зумовлена ракетними обстрілами та значними пошкодженнями енергетичної інфраструктури, особливо в холодні пори року. Саме під час масових відключень електроенергії попит на сонячні електростанції різко зростає, оскільки для приватних домогосподарств постає питання безперервності живлення та автономності з метою підвищення комфорту.

Вагомий вплив на формування попиту мають кліматичні умови регіону. Середня кількість сонячних днів у Чернігівській області створює сприятливі умови для ефективної роботи сонячних панелей, що додатково стимулює домогосподарства до інвестицій у цю технологію. Водночас сезонні коливання та мінливість погодних умов викликають у споживачів певні побоювання, підкреслюючи важливість професійних консультацій.

Також помітно зростає роль інформаційного середовища. Приватні споживачі дедалі частіше ухвалюють рішення, прислухаючись

до думки знайомих або спираючись на реальні кейси встановлення та відгуки в соціальних мережах. Тому важливим аспектом є потреба в кваліфікованій консультативній підтримці. Обмежена технічна компетентність споживачів призводить до труднощів під час вибору типу інвертора, оптимального розміщення панелей або визначення необхідної потужності системи сонячної електростанції. Саме тому професійний супровід від кваліфікованих консультантів на початковому етапі є важливим інструментом подолання бар'єрів, формування довіри та забезпечення зваженого рішення.

Процес ухвалення рішення приватними споживачами щодо встановлення сонячних електростанцій є послідовним та охоплює кілька основних етапів, кожен із яких впливає на швидкість і результат вибору. B2C-клієнти керуються не лише раціональними розрахунками, а й емоційними чинниками, думками знайомих або інших користувачів і рівнем довіри до компанії [10]. На відміну від бізнес-клієнтів, їхній шлях до ухвалення рішення про покупку значною мірою визначається під впливом інформаційного середовища та особистого досвіду. На *рис. 4* показано основні етапи процесу ухвалення рішення B2C-клієнтами.

Підсумовуючи зазначимо, що клієнти ТОВ “Солар” B2C-сегмента формують рішення про купівлю сонячних електростанцій під впливом економічних, технічних, психологічних і соціальних чинників. Основним стимулом залишаються фінансова вигода і прагнення до енергонезалежності, більшого значення набувають екологічні мотиви та технічний комфорт.

Розробка моделі поведінки для обох сегментів дасть змогу чітко визначити етапи руху споживача від виникнення потреби до післяпродажної взаємодії; виявити ключові точки контакту, де компанія може підсилити свій вплив; деталізувати маркетингові інструменти,



Рис. 4. Процес ухвалення рішення B2C-клієнтом

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

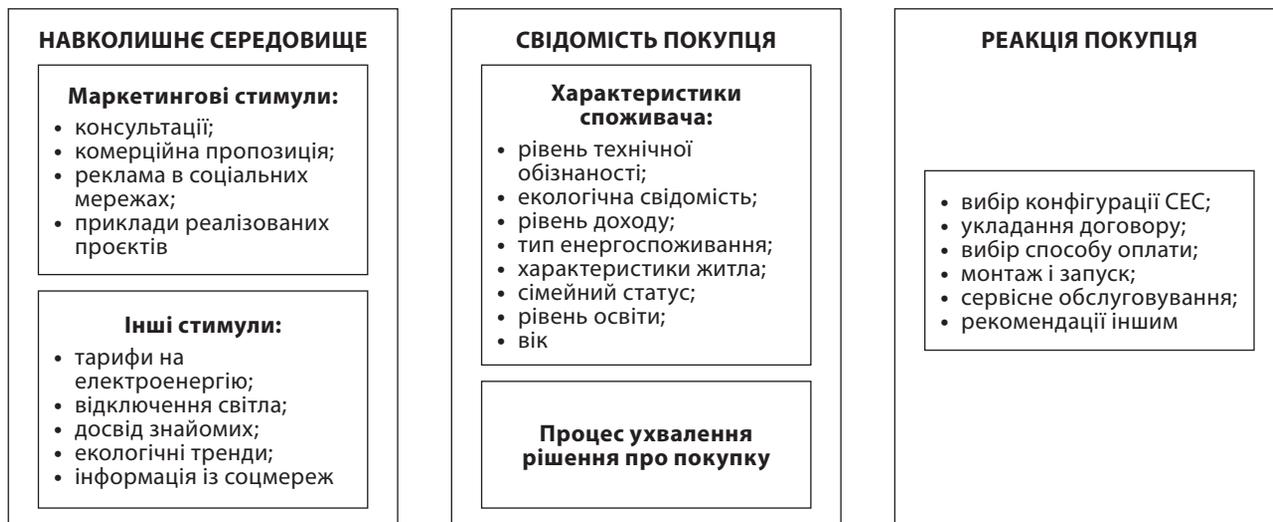


Рис. 5. Модель поведінки споживачів ТОВ “Солар” у B2C-сегменті

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

що підвищують ймовірність переходу клієнта на наступний етап; покращити комунікаційну стратегію відповідно до типу кожного клієнта.

На рис. 5 показано детальну модель поведінки споживачів ТОВ “Солар” у B2C-сегменті. Модель поведінки споживачів відображає основні чинники впливу, особливості формування попиту та етапи переходу від усвідомлення потреби до ухвалення остаточного рішення щодо встановлення сонячної електростанції. Ця модель демонструє, як внутрішні та зовнішні стимули впливають на рішення споживачів і формують у них потребу в сонячних електростанціях. Вона дає змогу простежити багато-

ступеневий шлях споживача від виникнення потреби до реакції на покупку.

На рис. 6 представлено розширену модель поведінки споживачів ТОВ “Солар” у B2B-сегменті, яка відображає ключові етапи ухвалення рішення корпоративними клієнтами, сукупність факторів впливу, а також особливості взаємодії між внутрішніми стейкхолдерами підприємства та постачальником енергетичного обладнання. Ця модель поведінки B2B-споживачів ТОВ “Солар” ілюструє особливості процесу ухвалення рішень корпоративними клієнтами та підкреслює його складність. На відміну від приватних домогосподарств, підприємства діють більш раціонально та структур-

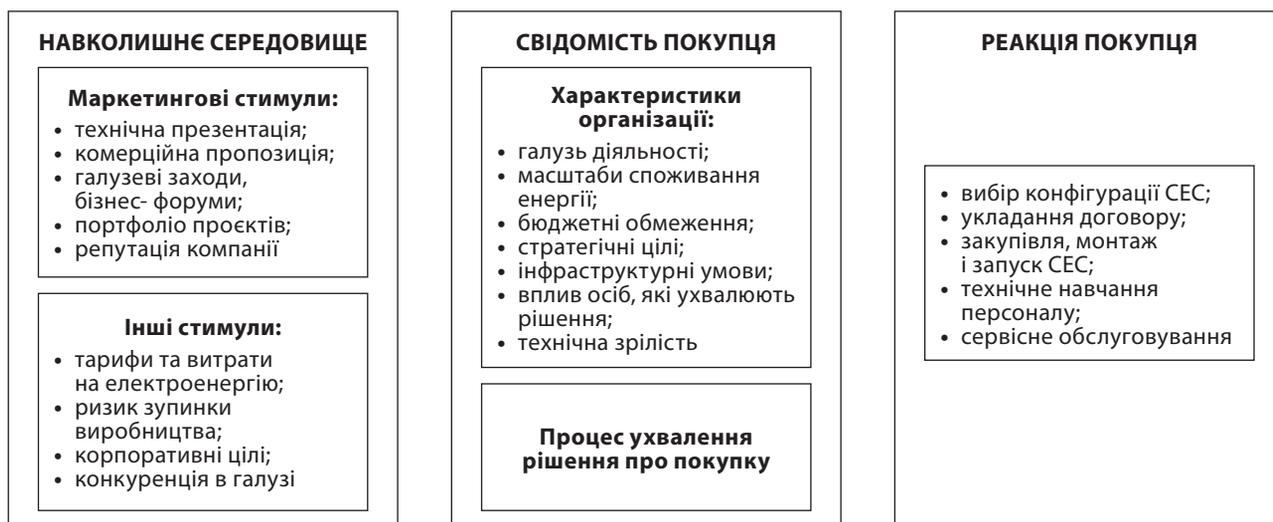


Рис. 6. Модель поведінки споживачів ТОВ “Солар” у B2B-сегменті

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

туровано, оскільки повинні забезпечувати безперервність виробничих процесів, узгоджувати інвестиції зі стратегічними цілями та ефективно розподіляти корпоративний бюджет.

Ефективність маркетингової стратегії ТОВ “Солар” значною мірою залежить від глибокого розуміння особливостей споживачів у сегментах B2B та B2C. Створення портретів споживачів дає змогу детальніше визначити їхні потреби, очікування, обмеження та мотиваційні фактори, що, своєю чергою, забезпечує можливість формувати персоналізовані комунікаційні по-

відомлення, оптимізувати пропозиції і підвищувати ефективність взаємодії.

У табл. 3 представлено два типових портрети, найхарактерніших для ринку сонячних енергетичних систем Чернігівської області: один — для організаційного споживача, інший — для домогосподарства. У статті наведено лише два портрети для прикладу, хоча під час формування результатів дослідження було розроблено по декілька портретів для всіх сегментів цільової аудиторії підприємств галузі відновлюваної енергетики.

Таблиця 3

Портрети споживачів на ринку сонячних енергетичних технологій

Організаційний споживач	
Посада працівника, який ухвалює рішення	Директор і головний інженер
Діяльність компанії	Виробництво харчової продукції (мініцех із переробки овочів і фруктів)
Розмір компанії	Середній
Загальна кількість працівників	65 осіб
Регіон охоплення	Чернігівська область + Київський регіон (поставки торговим мережам)
Бізнес-потреби	<ul style="list-style-type: none"> забезпечення безперебійної роботи холодильних камер і технологічного обладнання; зменшення витрат на електроенергію; зниження ризику втрати продукції через відключення; виконання вимог торгових мереж щодо стабільності виробничих процесів.
Об'єм продажу	Середній (≈ 2500 одиниць продукції на місяць)
Річний обіг підприємства	Близько 48 млн грн на рік
Приватно-побутовий споживач	
Вік	42 роки
Стать	Чоловік
Національність	Українець
Сімейний стан	Одружений, дві дитини
Географія	Передмістя Чернігова
Тип житла	Приватний будинок 180 м ²
Професія	Власник малого бізнесу у сфері будівельних послуг
Рівень прибутку	65 000 грн/міс.
Психологія	<p><i>Мотивація:</i> забезпечити автономність будинку та знизити витрати на електроенергію.</p> <p><i>Інтереси:</i> будівництво, ремонт, технології для дому, енергоефективність.</p> <p><i>Проблеми:</i> часті відключення електроенергії, високі рахунки за електроенергію.</p> <p><i>Цінності:</i> безпека сім'ї, стабільність, економія, надійність рішень “під ключ”.</p>

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Формування портретів споживачів у сегментах B2B та B2C дало змогу виділити їхні ключові характеристики, що впливають на поведінку та очікування під час вибору сонячних електростанцій. Індивідуальні клієнти переважно орієнтуються на власний комфорт, енергетичну автономність та економію коштів, тоді як корпоративні — на стабільність операцій, оптимізацію витрат і відповідність сонячних електростанцій стратегічним цілям підприємства.

Глибоке розуміння цих відмінностей дає змогу ТОВ “Солар” формувати цільові пропозиції, адаптувати комунікацію та підвищувати ефективність маркетингових заходів.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дало змогу виявити ключові поведінкові моделі споживачів у сегментах B2B та B2C, що визначають специфіку попиту на технології відновлюваної електроенергії. У корпоративному секторі домінують раціональні рішення, орієнтовані на економію ресурсів, зниження ризиків енергетичної нестабільності та підвищення операційної авто-

номності. Для приватних домогосподарств характерні змішані мотивації, де фінансові очікування поєднуються з емоційними та соціальними чинниками довіри, престижу й бажання енергетичної незалежності. Установлено, що бар'єри впровадження технологій “зеленої” енергетики мають подібну природу в обох сегментах і охоплюють економічні, інформаційні та технічні обмеження. Узагальнення виявлених моделей дає змогу стверджувати, що формування ефективних маркетингових стратегій на ринку відновлюваної електроенергії потребує комплексного врахування мотиваційної структури споживачів та особливостей їхнього процесу ухвалення рішень. Отримані результати мають універсальний характер і можуть бути застосовані підприємствами всієї галузі для оптимізації ціннісних пропозицій, комунікаційних інструментів та сервісних рішень. Пролонгація дослідження на інші компанії відновлюваної енергетики створює підґрунтя для поглиблення розуміння поведінкових патернів, розроблення інноваційних маркетингових підходів і підвищення конкурентоспроможності галузі загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Решетнікова О. В., Даниленко В. І., Дорош-Кізім М. М. Аналіз цифрової поведінки споживачів в умовах розвитку електронної торгівлі. *Economic Space*. 2025. № 203. С. 223–229. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.203.223-229>
2. Переверзева А. В., Губарь О. В. Трансформація мікроекономічної моделі поведінки споживача на ринку в умовах цифрової економіки. *Причорноморські економічні студії*. 2021. № 66. С. 12–16. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.66-2>
3. Бочко О. Ю., Кожушок Н. Дослідження поведінки споживачів в умовах COVID-19 та вплив на них трендів маркетингу. *Призовський економічний вісник*. 2021. Вип. 2 (25). С. 66–71. DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2021-2-12>
4. Moskalenko V., Riabchenko I. Analysis of the domestic and international innovation market considering the impact of COVID-19. *Modern Economics*. 2022. No. 33. P. 64–71. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V33\(2022\)-0](https://doi.org/10.31521/modecon.V33(2022)-0)
5. Проскурніна Н., Бестужева С., Козуб В. Аналітичні аспекти дослідження поведінки споживачів в умовах цифровізації економіки України. *Економіка та суспільство*. 2022. № 36. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-40>
6. Косар Н., Мамчин М., Баран А. Дослідження зміни поведінки споживачів у сучасних умовах. *Економіка та суспільство*. 2022. № 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-68>
7. Кіянчук В. М., Махотіло К. В. Участь побутових споживачів на енергетичних ринках через керування попитом. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2023. № 9–10 (187–188). С. 6–35. DOI: <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2023.09.01>
8. Захарченко Ю. В., Шинкаренко Н. В. Енергетичний ритейл в Україні: тренди, виклики та перспективи розвитку. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2024. № 4. С. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.33271/ebdut/88>
9. Ніколаєнко Н. В., Гальченко В. І. Особливості інтернет-продажів в B2B-секторі. *Держава та регіони*. 2021. № 6 (123). DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-6-9>
10. Дунська А. Р., Жалдак Г. П., Маринченко О. В. Поведінка споживача в умовах кризи та невизначеності: мікроекономічний аналіз. *Проблеми економіки*. 2024. № 1. С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-1-44-51>

BEHAVIORAL MODELS IN THE FIELD OF RENEWABLE ENERGY IN B2B AND B2C SEGMENTS

Moskalenko V.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)
e-mail: m.valentina.an@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9469-9363>

Babachenko L.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Chernihiv Polytechnic National University
(Chernihiv, Ukraine)

e-mail: babachenko_lv@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6312-4700>

Zaika O.

Head of the Department of Organizational Support and Implementation of Scientific Developments
Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Production of NAAS
(Chernihiv, Ukraine)

e-mail: zaika.alex@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2390-0679>

Havrysh N.

Master's Student
Chernihiv Polytechnic National University
(Chernihiv, Ukraine)

e-mail: nadia.gavrysh0708@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1360-6282>

The article presents an analysis of consumer behavior in the solar energy market. The analysis was conducted using the materials of Solar LLC, which is a leading supplier of equipment and services for the solar energy sector in Ukraine. The study employed such specific methods as field surveys, focus groups, and in-depth interviews. The types of the company's B2B and B2C customers and the stages of the decision-making process regarding the purchase of solar power plants were identified. The main motives for the implementation of solar power plants among the B2B and B2C customers of Solar LLC were revealed. Models of consumer behavior in the solar energy market in the B2B and B2C segments were developed, and their typical profiles were presented. To develop behavioral models and consumer profiles, the authors conducted a marketing study among the customers of Solar LLC. The formation of consumer profiles in the B2B and B2C segments made it possible to identify their key characteristics that influence behavior and expectations when choosing solar power plants. Individual customers are mainly oriented toward personal comfort, energy autonomy, and cost savings, whereas corporate customers focus on operational stability, cost optimization, and the compliance of solar power plants with the strategic objectives of the enterprise. The conclusions and recommendations presented in the article make it possible not only for Solar LLC but also for other companies to more accurately segment their customers, adapt communications, and develop more effective offerings for the B2B and B2C solar energy markets. The research results contribute to increasing the effectiveness of companies' marketing strategies in the solar energy market and to a deeper understanding of the factors shaping consumer behavior in the B2B and B2C segments. All this will make it possible not only to optimize marketing tools for different types of customers but will also serve as a theoretical and methodological basis for further research in the field of consumer behavior in the renewable energy market.

Keywords: solar energy, consumer behavior, consumer profile, solar energy market, marketing research.

REFERENCES

1. Reshetnikova, O., Danylenko, V., & Dorosh-Kizym, M. (2025). Analysis of digital consumer behavior in the conditions of e-commerce development. *Economic Space*, 203, 223–229. doi: 10.30838/EP.203.223-229
2. Pereverzieva, A., & Gubar, O. (2021). Transformation of the microeconomic model of consumer behavior on the market in the conditions of the digital economy. *Black Sea Economic Studies*, 66, 12–16. doi: 10.32843/bses.66-2
3. Bochko, O. Yu., & Kozhushok, N. (2021). Research on consumers' behavior in the conditions of the COVID-19 pandemic and impact of the marketing trends 2021 on them. *Azov Economic Bulletin*, 2(25), 66–71. doi: 10.32840/2522-4263/2021-2-12
4. Moskalenko, V., & Riabchenko, I. (2022). Analysis of the domestic and international innovation market considering the impact of COVID-19. *Modern Economics*, 33, 64–71. doi: 10.31521/modecon.V33(2022)-0
5. Proskurnina, N., Bestuzheva, S., & Kozub, V. (2022). Analytical aspects of consumer behavior research in the context of digitalization of Ukraine's economy. *Economy and Society*, 36. doi: 10.32782/2524-0072/2022-36-40
6. Kosar, N., Mamchyn, M., & Baran, A. (2022). Research on changes in consumer behavior in modern conditions. *Economy and Society*, 45. doi: 10.32782/2524-0072/2022-45-68
7. Kiianchuk, V., Makhotilo, K. (2023). The participation of residential consumers in energy markets through demand response. *Energy Saving. Power Engineering. Energy Audit*, 9–10(187–188), 6–35. doi: 10.20998/2313-8890.2023.09.01
8. Zakharchenko, Yu. V., & Shynkarenko, N. V. (2024). Energy retail in Ukraine: trends, challenges and prospects of development. *Economic Bulletin of the Dnipro Polytechnic Institute*, 4, 111–119. doi: 10.33271/ebdut/88
9. Nikolaenko, I., & Halchenko, V. (2021). Peculiarities of internet sales in the B2B sector. *State and Regions*, 6(123). doi: 10.32840/1814-1161/2021-6-9
10. Dunska, A. R., Zhaldak, H. P., & Marynchenko, O. V. (2024). Consumer behavior in conditions of crisis and uncertainty: A microeconomic analysis. *Economic Problems*, 1, 44–51. doi: 10.32983/2222-0712-2024-1-44-51

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

МОСКАЛЕНКО Валентина Анатоліївна — кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу, PR-технологій та логістики, Національний університет “Чернігівська політехніка” (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14030; e-mail: m.valentina.an@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9469-9363>).

БАБАЧЕНКО Лариса Валентинівна — кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу, PR-технологій та логістики, Національний університет “Чернігівська політехніка” (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14030; e-mail: babachenko_lv@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6312-4700>).

ЗАЇКА Олександр Володимирович — завідувач підрозділу організаційного забезпечення та впровадження наукових розробок, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, Україна, 14027; e-mail: zaika.alex@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2390-0679>).

ГАВРИШ Надія Олександрівна — магістр, Національний університет “Чернігівська політехніка” (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14030; e-mail: nadia.gavrish0708@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1360-6282>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

Листя як добриво і природний фільтр: чому треба відмовитися від його спалювання — Державна екоінспекція. Листя виконує безліч корисних функцій: розкладання насичує ґрунт фосфором, азотом і калієм, утворюючи родючий гумус, захищає рослини від хвороб і промерзання, а також діє як природний фільтр, затримуючи пил, важкі метали та пом'якшуючи стік дощової води. Якщо залишати опале листя біля дерев, воно підтримує мікроклімат, зберігає вологу й тепло ґрунту та допомагає уникнути підтоплень. Спалювання листя шкодить довкіллю та здоров'ю — 1 кг виділяє до 9 кг чадного газу та до 0,5 кг твердих часток, а поживні речовини втрачаються безповоротно. Це також адміністративне правопорушення: штрафи для громадян — від 1530 до 5120 грн, для посадових осіб — до 30 600 грн залежно від статті та місця підпалу.

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ ВЕБПЛАТФОРМИ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ОПУСТЕЛЮВАННЯ "АГРОКОСМОС"

Т. В. Ільєнко

кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: tilienko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5406-5449>

О. Г. Тараріко

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: tarariko@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5132-0157>

Д. М. Шерстюк

аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: volaf666@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-1687-5974>

Зміна клімату посилює процеси деградації земель в Україні, що потребує створення спеціалізованих інформаційних систем для ефективного моніторингу та управління земельними ресурсами. Дослідження спрямоване на обґрунтування та розробку структури пілотного інформаційно-аналітичного вебресурсу "Агрокосмос" для відстеження просторового поширення опустелювання та посушливих явищ. Використано системний аналіз міжнародних платформ моніторингу деградації земель, логіко-структурний підхід до проектування вебресурсів, семантичний аналіз ключових термінів і дослідження потреб цільових аудиторій у сфері раціонального землекористування. Розроблено ієрархічну структуру сайту, що містить головну сторінку та десять основних розділів: інституційні та правові засади, загальна інформація, методико-технологічні підходи, дані, просторове поширення процесів, аналітичні звіти, заходи адаптації, база знань, додаткові джерела інформації та новини. Сформовано семантичне ядро навколо дванадцяти тематичних блоків, що охоплюють понад сто ключових термінів для пошукової оптимізації. Ідентифіковано десять груп цільової аудиторії, включно з науковцями, урядовими установами, сільськогосподарськими фахівцями, міжнародними організаціями та громадськістю. Запропонована архітектура забезпечує інтеграцію супутникових даних, геоінформаційних інструментів, картографічних матеріалів та аналітичних звітів у єдиному середовищі підтримки прийняття рішень. Створена структура є практичною основою для національної платформи моніторингу опустелювання, сприятиме виконанню зобов'язань України за Конвенцією ООН про боротьбу з опустелюванням і підвищить ефективність раннього попередження посух. Перспективними напрямками є наповнення платформи актуальними даними дистанційного зондування Землі та розробка автоматизованих алгоритмів виявлення зон ризику деградації.

Ключові слова: деградація земель, посушливі явища, дистанційне зондування, геоінформаційні системи, вебсайт, семантичне ядро, цільова аудиторія.

ВСТУП

Зміни клімату дедалі інтенсивніше впливають на агросферу України, спричиняючи деградацію земель і посилення посушливих явищ на території майже 42 млн га сільськогосподарських угідь. Зростання частоти тривалих бездощових періодів, нестабільність вологозабезпечення та екстремальні температури призводять до втрат аграрної продуктивності, погіршення екологічного стану агроєкосистем і проявів опустелювання. Ці процеси становлять серйозну загрозу для досягнення Глобальних цілей сталого розвитку, ухвалених на сесії Генеральної Асамблеї ООН у 2015 році [1], особливо в умовах зброй-

ного конфлікту, що триває на території України внаслідок російської агресії. Попри виклики, агропромисловий комплекс України зберігає високий агресурсний потенціал. Частка чорноземів у структурі ґрунтового покриву країни, за різними оцінками, становить до 65–67%, що значно перевищує відповідні показники в інших країнах світу. За умови впровадження сучасних агротехнологій, охорони ґрунтів від деградації, відновлення їхньої родючості та адаптації до кліматичних змін Україна здатна забезпечувати високу продуктивність сільськогосподарського виробництва та робити вагомий внесок у глобальну продовольчу безпеку.

Однак ефективне управління земельними ресурсами в умовах кліматичних викликів потребує надійного інформаційного забезпечення. Традиційні наземні методи моніторингу не забезпечують необхідної просторової та часової деталізації, що ускладнює оперативне реагування на прояв деградаційних процесів. Водночас міжнародні зобов'язання України в межах Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням (КБО) і національне законодавство формують вимоги до створення системного моніторингу впливу змін клімату на процеси опустелювання, раннього попередження посух і підтримки прийняття відповідних управлінських рішень [2–8].

Сучасні технології супутникового дистанційного зондування Землі в поєднанні з геоінформаційними системами відкривають нові можливості для просторово-часової оцінки ключових індикаторів деградації: кліматичних параметрів (температура, опади, вологозапаси), стану рослинного покриву (вегетаційні індекси, проєктивне покриття), змін ландшафтної структури та ознак деградації ґрунтів. Інтеграція цих показників у єдину інформаційно-аналітичну систему дає змогу здійснювати діагностику ризиків, їх картографування, виявлення "гарячих точок" і формування адресних природоохоронних та агротехнологічних заходів.

Метою цієї статті є обґрунтування та представлення структури пілотної версії вебресурсу "Агрокосмос" як зовнішнього інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи моніторингу просторового поширення процесів опустелювання та посушливості в умовах змін клімату. Цей сайт буде джерелом щодо методів і використання інструментарію для оцінки та моніторингу стану та тенденцій впливу змін клімату на формування процесів деградації земель сільськогосподарського призначення та їх опустелювання за допомогою технології супутникового дистанційного зондування. Його ціль полягає в тому, щоб інформувати про стан та належне управління земельними ресурсами. Запропонована платформа забезпечить інтеграцію даних із багатьох джерел, їх візуалізацію та аналітичну обробку, надаючи інструменти для прийняття науково обґрунтованих рішень у сфері раціонального землекористування, охорони ґрунтів і своєчасної адаптації сільськогосподарського виробництва та природокористування до кліматичних змін, а також виконання міжнародних зобов'язань України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Роль інформаційних технологій для підтримки сталого розвитку, зокрема аграрного виробництва та продовольчої безпеки, підкрес-

люється в кількох міжнародних правових документах, пов'язаних із навколишнім середовищем, насамперед у Порядку денному на ХХІ століття Ріо-де-Жанейрської декларації з питань навколишнього середовища та розвитку і Заяві про принципи сталого управління [10]. Відзначається суттєва потреба в доступності наукової та технологічної інформації на всіх рівнях — від вищих керівників на національному і міжнародному рівнях до локального й індивідуального рівнів. Відповідні наукові оцінки стану навколишнього середовища, еволюції екосистем і зональних агроекосистем під впливом змін клімату, наявні інформаційні ресурси, експериментальні дані, досвід і висновки дослідницьких проєктів повинні бути зібрані та використані в процесах прийняття рішень, необхідних для досягнення цілей Порядку денного на ХХІ століття, зокрема боротьби з опустелюванням і деградацією земель.

Більш ранні роботи з оцінки деградації землі проводилися переважно у сфері оцінки погіршення якості ґрунту. Наприклад, у 1988–1991 рр. у межах проєкту *Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD)* оцінювали лише якість ґрунту [9]. Це була перша спроба підготувати світову карту стану деградації ґрунтів за п'ятьма категоріями: виробка лісів і видалення природної рослинності, надмірний випас худоби, сільськогосподарська діяльність, надмірна експлуатація рослинності для домашнього використання та (біо)промислової діяльності. Карта GLASOD передусім була призначена як орієнтир для глобальних політиків із метою визначення регіонів, що викликають безпосереднє занепокоєння. Оцінка деградації повинна містити комбіновані індикатори [10]. Відповідний сайт висвітлював результати виконання цього проєкту. На заміну застарілої оцінки GLASOD Продовольчою та сільськогосподарською організацією Об'єднаних Націй (FAO), Програмою ООН з навколишнього середовища (UNEP) і Глобальним екологічним фондом (GEF) було розроблено п'ятирічний проєкт *Land Degradation Assessment in Dryland (LADA)*, який виконувався у 2006–2010 рр. [11; 12].

У наступний п'ятирічний період (2010–2014) було започатковано і виконано проєкт *Land and Ecosystem Degradation and Desertification: Assessing the Fit of Responses (LEDDRA)* [13]. Він мав на меті сприяння комплексному дослідженню соціально-екологічної відповідності реакцій на деградацію земель та екосистем і опустелювання (LEDD) у різних контекстах. З метою кращої організації, демонстрації прикладів, поширення та підвищення цінності результатів проєкту, а також забезпечення їх доступності для широкого кола зацікавлених сторін із різ-

ними рівнями знань розроблено інформаційну систему LEDDRIS та її вебсайт. Аналітична структура сайту надає доступ до робочих пакетів та їх результатів, зокрема до загальної методології для кожної фази аналізу.

Дистанційне зондування має потенціал, який може суттєво сприяти оцінці процесів деградації на великих територіях, як правило, у регіональних або національних масштабах, де польових даних недостатньо. Тому актуальним стало розроблення інформаційно-аналітичних систем із використанням супутникової інформації для визначення темпів процесів опустелювання та проявів критичних явищ в окремих регіонах із метою прийняття відповідних управлінських рішень, коригування агротехнологій та систем земле- і водокористування. Про це свідчить і міжнародний досвід, де вже діють програми глобального спостереження Землі (GEOSS) [14] та глобальний моніторинг для довкілля і безпеки (GMES) [15], нині — Copernicus [16].

Copernicus є офіційним вебпорталом однойменної європейської програми спостереження за Землею, що реалізується спільно Європейською комісією та Європейським космічним агентством (ЄКА). Програма Copernicus, раніше відома як GMES (Global Monitoring for Environment and Security), є однією з найбільш перспективних систем спостереження за Землею у світі, що забезпечує безперервний моніторинг нашої планети та її довкілля. Основною метою програми Copernicus є надання точної, своєчасної та легкодоступної інформації для покращення управління довкіллям, розуміння та пом'якшення наслідків зміни клімату, а також забезпечення цивільної безпеки. Програма охоплює шість тематичних напрямів: моніторинг атмосфери, морського середовища, суші, зміни клімату, управління надзвичайними ситуаціями та безпека.

Вебресурс програми Copernicus структурований для забезпечення ефективного доступу до різноманітних сервісів і даних [17]. Головна сторінка надає загальний огляд можливостей Copernicus та актуальні новини про досягнення програми. Сайт містить детальну інформацію про шість основних сервісів Copernicus: Atmosphere Monitoring Service (AMS) — моніторинг атмосфери, Marine Environment Monitoring Service (MEMS) — моніторинг морського середовища, Land Monitoring Service (LMS) — моніторинг земельних ресурсів, Climate Change Service (CCS) — сервіс змін клімату, Emergency Management Service (EMS) — сервіс надзвичайних ситуацій і Security Service — безпековий сервіс. Кожен сервіс має власний підрозділ з описом функціональності, доступних даних та інструментів.

Важливим елементом структури є розділ, присвячений супутниковій інфраструктурі Sentinel, що містить сім сімейств супутників, спеціально розроблених для потреб програми Copernicus. Портал забезпечує доступ до величезних обсягів супутникових даних через спеціалізовані хаби та платформи, зокрема Copernicus Data Space Ecosystem, що замінив попередні окремі точки доступу.

Структура сайту також охоплює розділи для різних груп користувачів: науковців, розробників додатків, приватного сектору та громадськості, що відображає прагнення зробити дані Copernicus максимально доступними і корисними для широкого кола стейкхолдерів.

В Україні цифрова трансформація економіки, зокрема сільського господарства, передбачає створення відповідних інформаційно-аналітичних систем, які базуються на сучасних прогресивних технологіях підтримки та прийняття управлінських рішень. Одним із перших проєктів, що виконувався на замовлення Держкомзв'язку групою організацій на чолі з Інститутом кібернетики ім. В. М. Глушкова, було створення у 2009 р. інтегрованої інформаційно-аналітичної системи органів державної влади та місцевого самоврядування [18].

Зараз існують інформаційно-аналітичні системи підтримки та прийняття рішень на різних рівнях управління — від локального до національного, а також відповідні інформаційно-аналітичні сайти. Наприклад, вебсайт Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника має деревоподібну структуру і подає загальну інформацію про заповідник, наукову діяльність та проєкти, довідкову інформацію про його флору і фауну, карти, дослідницькі інфраструктури тощо [19]. Розроблено інформаційну систему для оцінювання екологічного стану території заповідника "Розточчя" [20]; спроектовано та реалізовано основні компоненти системи, а саме логічну модель бази даних і геоінформаційну систему досліджуваної території [21].

Слід зазначити, що деякі інформаційно-аналітичні сайти є фактично геопорталами, які надають доступ до інших зовнішніх баз геопросторових даних і програм. В Україні започатковано розробку Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), яка забезпечить простий, оперативний та ефективний доступ до географічної інформації через мережу геопорталів. 20 лютого 2023 р. було презентовано розроблений функціонал геопорталу пілотного проєкту НІГД та інструменти геопорталу для ухвалення управлінських рішень на основі реальних даних. Наразі в Україні створено перший портал відкритих геоданих для громад —

GIS DATA [22]. Проєкт "Е-рішення для громад" реалізується Центром розвитку інновацій за підтримки програми "U-LEAD з Європою". На порталі представлено понад 100 джерел даних, атлас геопросторових шарів для пілотних громад-користувачів, численні поради щодо застосування цих даних в управлінні. Портал спрямований на популяризацію використання геопросторових даних у прийнятті управлінських рішень на рівні громад і регіонів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилося з метою обґрунтування та розробки структури пілотного інформаційно-аналітичного вебресурсу "Агрокосмос", призначеного для відстеження просторового поширення опустелювання та посушливих явищ в умовах змін клімату.

Матеріали дослідження містили: міжнародні правові документи (Ріо-де-Жанейрська декларація, положення Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням); національне законодавство України (законодавство "Про охорону земель" і "Про державний контроль за використанням та охороною земель", Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелювання); аналітичні матеріали міжнародних і національних проєктів із моніторингу деградації земель; матеріали вебпорталів та інформаційних систем екологічного спрямування.

Методологічна база дослідження охоплювала комплекс взаємодоповнюючих методів. Системний аналіз застосовувався для вивчення міжнародних платформ моніторингу деградації земель, програм глобального спостереження Землі (GEOSS), системи Copernicus і національних інформаційно-аналітичних систем України. Аналіз дав змогу виявити кращі практики організації вебресурсів екологічного моніторингу та визначити структурні елементи, необхідні для ефективного функціонування платформи. Логіко-структурний підхід використовувався для проєктування архітектури вебресурсу, визначення ієрархії сторінок, розробки навігаційної структури та взаємозв'язків між різними розділами сайту. Семантичний аналіз застосовувався для формування семантичного ядра вебресурсу навколо дванадцяти тематичних блоків: опустелювання, посушливі явища, ГІС/ДЗЗ-технології, екологія, сільське господарство, наука та дослідження, політика та управління, освіта та інформування громадськості, клімат та метеорологія, залучення громадськості та співпраця, візуалізація даних та інструменти, новини та оновлення. Метод дав змогу ідентифікувати понад сто ключових термінів для пошукової оптимізації та забезпечення видимості ресурсу

в пошукових системах. Метод дослідження потреб цільових аудиторій використовувався для ідентифікації та характеристики десяти груп користувачів платформи. Аналіз потреб кожної групи дав змогу визначити необхідний функціонал та інформаційне наповнення платформи. Метод структурно-функціонального моделювання застосовувався для розробки ієрархічно-деревоподібної структури сайту, що містив головну сторінку та десять основних розділів другого рівня з подальшою деталізацією на нижчих рівнях.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сьогоднішній світ переживає низку серйозних викликів, пов'язаних із змінами клімату, природними катастрофами та воєнними діями, що стають дедалі актуальнішими та загрожують навколишньому природному середовищу й життю людей. Одними з таких загроз є процеси опустелювання та посушливі явища, які впливають на екологічну стійкість і соціально-економічний розвиток багатьох регіонів світу.

Для ефективного вирішення цих проблем і забезпечення належного реагування на їхні наслідки необхідно мати доступ до актуальної та виваженої інформації, а також можливість здійснювати просторовий аналіз і моніторинг ситуації. У цьому контексті розробка пілотної версії інформаційно-аналітичного сайту є важливим інструментом, який допоможе зібрати, систематизувати й аналізувати дані щодо опустелювання та формування посушливих явищ.

Розробка структури пілотної версії цього сайту є ключовим етапом у створенні інструменту, спрямованого на вивчення та аналіз глобальних екологічних викликів. Розробка цієї структури відображає комплексний підхід до вирішення проблеми, яка потребує поєднання наукового аналізу, доступності інформації та можливості аналізу ситуації в реальному часі.

Розробка структури вебсайту — це важливий етап у процесі створення успішного вебпроєкту, який потребує ретельного планування та уваги до потреб користувачів. Структура вебсайту — це організаційна система та ієрархія сторінок, контенту й ресурсів, які визначають логічний порядок і спосіб, за допомогою якого користувачі можуть переміщуватися і взаємодіяти з вебресурсом. Вона показує, як інформація розміщена та організована на сайті, щоб зробити його зрозумілим, доступним і зручним для користувачів [23].

Ключовими аспектами створення структури сайту є визначення структурних блоків сайту та їхнього функціонального призначення. Для

цього необхідно перш за все визначити *мету його створення та використання і цільову аудиторію*. Як було вказано вище, цей сайт буде джерелом використання інструментарію для оцінки та моніторингу стану й тенденцій у виявленні процесів деградації земель, опустелювання та поширення посушливих явищ за допомогою технології дистанційного зондування. Його мета полягає в тому, щоб інформувати про управління землею та її станом, підвищувати якість моніторингу процесів опустелювання і посушливих явищ на різних територіях, забезпечувати у відкритому доступі аналітичну супутникову інформацію для управлінських структур різного рівня, виробничих систем, ОТГ, наукових установ і громадськості про стан агросфери України. Його завдання охоплюватимуть просторовий моніторинг процесів опустелювання та посушливих і кризових явищ, раннє їх виявлення, а також надання рекомендацій із пом'якшення їхньої шкідливої дії.

Визначення *цільової аудиторії*, розуміння її потреб та очікувань допоможе встановити, які саме дані й інструменти, зокрема й дистанційного зондування Землі, повинні бути доступні на сайті. Як було визначено вище, *основна цільова аудиторія* складається з осіб, організацій і професіоналів, які мають великий інтерес до збереження навколишнього середовища, сільськогосподарства та питань, пов'язаних із кліматом, беруть участь в оцінці й моніторингу стану рослинності та земельних ресурсів на різних адміністративних рівнях, а також безпосередньо оцінюють і контролюють стан рослинності, зміни земельного покриву та їхні наслідки для сільськогосподарського виробництва, агроресурсів, екосистемних послуг і сталого розвитку виробничих систем.

Цільова аудиторія складається з наступних ключових груп:

1. Дослідники та науковці в галузі довкілля. Науковці й дослідники, які вивчають опустелювання, посуху та пов'язані з навколишнім середовищем явища, будуть основною аудиторією. Сфера зацікавлення — доступ до точних даних, наукових висновків та аналітичних інструментів для подальших досліджень.

2. Науковці в галузі кліматології та метеорології. Сфера зацікавлення — отримання даних щодо кліматичних закономірностей і довгострокових тенденцій, пов'язаних із посухами та опустелюванням.

3. Урядові установи та розробники управлінських рішень. Урядові органи, відповідальні за екологічну політику, управління земельними ресурсами та запобігання надзвичайним ситуаціям. Сфера зацікавлення — інформація щодо політики боротьби з опустелюванням та управ-

ління посухами, правове та науково-методичне забезпечення.

4. Сільськогосподарські фахівці: фермери, приватні, комунальні та державні сільськогосподарські виробничі системи й організації. Сфера зацікавлення — інформація про просторове розповсюдження процесів опустелювання, деградації земель та посух, їхній вплив на врожайність, використання земель і сучасні сільськогосподарські практики, заходи щодо адаптації до змін клімату, планування та прогнозування. Супутникова інформація та її аналіз можуть бути корисними для коригування й удосконалення агротехнологій, оцінки стану ґрунту, прийняття науково обґрунтованих та оперативних управлінських рішень.

5. Міжнародні організації: глобальні установи, такі як Організація Об'єднаних Націй, Світовий банк та інші, діяльність яких присвячена сфері сталого розвитку, пом'якшенню наслідків змін клімату та управлінню надзвичайними ситуаціями. Інформаційний ресурс сайту може використовуватися для довідкової інформації та співпраці.

6. Некомерційні громадські організації з охорони довкілля та зміни клімату. Сфера зацікавлення — збереження довкілля, сталий розвиток, кліматична політика, відновлювані джерела енергії, збереження біорізноманіття, зменшення забруднення. Вони використовуватимуть вебсайт для наукових досліджень, проведення освітніх і пропагандистських екологічних кампаній.

7. Компанії та інвестори у сфері сільськогосподарства. Вони зацікавлені у виявленні областей із підвищеним ризиком для навколишнього середовища та можливостях для організації ефективного аграрного виробництва. Як зворотний зв'язок — надання інформації щодо конкретних випадків поширення кризових явищ.

8. Освітні заклади, вчителі, студенти. Вони зацікавлені в ресурсах для навчального процесу, курсах із перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів.

9. Журналісти та ЗМІ, які висвітлюють питання, пов'язані зі зміною клімату, деградацією екосистем, адаптацією до потепління і продовольчою безпекою. Сфера зацікавлення — інформація, дані, експертні думки та кейси для інформування публіки щодо опустелювання, деградації земель, поширення посушливих явищ.

10. Загальна громадськість: інформування громадян, які цікавляться та розуміють екологічні виклики, що створюють загрози опустелювання і посухи, а також їхні загальні впливи на суспільство.

Для проектування сайту необхідно визначити його логічну структуру, яка базується на семантичному ядрі. Розробка семантичного ядра полягає в ефективній структуризації та організації вмісту сайту навколо відповідних ключових слів, термінів і тем, пов'язаних із цими проблемами навколишнього середовища. За семантичним ядром визначаються, які категорії та підкатегорії мають бути на сайті [24].

Основні цілі розробки семантичного ядра наступні:

Точність відповідності вмісту: точно відображати конкретну мову, термінологію та ключові фрази, пов'язані з опустелюванням і посушливими явищами, фокусуючись на просторових аспектах, таких як постраждалі регіони, кліматичні умови та деградація ґрунтів; забезпечувати насичення вмісту термінами, пов'язаними з просторовим розподілом та регіональним впливом; сприяти вирішенню конкретних географічних областей та їхніх унікальних викликів. Ця точність підвищує актуальність сайту в результатах пошуку, спрямовуючи на користувачів, які шукають інформацію для конкретних місць.

Тематичне та географічне спрямування: сегментувати та класифікувати вміст на основі тематичних категорій, пов'язаних з опустелюванням і посушливими явищами, зосереджуючись на географічному розподілі постраждалих областей, кліматичних зонах та конкретних екологічних впливах. Організація семантичного ядра навколо тематичного та географічного спрямування робить вебсайт цінним ресурсом для користувачів, які шукають інформацію про опустелювання та посушливі явища в конкретних регіонах або екологічних контекстах. Ця стратегія відповідає потребам та інтересам користувачів, які шукають локалізовані або регіон-специфічні дані.

Видимість у пошукових системах і рейтинг дадуть змогу оптимізувати семантичне ядро, покращуючи позиції вебсайту в результатах пошуку, шляхом включення відповідних і впливових ключових слів, фраз та довгих запитів, пов'язаних із просторовим розподілом опустелювання й посухи. Це може суттєво вплинути на рейтинг у пошукових системах, допомагаючи сайту виходити на високі позиції в результатах пошуку, що привертає більшу аудиторію, яка шукає інформацію про опустелювання та посуху в різних просторових контекстах, тим самим збільшуючи загальну досяжність і вплив сайту.

Контекстуальне картування та навігація для користувачів забезпечать легку навігацію та логічні зв'язки між різними просторово розподіленими темами про опустелювання і посуху, сприяючи інтуїтивному користувацькому

досвіду. Добре структуроване семантичне ядро допомагає користувачам орієнтуватися на сайті для пошуку інформації, пов'язаної з конкретним просторовим розподілом явищ опустелювання та посухи. Чіткі зв'язки та інтуїтивні шляхи поліпшують залучення користувачів і загальну користь сайту.

Семантичне ядро та структура вебсайту тісно пов'язані між собою: семантичне ядро визначає набір релевантних ключових слів і тем, необхідних для пошукової оптимізації та логічної організації контенту, а структура відповідає за макет, навігацію й розміщення інформації. Вплив семантичного ядра проявляється у формуванні структури сайту, забезпечуючи її відповідність пошуковим запитам і зручність для користувачів.

Цей взаємозв'язок проявляється в такому вигляді:

1. Організація контенту:

Семантичне ядро: забезпечує основу для організації контенту через визначення основних ключових слів і тем, пов'язаних із тематикою сайту, як-от процеси опустелювання та посушливі явища, постраждалі регіони, стратегії пом'якшення наслідків тощо.

Структура вебсайту: використовує інформацію із семантичного ядра для категоризації та логічного впорядкування вмісту. Наприклад, розділи або сторінки можуть бути присвячені конкретним ключовим словам або темам, визначеним у семантичному аналізі.

2. Навігація та ієрархія:

Семантичне ядро: повідомляє про пріоритетні ключові слова та фрази, що використовуються в наповненні сайту, допомагаючи встановити ієрархічну важливість різних тем і термінів.

Структура вебсайту: відображає цю ієрархію, впливаючи на те, як організовано навігацію вебсайту. Структура визначає, які сторінки чи розділи є більш помітними, зважаючи на важливість ключових слів і тем, визначених в аналізі семантичного ядра.

3. Пошукова оптимізація (SEO):

Семантичне ядро: формує стратегію SEO, визначаючи цільові ключові слова, фрази та довготривалі терміни.

Структура вебсайту: реалізує методи SEO шляхом стратегічного розміщення визначених ключових слів у структурі вебсайту, охоплюючи метаописи, заголовки та вміст, щоб покращити видимість сайту в результатах пошукової системи.

4. Користувацький досвід і залучення:

Семантичне ядро: надає інформацію про пошукові наміри та інтереси користувачів, допомагаючи адаптувати вміст.

Структура вебсайту: розробляє макет і навігацію на основі цих даних, щоб покращити взаємодію з користувачем, даючи змогу легко знаходити та взаємодіяти з вмістом, який відповідає їхнім запитам або інтересам.

5. Постійне вдосконалення:

Семантичне ядро: будучи динамічною сутністю, постійно розвивається, додаючи нові ключові слова та терміни.

Структура вебсайту: адаптується та розвивається відповідно до цих змін, забезпечуючи, що структура сайту залишається узгодженою із семантичним ядром, що розвивається, таким чином зберігаючи актуальність і конкурентоспроможність сайту.

По суті, семантичне ядро служить основою, на якій будується структура вебсайту. Воно визначає організацію, представлення та навігацію вмісту, оптимізуючи вебсайт, щоб він був зручним як для користувачів, так і для пошукових систем, що в кінцевому підсумку формує взаємодію з користувачем і успіх сайту в охопленні його аудиторії.

Розробка добре структурованого семантичного ядра для вебсайту є ключовою для покращення актуальності вмісту, видимості в пошукових системах і залучення користувачів, що в кінцевому підсумку робить сайт авторитетним ресурсом із цих критичних екологічних проблем. Пропонуємо наступний список ключових слів і тем для включення до семантичного ядра вебсайту (табл. 1).

Включення цих ключових слів і тем у вміст вебсайту допоможе йому високо ранжуватися в пошукових системах і привертати різноманітну аудиторію, яка цікавиться питаннями, пов'язаними з опустелюванням та посухами. Крім того, регулярне оновлення контенту свіжою інформацією та дослідженнями сприятиме вірогідності вебсайту та його видимості в результатах пошуку.

Отже, на основі вищенаведеного семантичного ядра було розроблено *структуру пілотної версії інформаційно-аналітичного сайту "Агрокосмос"*, присвяченого просторовому поширенню процесів опустелювання та

Таблиця 1

Ключові слова для семантичного ядра

Тема	Ключові слова
Опустелювання	<ul style="list-style-type: none"> • Процес опустелювання • Фактори опустелювання • Впливи опустелювання • Запобігання опустелюванню • Деградація ґрунтів • Аридні регіони • Ерозія ґрунту • Моніторинг опустелювання • Індикатори опустелювання • Супутникові індикатори • Карта опустелювання • Вивчення випадків опустелювання • Глобальні тенденції опустелювання • Оцінка ризику опустелювання • Просторовий розподіл опустелювання • Регіони, що постраждали від опустелювання • Заходи боротьби з опустелюванням
Посушливі явища	<ul style="list-style-type: none"> • Визначення посухи • Типи посухи • Індикатори посухи • Впливи посухи • Моніторинг посухи • Прогноз посухи • Управління посухою • Стратегії мінімізації посухи • Історичні дані про посуху • Стійкість до посухи • Вивчення випадків посухи • Регіони з підвищеним ризиком посухи
ГІС/ДЗЗ-технології	<ul style="list-style-type: none"> • Географічні інформаційні системи (ГІС) • Дистанційне зондування для вивчення поширення опустелювання та посушливих явищ

Тема	Ключові слова
Екологія	<ul style="list-style-type: none"> • Охорона навколишнього середовища • Деградація екосистеми • Якість ґрунту • Дефіцит води • Адаптація до зміни клімату • Втрата біорізноманіття • Стійке управління земельними ресурсами • Збереження природних ресурсів • Заходи контролю за ерозією
Сільське господарство	<ul style="list-style-type: none"> • Стале сільське господарство • Адаптація до посухи • Урожайність та посуха • Управління вологою ґрунту • Сільськогосподарські практики для сухого клімату
Наука та дослідження	<ul style="list-style-type: none"> • Дослідження опустелювання • Вивчення посухи • Кліматичне моделювання • Аналіз даних про навколишнє середовище • Наукові публікації щодо опустелювання • Джерела даних для аналізу опустелювання • Методології вимірювання опустелювання
Політика та управління	<ul style="list-style-type: none"> • Екологічні політики • Інституційні засади • Регуляції управління земельними ресурсами • Урядові ініціативи щодо боротьби з опустелюванням • Цілі сталого розвитку (ЦСР) • Міжнародні угоди щодо опустелювання • Політика управління надзвичайними ситуаціями • Політики зміни клімату • Агентства з моніторингу опустелювання
Освіта та інформування громадськості	<ul style="list-style-type: none"> • Екологічна освіта • Освітні ресурси щодо опустелювання • Програми інформування про посуху • Навчання для екологічних фахівців
Клімат і метеорологія	<ul style="list-style-type: none"> • Кліматичні закономірності • Метеорологічні дані • Довгострокові кліматичні тенденції • Зміна клімату та опустелювання • Впливи зміни клімату на посушливі явища • Стратегії адаптації до зміни клімату
Залучення громадськості та співпраця	<ul style="list-style-type: none"> • Ініціативи щодо опустелювання • Проекти НГО з пом'якшення посухи • Громадська обізнаність щодо опустелювання • Екологічна активність
Візуалізація даних та інструменти	<ul style="list-style-type: none"> • Часові ряди даних • Графіки даних • Таблиці даних • Інтерактивні карти опустелювання • Інструменти візуалізації даних для аналізу посухи • Програмне забезпечення ГІС для картування навколишнього середовища • Застосування дистанційного зондування в дослідженнях опустелювання
Новини та оновлення	<ul style="list-style-type: none"> • Екологічні новини щодо опустелювання • Останні розробки у вивченні опустелювання • Дослідження щодо посух • Оновлення політики з управління земельними ресурсами

Джерело: сформовано авторами.

посушливих явищ. Структура має ієрархічно-деревоподібну організацію та складається з наступних основних елементів:

Головна (домашня) сторінка інформує про сайт “Агрокосмос”. На ній будуть представлені коротка інформація про останні оновлення, найважливіші новини та посилання на ключові розділи сайту, контакти й форму зворотного зв’язку. Вона слугує точкою входу на сторінки наступного рівня, які висвітлюють більш детальні питання, пов’язані з просторовим поширенням процесів опустелювання та посушливих явищ (рис. 1). Також на цій сторінці передбачено пошукову форму та набір фільтрів для пошуку.

Сторінки другого рівня. Сторінка “Інституційні та правові засади” знайомить з основними положеннями КБО, зобов’язаннями України, Концепцією боротьби з опустелюванням, Планом дій боротьби з опустелюванням і законами України “Про охорону земель” та “Про державний контроль за використанням та охороною земель”.

Сторінка “Загальна інформація” висвітлює причини, фактори, індикатори, вплив і наслідки опустелювання та посушливих явищ. Більш детальна структура цієї сторінки наведена на рис. 2.

Сторінка “Методико-технологічні підходи” висвітлює методи використання дистанційного зондування, супутникових знімків і геоінформаційних технологій для виявлення поширення процесів опустелювання та посушливих явищ.

Сторінка “Дані” надає інформацію про джерела даних, зокрема про отримання супутникових знімків, а також про візуалізацію даних

у вигляді карт, графіків і таблиць. “Супутникові зображення” — розділ, де користувачі можуть переглядати та завантажувати супутникові зображення різних регіонів України.

Сторінка “Просторове поширення процесів опустелювання та посушливих явищ” присвячена моніторингу, моделюванню, прогнозуванню та оцінці вразливості території до опустелювання та посушливих явищ.

“Аналіз розповсюдження процесів опустелювання та посушливих явищ” передбачає формування аналітичних звітів за результатами визначення просторового поширення цих процесів і створення відповідних карт.

На сторінці “Заходи боротьби з опустелюванням та адаптації до посушливих явищ” наводяться відповідні заходи, зокрема агротехнічні, фітомеліоративні та інші.

На сторінці “База знань” подається інформація щодо інформаційних ресурсів, вебпорталів, програмного забезпечення, яке можна використовувати для просторової оцінки поширення процесів опустелювання та посушливих явищ.

Сторінка “Джерела додаткової інформації” знайомить із науковими публікаціями та проектами, що стосуються цієї тематики.

На сторінці “Новини” публікуються статті, новини та відомості про події й розробки за цією тематикою.

Із сторінок другого рівня здійснюється перехід на сторінки нижчого рівня, які деталізують відповідну інформацію.

Запропонована структура сайту відповідає цілям ресурсу, потребам цільової аудиторії та загальній місії інформування й підвищення обізнаності.

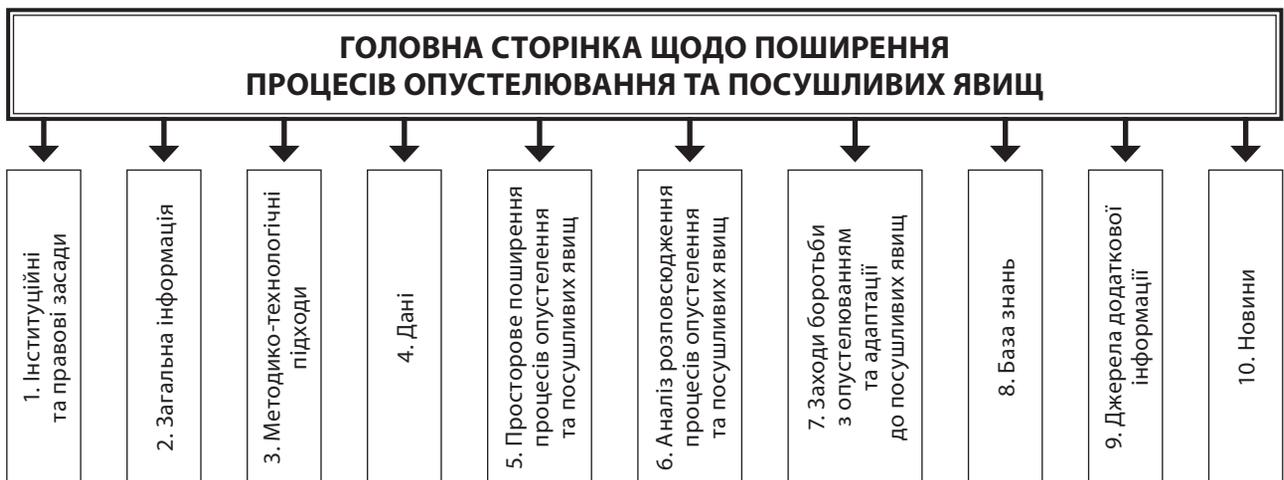


Рис. 1. Перехід на сторінки наступного рівня з головної сторінки інформаційно-аналітичного сайту “Агрокосмос”

Джерело: розроблено авторами.



Рис. 2. Структура сторінки "Загальна інформація"

Джерело: розроблено авторами.

ВИСНОВКИ

Моніторинг та управління земельними ресурсами в умовах зміни клімату й посилення процесів деградації земель в Україні потребують створення спеціалізованих інформаційних систем. Опорним каркасом системи моніторингу опустелювання є багатофункціональність супутникових даних, картографічних та аналітичних послуг інформаційних ресурсів, комплексне використання геопросторового потенціалу. Розроблена структура інформаційно-аналітичного вебресурсу "Агрокосмос" як зовнішнього інтерфейсу системи визначення просторового поширення опустелювання та посушливих явищ в умовах змін клімату поєднує супутникові дані, ГІС-інструменти й довідково-методичні матеріали в єдиному середовищі підтримки рішень. Запропонована пілотна вебплатформа сприяє кращому розумінню природи й наслідків цих явищ, поширенню останніх досліджень та інновацій, забезпечує пошук нових рішень і стимулює співпрацю між ученими, дослідниками та зацікавленими сторонами, а також надає практичні рішення.

Ієрархічно-деревоподібна архітектура сайту відповідає потребам визначених цільових аудиторій, забезпечуючи логічну навігацію та доступ до даних, аналітики, картографічних сервісів і практичних рекомендацій — від нормативно-методичної бази та джерел даних до карт ризиків і прикладних звітів.

Розроблена структура підтримує повний цикл роботи з даними дистанційного зондування: завантаження, візуалізацію у вигляді карт, графіків і таблиць, аналітичну обробку для формування раціонального землекористування та адаптації аграрного виробництва і природокористування до кліматичних змін.

Орієнтація на відкриті дані, узгодженість із національною інфраструктурою геопросторових даних і сумісність із європейськими екосистемами (EFFIS/GWIS/DesertWatch) забезпечують можливість подальшого розвитку й інтероперабельність платформи для розширення її функцій і регіонального охоплення.

Структура пілотного інформаційно-аналітичного ресурсу "Агрокосмос" є функціональною основою для розгортання національ-

ної платформи моніторингу опустелювання і посушливих явищ, що сприятиме виконанню міжнародних зобов'язань України в межах Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням, моніторингу деградації земель, ранньому попередженню посушливих явищ та інформаційній підтримці управління агроресурсами в умовах змін клімату.

Подальші кроки варто зосередити на регулярному наповненні ресурсу актуальними даними, удосконаленні алгоритмів виявлення та картографування зон ризику деградації, а також на розвитку сервісів для взаємодії з користувачами й розширенні механізмів прикладної аналітики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations General Assembly. 2015. URL: <https://files.acquia.undp.org/public/migration/ua/Agenda2030-eng.pdf> (accessed: 10.09.2025).
2. Тараріко О. Г. SWOT-аналіз і аналіз прогалін (GAP-аналіз) політик, програм, планів і законодавчих актів у галузі сільського господарства та підготовка рекомендацій щодо їх удосконалення відповідно до положень Конвенції Ріо: аналіт. звіт. Херсон: ФОП Грін Д. С., 2016.
3. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 10.09.2025).
4. Про державний контроль за використанням та охороною земель: Закон України від 19.06.2003 № 963-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text> (дата звернення: 10.09.2025).
5. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1264-12> (дата звернення: 10.09.2025).
6. Про приєднання України до Конвенції Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці: Закон України від 04.07.2002 № 61-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/61-15> (дата звернення: 10.09.2025).
7. Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелювання: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.03.2016 № 271-р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/KR160271?ed=2016_03_30 (дата звернення: 10.09.2025).
8. Ракоїд О. Стан відображення в програмних документах України та статус реалізації положень Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням: аналіт. звіт. Київ: UNDP in Ukraine, 2017. 100 с. URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/Desertification_Rakoyid_Web.pdf (дата звернення: 10.09.2025).
9. Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation (GLASOD). *ISRIC — World Soil Information*. URL: <https://isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod> (accessed: 10.09.2025).
10. Entezari Zarch A., Ahmadi H., Moeini A. M., Pazira E. Assessment of land degradation using GLASOD and IMDPA models (case study: Yazd—Ardakan plain). *Desert Management*. 2023. Vol. 10, no. 4. P. 1—20. DOI: <https://doi.org/10.22034/jdmal.2022.562179.1396>
11. Land Degradation Assessment in Dryland (LADA_Tools). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1036360> (accessed: 10.09.2025).
12. Nachtergaele F. O., Licona-Manzur C. The Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) Project: Reflections on Indicators for Land Degradation Assessment. *The Future of Drylands* / eds. C. Lee, T. Schaaf. Dordrecht: Springer, 2008. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6970-3_33
13. Land and Ecosystem Degradation and Desertification: Assessing the Fit of Responses. *European Commission*. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/243857> (accessed: 10.09.2025).
14. Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). *Group on Earth Observations (GEO)*. URL: <https://old.earthobservations.org/geoss.php> (accessed: 10.09.2025).
15. Global Monitoring for Environment and Security (GMES). *European Space Agency*. 2012. URL: https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2012/Global_Monitoring_for_Environment_and_Security_GMES (accessed: 10.09.2025).
16. Copernicus. *European Union Agency for Space Programme*. URL: <https://www.euspa.europa.eu/eu-space-programme/copernicus> (accessed: 10.09.2025).
17. Europe's eyes on Earth. *Copernicus*. URL: <https://www.copernicus.eu/en/> (accessed: 10.09.2025).
18. Бутко М. П. Інформаційно-аналітичне забезпечення діяльності органів виконавчої влади та місцевого самоврядування. *Науково-технічна інформація*. 2002. № 1. С. 3—51.
19. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: <https://zapovidnyk.org.ua/> (дата звернення: 10.09.2025).
20. Природний заповідник "Розточчя". *Природно-заповідний фонд України*. URL: <https://wownature.in.ua/rugrodnpu-zapovidnyk-roztochchia/> (дата звернення: 10.09.2025).
21. Samoty V., Lahun A., Chyshynska-Hlybovych L. Information system for ecological monitoring of the reserve territory. *Measuring Equipment and Metrology*. 2025. Vol. 86, no. 1. P. 13—21. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcm2025.01.013>
22. GIS Data Портал: геопросторові дані та інструменти для аналізу. *Центр розвитку інновацій*. URL: <https://cid.center/gisdata-portal/> (дата звернення: 10.09.2025).
23. Warbung T., Soedarso N., Carina R. Website design using design principles to increase user satisfaction. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2594, iss. 1. 060005. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0113314>

24. Іванечко Н. Р., Окрепкий Р. Б., Павелко В. І. SEO оптимізація: семантичне ядро. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2021. № 1 (87). С. 109–114. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2022-1-16>

STRUCTURE OF THE INFORMATION-ANALYTICAL WEB PLATFORM FOR MONITORING DESERTIFICATION PROCESSES "AGROKOSMOS"

Ilienko T.

Candidate of Agricultural Sciences
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: tilienko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5406-5449>

Tarariko O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: tarariko@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5132-0157>

Sherstiuk D.

Postgraduate Student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: volaf666@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-1687-5974>

Climate change intensifies land degradation processes in Ukraine, necessitating the development of specialized information systems to support effective monitoring and management of land resources. This research aims to substantiate and design the structure of a pilot information-analytical web resource "Agrokosmos" for tracking the spatial distribution of desertification and drought phenomena. The methodology employs system analysis of international land degradation monitoring platforms, logical-structural approach to web resource design, semantic analysis of key terms, and investigation of target audience needs in the field of sustainable land management. A hierarchical website structure has been developed, comprising a homepage and ten main sections: institutional and legal framework, general information, methodological and technological approaches, data, spatial distribution of processes, analytical reports, adaptation measures, knowledge base, additional information sources, and news. A semantic core has been formed around twelve thematic clusters, encompassing over one hundred key terms to enhance search-engine visibility. Ten target audience groups have been identified, including scientists, government agencies, agricultural specialists, international organizations, and the general public. The proposed architecture ensures integration of satellite data, geoinformation tools, cartographic materials, and analytical reports within a unified decision support environment. The resulting structure provides a practical foundation for a national desertification monitoring platform, will facilitate Ukraine's implementation of its obligations under the UN Convention to Combat Desertification, and will enhance drought early warning effectiveness. Future directions include populating the platform with current Earth remote sensing data and developing automated algorithms for identifying areas at risk of degradation.

Keywords: land degradation, drought phenomena, remote sensing, geographic information systems, web-site, semantic core, target audience.

REFERENCES

1. United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from <https://files.acquia.undp.org/public/migration/ua/Agenda2030-eng.pdf>
2. Tarariko, O. H. (2016). *SWOT-analysis and GAP-analysis of policies, programs, plans, and legislative acts in agriculture and preparation of recommendations for their improvement in accordance with the provisions of the Rio Conventions*. Kherson: FOP Hrin, D. S.
3. Law of Ukraine No. 962-IV "On Land Protection". (2003, June). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>
4. Law of Ukraine No. 963-IV "On State Control Over the Use and Protection of Land". (2003, June). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>
5. Law of Ukraine No. 1264-XII "On Environmental Protection". (1991, June). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/1264-12>
6. Law of Ukraine No. 61-IV "On Ukraine's Accession to the United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa". (2002, July). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/61-15>
7. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 271-r "National Action Plan to Combat Land Degradation and Desertification". (2016, March). Retrieved from https://ips.ligazakon.net/document/view/KR160271?ed=2016_03_30
8. Rakoid, O. (2017). *Reflection in Ukraine's program documents and status of implementation of the UN Convention to Combat Desertification*. Kyiv: UNDP in Ukraine. Retrieved from https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/Desertification_Rakoyid_Web.pdf

9. ISRIC — World Soil Information. (n.d.). *Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD)*. Retrieved from <https://isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>
10. Entezari Zarch, A., Ahmadi, H., Moeini, A. M., & Pazira, E. (2023). Assessment of land degradation using GLASOD and IMDPA models (case study: Yazd–Ardakan plain). *Desert Management*, 10(4), 1–20. doi: 10.22034/jdmal.2022.562179.1396
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Land Degradation Assessment in Dryland (LADA Tools)*. Retrieved from <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1036360>
12. Nachtergaele, F. O., & Licona-Manzur, C. (2008). The Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) Project: Reflections on indicators for land degradation assessment. In C. Lee & T. Schaaf (Eds.). *The Future of Drylands* (pp. 327–348). Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-1-4020-6970-3_33
13. European Commission. (n.d.). *Land and Ecosystem Degradation and Desertification: Assessing the Fit of Responses (LEDDRA)*. Retrieved from <https://cordis.europa.eu/project/id/243857>
14. Group on Earth Observations (GEO). (n.d.). *Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)*. Retrieved from <https://old.earthobservations.org/geoss.php>
15. European Space Agency. (2012). *Global Monitoring for Environment and Security (GMES)*. Retrieved from https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2012/Global_Monitoring_for_Environment_and_Security_GMES
16. European Union Agency for Space Programme. (n.d.). *Copernicus*. Retrieved from <https://www.euspa.europa.eu/eu-space-programme/copernicus>
17. Copernicus. (n.d.). *Europe's eyes on Earth*. Retrieved from <https://www.copernicus.eu/en/>
18. Butko, M. P. (2002). Information and analytical support for the activities of executive authorities and local self-government. *Scientific and Technical Information*, 1, 3–51.
19. Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve. (n.d.). Retrieved from <https://zapovidnyk.org.ua/>
20. Natural reserve fund of Ukraine. (n.d.). *Roztochchia Nature Reserve*. Retrieved from <https://wownature.in.ua/pryrodnyy-zapovidnyk-roztochchia/>
21. Samotyy, V., Lahun, A., & Chyshynska-Hlybovych, L. (2025). Information system for ecological monitoring of the reserve territory. *Measuring Equipment and Metrology*, 86(1), 13–21. doi: 10.23939/istcmtm2025.01.013
22. Center for Innovation Development. (n.d.). *GIS Data Portal*. Retrieved from <https://cid.center/gisdata-portal/>
23. Warbung, T., Soedarso, N., & Carina, R. (2023). Website design using design principles to increase user satisfaction. *AIP Conference Proceedings*, 2594, article number 060005. doi: 10.1063/5.0113314
24. Ivanechko, N. R., Okrepkyi, R. B., & Pavelko, V. I. (2021). SEO optimization: Semantic core. *Problems of Systemic Approach in Economics*, 1(87), 109–114. doi: 10.32782/2520-2200/2022-1-16

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ІЛЬЄНКО Тетяна Володимирівна — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: tilienko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5406-5449>).

ТАРАРІКО Олександр Григорович — доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: tarariko@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5132-0157>).

ШЕРСТЮК Денис Михайлович — аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: volaf666@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-1687-5974>).

УДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНИМ РОЗВИТКОМ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

О. В. Паленичак

кандидат економічних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону
(с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., Україна)

e-mail: lxpau.ua@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-0029>

Гармонізація національної системи екологічного менеджменту з європейськими стандартами слугуватиме ключовою передумовою для досягнення сталого розвитку вітчизняного аграрного виробництва. Тому дослідження ґрунтується на системному підході на основі аналізу нормативно-правових актів України й документів ЄС, міжнародних стандартів ISO 14001 та EMAS і використанні елементів ситуаційного моделювання (песимістичний, помірний та оптимістичний сценарії). Застосування сценарного підходу розглядається як інструмент адаптації управлінських рішень до різних економіко-політичних умов, що є особливо важливим у воєнному та післявоєнному контекстах. Розроблена концептуальна модель оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств відіграє особливу роль в умовах кризи та післякризового відновлення й передбачає інтеграцію економічних, екологічних, соціальних та інноваційних індикаторів. Її використання є доцільним на різних рівнях управління: державними органами влади — у процесі формування цільових програм підтримки аграрного сектору, дорадчими службами — для надання науково обґрунтованих рекомендацій, а також аграрними підприємствами — для стратегічного планування та оцінювання власної екологоорієнтованої діяльності. Впровадження та вдосконалення відповідної моделі спрямовані на підвищення конкурентоспроможності вітчизняних аграрних підприємств, забезпечення прийняття ефективних управлінських рішень, формування довіри з боку стейкхолдерів і розширення можливостей залучення “зелених” інвестицій.

Ключові слова: сценарний підхід, модель оцінювання, управління, фінансове стимулювання, моніторинг, екологізація, сталий розвиток.

ВСТУП

Сучасна світова економіка функціонує в умовах посилення екологічних імперативів і зростання потреби в раціональному використанні природно-ресурсного потенціалу. У цьому контексті особливої актуальності набуває проблема оцінювання управління екологоорієнтованим розвитком підприємств. Одним із ключових секторів у цьому процесі є агропромисловий комплекс, який визначає рівень продовольчої безпеки та загальну стійкість національної економіки. У зв'язку з цим важливим науково-практичним завданням є розроблення моделі оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств. Така модель повинна інтегрувати економічні, екологічні, соціальні та інноваційні складові, а також слугувати інструментом для прийняття стратегічних рішень, обґрунтованих як інституційно, так і науково. Її ефективна реалізація ґрунтується на комплексному аналізі ключових індикаторів діяльності підприємств, виявленні сильних і слабких сторін управлінських систем,

визначенні рівня відповідності міжнародним стандартам сталого розвитку та формуванні пріоритетних напрямів підвищення конкурентоспроможності.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Обґрунтування засад еколого-економічної взаємодії господарюючих суб'єктів із довкіллям і методології комплексного аналізу причинно-наслідкових зв'язків висвітлено в працях вітчизняних науковців [1–4]. У цих дослідженнях розкрито вплив екодеструктивного аграрного природокористування на результативність виробничої діяльності, визначено ключові детермінанти “зеленої” економіки для аграрного сектору України й запропоновано методичні підходи до інтегральної оцінки інноваційної активності економіки. Важливим теоретичним підґрунтям залишаються також зарубіжні праці, у яких аналізуються конкурентні екологічні стратегії підприємств та економіка добробуту [5; 6].

Фінансове забезпечення інноваційних процесів розглядається як ключовий чинник екологоорієнтованого розвитку. Зарубіжний досвід підтверджує: ефективно впровадження екоінновацій неможливе без дієвих фінансових механізмів [7]. Посадження багатокритеріальних і сценарних методів із фінансово-економічними інструментами формує цілісну основу для управлінських рішень, здатних враховувати як внутрішні умови функціонування підприємств, так і глобальні екологічні виклики.

Практика країн ЄС підтверджує стратегічну роль збереження еколого-економічного балансу, що вже забезпечило відчутні результати у сфері екологізації економіки. Для України, яка перебуває на шляху євроінтеграції, важливим завданням є не лише засвоєння європейського досвіду, а й його адаптація до національних умов [8]. Комплексне оцінювання сталості агроекологічних політик потребує застосування багатокритеріальних і сценарних підходів, що дасть змогу одночасно визначити економічні та екологічні наслідки управлінських рішень і прогнозувати результати реалізації різних стратегій розвитку [9; 10].

Мета роботи полягає в удосконаленні методичних засад оцінювання управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств на основі міжнародних стандартів шляхом використання формалізованих систем екологічного менеджменту та сценарного підходу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічна основа дослідження ґрунтується на системному підході, інтегрованому оцінюванні та методах багатокритеріального аналізу. Використано елементи ситуаційного моделювання (песимістичний, помірний та оптимістичний сценарії), проведено порівняльний аналіз нормативно-правових актів України, документів ЄС (CAP, European Green Deal, Farm to Fork, Biodiversity Strategy) і вимог міжнародних стандартів ISO 14001 (Environmental Management Systems) та EMAS (Eco-Management and Audit Scheme).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Необхідність формування комплексної екологічної політики на міжнародному рівні вперше була офіційно обґрунтована на Всесвітній конференції ООН з навколишнього середовища (Стокгольм, 1972). Саме цей форум започаткував перехід до глобальної парадигми сталого розвитку, що ґрунтується на інтеграції економічних та екологічних стратегій як взаємозалежних чинників суспільного прогресу.

Подальша еволюція міжнародної екологічної політики характеризувалася поступовим переходом від декларативних намірів до інституціоналізації багаторівневих правових механізмів і впровадження фінансово-економічних інструментів.

Сьогодні загальноновизнано, що найбільш комплексним і досконалим є законодавче забезпечення природоохоронної діяльності в країнах ЄС. Відповідне регулювання екологоорієнтованого розвитку аграрного сектору спирається на положення Спільної аграрної політики (Common Agricultural Policy), Європейського зеленого курсу (European Green Deal) та стратегій Farm to Fork і Biodiversity Strategy. Зазначені програмні документи визначають не лише джерела фінансування та пріоритетні напрями (скорочення викидів парникових газів, збільшення частки органічного землеробства, відновлення ґрунтів, збереження біорізноманіття, поширення циркулярних моделей використання ресурсів), а й формують нормативні стандарти, що поступово стають орієнтиром для світової екологічної політики.

В Україні правові засади охорони довкілля базуються на законах “Про охорону навколишнього природного середовища” й “Про органічне виробництво та обіг органічної продукції”, Стратегії екологічної політики України до 2030 року та низці галузевих програм розвитку сільськогосподарства. Конвергенція та гармонізація цих документів із європейськими стандартами створює не лише інституційні передумови для інтеграції вітчизняних агровиробників у європейський і світовий ринки, але й відкриває нові перспективи для диверсифікації джерел фінансового забезпечення екологічної модернізації.

Результати проведених досліджень підтверджують, що в умовах українських реалій особливого значення набуває регіональний рівень реалізації екологічної політики. Важливим напрямом є реформування системи фондів охорони навколишнього природного середовища (ФОНПС). Їх модернізація — через розширення фінансової автономії, запровадження прозорих механізмів розподілу ресурсів і чітке визначення пріоритетних екологічних програм — може стати ключовим інструментом підвищення результативності природоохоронної діяльності й забезпечення стійкого розвитку місцевих громад. Зокрема, необхідно надати їм більшу самостійність, запровадити прозорий та ефективний механізм використання коштів на цільові екологічні заходи, законодавчо встановити мінімальний рівень фінансування як на державному, так і на місцевому рівнях, визначити пріоритетні програми, підвищити ставки екологічних податків й ухвалити єди-

ний нормативно-правовий акт, що регламентує порядок фінансування природоохоронної діяльності [11]. При цьому варто враховувати, що “екологічна безпека територій формується через поєднання організаційно-економічних механізмів, які забезпечують ефективне використання природно-ресурсного потенціалу та зниження екологічних ризиків” [12]. З метою посилення фінансового стимулювання екологоорієнтованого розвитку регіонів України доцільно: збільшити обсяги інвестицій в екологічні інновації з різних джерел; активніше залучати венчурний капітал; розширити участь підприємств у проєктах, що фінансуються структурними фондами ЄС; забезпечити державну підтримку малого та середнього бізнесу у сфері “зелених” технологій; створити цільові фонди для модернізації виробництва; сприяти розвитку інноваційних кластерів [13].

Підґрунтям реалізації проєктів стало-го розвитку підприємств є систематичне фінансування, що потребує мобілізації ресурсів широкого кола стейкхолдерів, використання спеціалізованих фінансових моделей і методів інвестування [14]. У цьому контексті важливу роль відіграє державно-приватне партнерство, яке може забезпечити належні організаційно-економічні умови для впровадження формалізованих систем екологічного управління.

Нині у світовій економіці функціонує понад 50 систем екологічного менеджменту, які вважаються стандартними. Для України, в умовах євроінтеграційних процесів, стратегічно важливим є вивчення й впровадження міжнародних стандартів серії ISO 14001:2015 (Environmental Management Systems) та EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), які становлять основу законодавчого забезпечення природоохоронної діяльності агровиробників. Вони забезпечують прозорість інформаційних потоків, інтеграцію в глобальні бази даних і можливість порівняльного аналізу з європейськими практиками. У країнах ЄС для підвищення результативності природоохоронної діяльності підприємств було розроблено та впроваджено систему управління EMAS. Однак у вітчизняних аграрних підприємствах ці системи поки що мають обмежене застосування через недостатню увагу з боку державних органів, низький рівень зацікавленості управлінських структур і високі витрати на сертифікацію.

Інтенсифікація виробництва в умовах політичної та економічної нестабільності загострює проблему ефективного використання природних ресурсів. У цьому контексті запровадження багатокомпонентної моделі оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств доцільно розглядати як

ключову умову забезпечення їхньої фінансової стійкості та екологічної безпеки. Реалізація такої моделі сприяє:

- збереженню й відновленню природних ресурсів;
- зменшенню екологічних ризиків і підвищенню ресурсоефективності;
- розширенню доступу до зовнішніх ринків і фінансових інструментів (“зелених” інвестицій, грантів, програм підтримки) на основі відповідності європейським стандартам;
- формуванню позитивного іміджу;
- покращенню якості життя населення.

Зазначене узгоджується з підходом, згідно з яким концепція сталого розвитку сьогодні є пріоритетною для побудови ефективних економічних систем і визначення критеріїв результативності господарської діяльності [15]. Відтак у процесі інтеграції аграрного сектору України до європейського ринку стратегічного значення набуває поетапне впровадження концептуальної моделі оцінювання систем управління, що поєднує економічні, екологічні, соціальні та інноваційні показники. Особливу роль при цьому відіграють міжнародні стандарти. У *табл. 1* представлена порівняльна характеристика нормативно-правового забезпечення основ екологізації аграрного сектору в Україні та ЄС.

Враховуючи складність і невизначеність економічної ситуації, яка нині склалася в Україні, показники оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств доцільно аналізувати за міжнародними стандартами в трьох сценаріях: песимістичному (воєнний стан), помірному (повоєнне відновлення економіки) та оптимістичному (довгострокова перспектива).

Виділення спільних індикаторів для ISO 14001 та EMAS може стати методологічною основою оцінювання систем екологічного менеджменту вітчизняних підприємств, забезпечуючи ухвалення більш ефективних управлінських рішень з урахуванням ситуаційного підходу. У *табл. 2* відображено сценарії їх впровадження в аграрних підприємствах України. За умови песимістичного сценарію основним бар’єром є наслідки воєнного стану: фінансова нестабільність, обмеженість матеріальних ресурсів і відсутність економічних стимулів. У разі помірному сценарію передбачається поступова адаптація підприємств до відповідних стандартів через пілотні програми та часткову державну підтримку. Оптимістичний сценарій враховує, що ISO 14001 й EMAS стають базовими стандартами екологічного менеджменту.

У *табл. 1* і *2* представлені порівняння законодавчих засад, спільні показники (критерії) та сценарна матриця для найбільш поширених у

Таблиця 1

Порівняння законодавчих і стратегічних основ екологізації аграрного сектору в Україні та ЄС

Критерії (напрями)	Україна	Європейський Союз
Основні законодавчі акти	Закон “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991), Закон “Про органічне виробництво та обіг органічної продукції” (2018)	Договір про функціонування ЄС (ст. 191–193 про охорону довкілля), регламенти та директиви САП (Common Agricultural Policy)
Стратегічні документи	Стратегія екологічної політики України до 2030 року, Стратегія розвитку сільськогосподарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року	Європейський зелений курс (2019), Стратегія Farm to Fork, Стратегія біорізноманіття до 2030 року
Аграрна політика	Державна підтримка агровиробників (дотації, кредити, часткова компенсація); початкове, переважно фрагментарне врахування екологічних критеріїв	Спільна аграрна політика (САП) — прями виплати фермерам з умовою дотримання екологічних вимог (“екосхеми”)
Пріоритети екологізації	Розвиток органічного виробництва; зниження забруднення ґрунтів і вод; охорона земель від ерозії	Скорочення використання пестицидів на 50%, добрив на 20%; збільшення органічних угідь до 25%; зменшення викидів парникових газів
Система моніторингу	Держстат, Міндовкілля, сертифікаційні органи органічної продукції; система ще формується	Eurostat*, ЕЕА**, інтегровані системи моніторингу довкілля та агросектору (IACS***, LPIS****)
Фінансування	Обмежене державними програмами та міжнародними грантами (FAO, Світовий банк, ЄБРР)	Значні кошти з бюджету САП (≈ 30% бюджету ЄС спрямовується на “зелену” трансформацію агросектору)
Інноваційний компонент	Окремі програми підтримки цифровізації та інновацій (пілотні проєкти, міжнародні гранти)	“Горизонт Європа”, EIP-AGRI*****, широке фінансування досліджень та інновацій у сфері агроєкології

Джерело: сформовано автором.

Примітки: * Eurostat — Statistical Office of the European Union (Статистичне управління Європейського Союзу). ** ЕЕА — European Environment Agency (Європейське агентство з довкілля). *** IACS — Integrated Administration and Control System (Інтегрована система адміністрування та контролю; використовується в управлінні та моніторингу аграрних субсидій у рамках САП). **** LPIS — Land Parcel Identification System (Система ідентифікації земельних ділянок; частина IACS використовується для просторового моніторингу сільськогосподарських угідь). ***** EIP-AGRI — European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability (Європейське інноваційне партнерство з питань продуктивності та сталості сільського господарства).

Таблиця 2

Узагальнена сценарна матриця впровадження екологічного менеджменту в аграрних підприємствах України

Показники	Сценарії		
	Песимістичний (криза)	Помірний (відновлення)	Оптимістичний (довгостроковий)
Рівень впровадження систем екологічного менеджменту	<ul style="list-style-type: none"> ISO: окремі великі підприємства EMAS: не впроваджено 	<ul style="list-style-type: none"> ISO: поступове впровадження у МСП EMAS: пілотні проєкти 	<ul style="list-style-type: none"> ISO: масове впровадження EMAS: активна інтеграція
Системи моніторингу та контролю	Мінімальний контроль, фрагментарний облік даних	Базові системи моніторингу з елементами цифровізації	Автоматизовані системи екологічного моніторингу, інтегровані інформаційними платформами ЄС
Фінансове забезпечення екологічних заходів	Дуже обмежене фінансування; відсутність економічних стимулів	Обмежене фінансування за рахунок кредитів і міжнародних грантів	Розвинуте фінансування через програми ЄС, державну підтримку та приватні інвестиції

Показники	Сценарії		
	Песимістичний (криза)	Помірний (відновлення)	Оптимістичний (довгостроковий)
Інноваційний розвиток та цифровізація	Використання лише базових технологічних рішень	Поодинокі приклади впровадження цифрових технологій	Широке використання цифрових платформ, “зелених” інновацій і циркулярних моделей виробництва
Екологічні результати діяльності	Збереження негативного впливу на довкілля; низька якість екологічних практик	Стабілізація ситуації; часткове поширення органічних практик	Відновлення ґрунтів, зменшення викидів, збереження біорізноманіття
Соціально-економічний ефект	Скорочення робочих місць; низький рівень довіри	Поступове зростання соціальної відповідальності підприємств	Високий рівень довіри стейкхолдерів; створення нових робочих місць; підвищення іміджу підприємств

Джерело: сформовано автором.

світовій практиці формалізованих систем екологічного менеджменту. На цій основі виокремлено уніфіковані індикатори, що охоплюють п'ять ключових блоків: моніторинг (періодичність, обсяг і рівень автоматизації збору даних); фінансування (частка витрат на екологічні заходи, джерела фінансування); інноваційність (використання цифрових платформ, впровадження циркулярних моделей); екологічні результати (покращення стану ґрунтів, збереження біорізноманіття, зменшення шкідливих викидів); соціальний ефект (створення робочих місць, зростання довіри суспільства, підвищення ринкового іміджу підприємства).

Узагальнення наукових підходів свідчить, що обґрунтування методичних засад щодо розроблення і впровадження моделі оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств є важливим етапом

підвищення їхньої конкурентоспроможності та адаптації до вимог ЄС. Гармонізація національного екологічного законодавства з правовими нормами Європейського Союзу надає цій моделі стратегічного значення, оскільки вона забезпечує інтеграцію сучасних стандартів сталого розвитку в управлінську практику з урахуванням національної специфіки (рис. 1).

Концептуальна модель оцінювання представлена як багаторівнева структура, що базується на нормативно-правовому та інституційному забезпеченні. Її застосування на основі сценарного підходу забезпечує можливість ранжування аграрних підприємств за рівнем готовності до євроінтеграції та визначення пріоритетних напрямів державної підтримки (рис. 1).



Рис. 1. Концептуальна модель оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств у кризових і післякризових умовах

Джерело: розроблено автором.

Формалізація оцінювання передбачає експертний розгляд значень кожного індикатора за шкалою від 0 до 100 балів. Інтегрований індекс I розраховується як зважена сума показників:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i \times x_i,$$

де w_i — ваговий коефіцієнт i -го індикатора; x_i — його оцінка; n — кількість індикаторів.

Такий підхід дає змогу поєднувати кількісні та якісні характеристики у єдиній системі вимірювання. Для підвищення наочності результатів доцільно використовувати радарні чи стовпчикові діаграми, а також сценарну матрицю, що відображає інтегральний індекс у трьох варіантах розвитку — песимістичному, помірному та оптимістичному. Впровадження цієї моделі з урахуванням стандартів ISO 14001 та EMAS сприятиме не лише підвищенню конкурентоспроможності підприємств, але й розширенню їхніх можливостей участі в міжнародних екологічних програмах, залученню інвестицій і формуванню позитивного іміджу.

Запропонована концептуальна модель оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств відіграє особливу роль в умовах кризи та післякризового відновлення. Її застосування доцільне на різних рівнях управління: державними органами влади — під час формування цільових програм підтримки аграрного сектору, дорадчими службами — для надання науково обґрунтованих рекомендацій, аграрними підприємствами — для стратегічного планування та оцінювання

власної екологоорієнтованої діяльності. Таким чином, застосування багатокомпонентного аналізу й комплексного підходу в системі управління підприємств аграрного сектору сприятиме забезпеченню їхнього сталого розвитку.

ВИСНОВКИ

Оцінювання систем управління екологоорієнтованим розвитком аграрних підприємств доцільно здійснювати з використанням сценарного підходу, що зумовлено специфікою функціонування господарюючих суб'єктів у кризових і післякризових умовах. Запропонована концептуальна модель забезпечує інтеграцію економічних, екологічних, соціальних та інноваційних індикаторів, що створює підґрунтя для комплексного оцінювання спроможності підприємств до впровадження міжнародних стандартів екологічного менеджменту ISO 14001 та EMAS. Практична реалізація моделі відкриває можливості для класифікації підприємств за рівнем екологізації, науково обґрунтованого визначення пріоритетних напрямів державної підтримки та оптимізації управлінських рішень з урахуванням актуальних політико-економічних умов, зокрема в період дії воєнного стану. Таким чином, розроблений підхід може бути використаний як інструмент стратегічного планування для органів державної влади, дорадчих служб та аграрних підприємств, сприяючи підвищенню їхньої конкурентоспроможності, стійкості розвитку та розширенню можливостей доступу до “зелених” інвестицій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дребот О. І., Дем'янюк О. С. Ключові детермінанти зеленої економіки для розвитку вітчизняного аграрного сектору. *Інвестиції: практика та досвід*. 2025. № 2. С. 70–75. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2025.2.70>
2. Добряк Д. С., Дребот Д. І., Мельник П. П., Сахарницька П. І. Стан і перспектива розвитку еколого-економічної інтегрованості землекористування в агросфері. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 3. С. 6–23. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212596>
3. Мішенін Є. В., Ярова І. Є. Оцінка екодеструктивного аграрного природокористування та економіко-правова відповідальність у системі земельних відносин: методологічний аспект. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 14–21. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314825>
4. Шкуратов О. І., Чудовська В. А. Методика інтегральної оцінки рівня інноваційної активності економіки. *Відкрита наука та інновації*. 2024. Вип. 1, № 1. С. 62–72. DOI: <https://doi.org/10.62405/osi.2024.01.05>
5. Orsato R. Competitive environmental strategies: when does it pay to be green? *California Management Review*. 2006. Vol. 48, no. 2. P. 127–143.
6. Pigou A. C. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan, 1920.
7. Pereira Sánchez Á., Vence Deza X. Environmental policy instruments and eco-innovation: an overview of recent studies. *Innovar*. 2015. Vol. 25, no. 58. P. 65–80. DOI: <https://doi.org/10.15446/innovar.v25n58.52426>
8. Поліщук В. М., Мудрак Д. О., Мудрак О. В. Системний аналіз якості навколишнього середовища Європи через призму еколого-економічних індикаторів. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 2. С. 42–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2024.309921>
9. Rockström J., Gupta J., Qin D. et al. Safe and just Earth system boundaries. *Nature*. 2023. Vol. 619, no. 7968. P. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
10. Охота Ю., Чіков І., Білокінна І. Концептуальна полікомпонентна модель інноваційного механізму підвищення конкурентоспроможності підприємств агропромислового комплексу. *Балтійський журнал економічних досліджень*. 2024. Вип. 10, № 2. С. 196–210. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-196-210>

11. Матвійчук Н., Коленда Н., Стащук О. та ін. Правове забезпечення бюджетного фінансування природоохоронної діяльності в Україні. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2021. Вип. 3, № 38. С. 465–473. DOI: <https://doi.org/10.18371/fcaptr.v3i38.237479>
12. Шкуратов О. І., Чудовська В. А. Концептуальні засади організаційно-економічного забезпечення екологічної безпеки територій. *Економіка та держава*. 2022. № 6. С. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.6.4>
13. Скороход І., Горбач Л. Інноваційно-інвестиційне забезпечення регіонального екобезпечного розвитку. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2021. Вип. 3, № 38. С. 456–464. DOI: <https://doi.org/10.18371/fcaptr.v3i38.237478>
14. Солодовнік О. Фінансове забезпечення сталого розвитку підприємств. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 49. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-49-17>
15. Рибачук В. П. Теоретико-методологічні оцінки формування інноваційної моделі аграрного сектора на засадах сталого розвитку. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 3 (111). С. 20–28. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3\(111\)-3](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)-3)

IMPROVING THE ASSESSMENT OF ECO-ORIENTED DEVELOPMENT MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Palenyachak O.

Candidate of Economic Sciences

Institute of Agriculture of Carpathian Region (Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, Ukraine)
e-mail: lxan.ua@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-0029>

The harmonization of the national environmental management system with European standards will serve as a key prerequisite for achieving sustainable development of domestic agricultural production. Therefore, the study is based on a systemic approach that includes the analysis of Ukrainian regulatory and legal acts and EU documents, international standards ISO 14001 and EMAS, as well as the application of situational modeling elements (pessimistic, moderate, and optimistic scenarios). The use of the scenario approach is considered as a tool for adapting management decisions to different economic and political conditions, which is particularly important in wartime and post-war contexts. The developed conceptual model for assessing the management systems of eco-oriented development of agricultural enterprises plays a special role in times of crisis and post-crisis recovery and envisages the integration of economic, environmental, social, and innovation indicators. Its application is appropriate at various levels of management: by state authorities — in the process of forming targeted programs for supporting the agricultural sector, by advisory services — in providing scientifically grounded recommendations, by agricultural enterprises — for strategic planning and assessing their own eco-oriented activities. The implementation and improvement of the proposed model are aimed at enhancing the competitiveness of domestic agricultural enterprises, ensuring effective decision-making, building trust among stakeholders, and expanding opportunities for attracting green investments.

Keywords: scenario-based approach, evaluation model, management, financial incentives, monitoring, greening, sustainable development.

REFERENCES

1. Drebot, O. I., & Demianiuk, O. S. (2025). Key determinants of the green economy for the development of the domestic agricultural sector. *Investytsii: Praktyka ta Dosvid*, 2, 70–75. doi: 10.32702/2306-6814.2025.2.70
2. Dobriak, D. S., Drebot, D. I., Melnyk, P. P., & Sakharnytska, P. I. (2020). State and prospects of development of ecological and economic integration of land use in the agricultural sector. *Balanced Nature Using*, 3, 6–23. doi: 10.33730/2310-4678.3.2020.212596
3. Mishenin, Ye. V., & Yarova, I. Ye. (2024). Assessment of eco-destructive agricultural nature management and economic and legal responsibility in the system of land relations: Methodological aspect. *Balanced Nature Using*, 3, 14–21. doi: 10.33730/2310-4678.3.2024.314825
4. Shkuratov, O. I., & Chudovska, V. A. (2024). Methodology for integrated assessment of the level of innovative activity of the economy. *Open Science and Innovation*, 1(1), 62–72. doi: 10.62405/osi.2024.01.05
5. Orsato, R. (2006). Competitive environmental strategies: When does it pay to be green? *California Management Review*, 48(2), 127–143.
6. Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan.
7. Pereira Sánchez, Á., & Vence Deza, X. (2015). Environmental policy instruments and eco-innovation: An overview of recent studies. *Innovar*, 25(58), 65–80. doi: 10.15446/innovar.v25n58.52426
8. Polishchuk, V. M., Mudrak, D. O., & Mudrak, O. V. (2024). System analysis of environmental quality in Europe through the prism of ecological and economic indicators. *Balanced Nature Using*, 2, 42–55. doi: 10.33730/2310-4678.2.2024.309921
9. Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., & Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619(7968), 102–111. doi: 10.1038/s41586-023-06083-8
10. Okhota, Yu., Chikov, I., & Bilokinna, I. (2024). Conceptual polycomponent model of the innovative mechanism

- for increasing the competitiveness of agro-industrial complex enterprises. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10(2), 196–210. doi: 10.30525/2256-0742/2024-10-2-196-210
11. Matviichuk, N., Kolenda, N., Stashchuk, O., Tesliuk, S., & Sydoruk, S. (2021). Legal support of budget financing of environmental protection activities in Ukraine. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 3(38), 465–473. doi: 10.18371/fcaptp.v3i38.237479
 12. Shkuratov, O. I., & Chudovska, V. A. (2022). Conceptual principles of organizational and economic support for environmental safety of territories. *Ekonomika ta Derzhava*, 6, 4–9. doi: 10.32702/2306-6806.2022.6.4
 13. Skorokhod, I., & Horbach, L. (2021). Innovation and investment support of regional environmentally safe development. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 3(38), 456–464. doi: 10.18371/fcaptp.v3i38.237478
 14. Solodovnik, O. (2023). Financial support for sustainable development of enterprises. *Economy and Society*, 49. doi: 10.32782/2524-0072/2023-49-17
 15. Rybachuk, V. P. (2021). Theoretical and methodological assessments of the formation of an innovative model of the agricultural sector based on sustainable development principles. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 3(111), 20–28. doi: 10.31521/2313-092X/2021-3(111)-3

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ПАЛЕНИЧАК Олександра Василівна — кандидат економічних наук, провідний науковий співробітник сектору економіки, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., Україна, 81115; e-mail: lxan.ua@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-0029>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

Великі земельні угоди під компенсацію викидів вуглецю — можливі чи загрози? Міжнародна ініціатива Land Matrix опублікувала звіт про великомасштабне захоплення землі для вуглецевих проєктів, які “компенсують” викиди парникових газів. Аналіз 217 угод охопив близько 9 млн гектарів, порівнянних за площею з Австрією, переважно в Латинській Америці та Африці, зокрема в Бразилії та Республіці Конго. Звіт підкреслює ризики для прав місцевих громад, переміщення корінних народів, обмежені додаткові вигоди та недостатню прозорість угод, а також ставить під сумнів користь таких проєктів для сталого розвитку. Для зменшення соціальної та екологічної несправедливості рекомендують юридичне визнання прав громад, узгодження з глобальними механізмами (VGGT) та підвищення прозорості земельних угод. Хоча звіт не фокусується на Східній Європі та Україні, його висновки актуальні і для нас: через глобальний попит на вуглецеві кредити подібні проєкти можуть з’явитися і в Україні, не зважаючи на фінансову привабливість, і нести значні ризики.

ДО ПИТАНЬ МЕТОДОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В УКРАЇНІ

В. М. Магас

кандидат економічних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону
(с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., Україна)

e-mail: v_magas@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3279-244X>

Забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги в Україні є конституційним обов'язком держави. Тому сформована парадигма розгляду проблем охорони природи в Україні зорієнтована на розширення сфери застосування методів державного регулювання. Методологічною основою сучасного підходу до формування екологічної політики є колективістська система цінностей і гносеологічна впевненість у можливості забезпечення її результативності та ефективності. У статті показано, що в основі так званих “провалів” держави лежить саме гносеологічний чинник: державний апарат за своєю суттю неспроможний оволодіти тим обсягом актуальної інформації, який необхідний для прийняття довгострокових правильних рішень. Метою статті є розгляд недержавних механізмів вирішення проблем раціонального використання природних ресурсів та охорони природи. На противагу сучасному підходу розглядаються можливі шляхи вирішення зазначених проблем через розкриття потенціалу ринку. Зокрема, зменшення негативних зовнішніх економічних ефектів та інформаційної асиметрії в умовах вільного ринку досягається завдяки вдосконаленню інституту приватної власності та розкриттю можливостей конкурентного ціноутворення. Свобода виявлення приватної ініціативи сприяє реалізації приватних природоохоронних проектів. Конкуренція є тим зовнішнім чинником, який змушує власника природних ресурсів до їх ефективного використання. Зацікавленість власника природних ресурсів у зростанні їхньої вартості сприяє їх збереженню та раціональному використанню. Нинішнє загострення проблеми збереження природної родючості ґрунтів в Україні розглядається як закономірний результат ведення сільського господарства переважно на орендованих землях. У статті також актуалізується проблема зростання екологічних ризиків унаслідок тенденції до концентрації землевладіння та землекористування в Україні. Наголошується, що під час пошуку шляхів вирішення проблем охорони навколишнього середовища необхідно насамперед розглядати всі альтернативні варіанти з опорою на ринковий механізм або з можливістю передачі їх вирішення на регіональний рівень чи рівень місцевих громад.

Ключові слова: економіка природокористування, державне регулювання, зовнішні ефекти, інформаційна асиметрія, вільний ринок, інститут приватної власності, диференційоване ціноутворення, децентралізація, конкурентний порядок.

ВСТУП

Збереження природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки — важливі умови стабільного розвитку України. Згідно зі статтею 16 Конституції України, забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи — катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави.

Стаття 1 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” визначає конкретні завдання держави щодо охорони навколишнього середовища, зокрема:

- регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів;

- забезпечення екологічної безпеки;
- запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище у сфері зміни клімату;
- збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

На жаль, в умовах російсько-української війни, яка для українців має екзистенційний характер, парадигма, яка покладає на державу основні природоохоронні функції, носить деструктивний характер. Адже зараз відбувається випробування української держави на предмет її спроможності виконувати головну функцію будь-якої держави — забезпечення

зовнішньої безпеки. Коли ворог володіє ресурсною перевагою, це значною мірою залежить від її здатності сконцентрувати максимальну кількість потрібних ресурсів, забезпечити максимально можливе ефективне їх використання та мінімізувати усі види непродуктивних витрат задля оборони. В умовах екзистенційної війни до непродуктивних витрат належать усі без винятку бюджетні витрати, якщо вони безпосередньо не служать досягненню головної мети — перемоги.

Таким прикладом деструктивної діяльності є прийняття за ініціативою Уряду Закону України “Про основні засади державної кліматичної політики” № 3991-ІХ від 8 жовтня 2024 року. До того ж це безпосередньо шкодить обороноздатності України. Адже виконання Урядом в умовах війни міжнародних зобов'язань мирного часу передбачає накладання обмежень щодо вибору ресурсів, засобів і методів здійснення господарської діяльності, призводить до зростання витрат суб'єктів господарювання, витрат на утримання державного апарату, покликаного забезпечувати досягнення поставлених цілей тощо, що відтягує ресурси від цілей оборони¹.

Питання, чи може вважатися пріоритетним природоохоронний напрям (особливо щодо зміни клімату) в діяльності уряду воюючої країни, в умовах, коли не просто страждає флора і фауна, а гинуть, стають каліками сотні тисяч людей, знищується майно, створене працею багатьох поколінь, має виключно риторичний характер.

Мета дослідження — розглянути й теоретично обґрунтувати можливі недержавні механізми запобігання та вирішення проблем раціонального використання природних ресурсів і збереження навколишнього середовища.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні економічні дослідження переважно присвячені розгляду різних аспектів формування та реалізації державної екологічної політики. Зокрема, розглядаються питання

¹ Прийняття цього закону пов'язане з необхідністю виконання взятих зобов'язань у межах Паризької угоди. Потрібно зауважити, що новообраний президент Дональд Трамп у перший же день перебування на посаді видав указ про вихід США із Паризької угоди. Натомість державним чиновникам було вказано «надавати пріоритет економічній ефективності, сприянню американському процвітанню, споживчому вибору та фіскальним обмеженням у всіх зовнішніх відносинах, що стосуються енергетичної політики». Тобто таким чином, по суті, було визнано, що, на відміну від України, для найпотужнішої у світі економіки виконання умов Паризької угоди не вигідне, суперечить завданням «економічної ефективності», не сприяє «процвітанню» та «споживчому вибору» самих американців! [10].

формування ефективної моделі глобального управління екологічною політикою [1–3], проблеми інституційного забезпечення державного регулювання у сфері екології [4], особливості формування державної екологічної політики України в умовах євроінтеграції [5], теоретичні та практичні аспекти формування та реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні [6], практичні аспекти впровадження стандартів екологічної політики [7], особливості формування еколого-економічного механізму управління в аграрній сфері [8], агроекологічні аспекти інституціонального забезпечення звершення земельної реформи [9] та інші.

Аналіз літературних джерел дає змогу стверджувати про наявність певної сформованої парадигми, тобто загальноприйнятої моделі постановки та вирішення проблем, у сфері природоохоронних досліджень. Вона передбачає насамперед виявлення та констатацію екологічних небезпек і загроз, зумовлених господарською діяльністю людини. Друге — визначення, оцінка та визнання неприпустимим рівня екологічних ризиків. Третє — обґрунтування необхідності державного фінансування природоохоронних заходів та/чи регулювання господарсько-економічної діяльності з метою запобігання та/чи зменшення рівня екологічних небезпек і загроз.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретико-методологічною основою дослідження є загальнотеоретичні методи наукового пізнання, фундаментальні положення інституціональної економічної теорії та Австрійської економічної школи, наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених із питань природокористування. У дослідженні використовуються монографічний, абстрактно-логічний, статистичний і праксеологічний методи дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В основі функціонування ринкової економіки лежить принцип свободи ведення підприємницької діяльності. Сама підприємницька діяльність здійснюється в умовах конкуренції, підпорядковується попиту, обмежується законами та загальноприйнятими нормами поведінки (нормами моралі, традиціями тощо). Будь-які спроби втручання в роботу ринку супроводжуються додатковими обмеженнями свободи діяльності та/чи накладають додаткові зобов'язання на підприємців. Загалом це призводить до зростання витрат, що тягне за собою зниження стимулу до здійснення підприємницької діяльності. Таким чином, це не дає

змоги максимально реалізувати економічний потенціал суспільства за певного рівня розвитку продуктивних сил.

У всіх випадках необхідність державного втручання обґрунтовується наявністю актуальних проблем, які, на чийсь думку, підлягають обов'язковому вирішенню. Закономірним наслідком такого підходу є зниження ефективності функціонування ринку, зростання державних витратків і розростання державного апарату.

Проте факт наявності якої-небудь проблеми ще не означає, що вона піддається вирішенню загалом, і що серед багатьох інших саме ця проблема підлягає вирішенню, і тим більше необхідно вирішувати її негайно та/чи за будь-яку ціну. У підручниках з економічної теорії нараховують десять так званих “невдач”, “провалів” та обмеженостей ринку, які можуть бути підставою для втручання уряду в роботу ринку. Із них основними є чотири — монополії, потреба в суспільних благах, наявність негативних зовнішніх ефектів (екстерналій) та інформаційної асиметрії. Останні дві з них найкраще підходять для обґрунтування участі держави у вирішенні проблем охорони навколишнього середовища. Виникає питання: чи могли б і яким чином проблеми охорони природи вирішуватися в умовах вільного ринку?

■ **Охорона природи в умовах вільного ринку.** В умовах вільного ринку зменшення негативного впливу на навколишнє середовище може відбуватися завдяки інституту приватної власності, механізму ціноутворення та прояву приватної ініціативи.

I. Кожен, хто володіє власністю, за визначенням, є зацікавленим в отриманні від неї доходу та/чи в підвищенні її вартості. Наприклад, власник земельної ділянки може бути зацікавленим у збереженні лісу, річки чи озера, які на ній розташовані, для отримання додаткової вигоди від її використання чи збільшення її вартості в майбутньому. Так само власник сільськогосподарських угідь не буде зацікавленим у надмірному застосуванні мінеральних добрив чи засобів захисту рослин, якщо приріст доходу від продажу додатково вирощеної таким чином продукції не перекриватиме пов'язані із цим витрати та можливе зниження вартості землі через фактор екологічного забруднення.

Якщо приватна власність зумовлює зацікавленість у її збереженні та раціональному використанні, то конкуренція спонукає власника до її ефективного використання, яке забезпечує мінімально допустимий рівень рентабельності. Це змушує власника землі визначати оптимальну сівозміну, вибирати відповідні сорти та технології вирощування сільськогосподарських

культур, організувати належним чином зберігання, збут тощо.

Приватний контроль над природними ресурсами в окремих випадках зумовлює формування природних монополій, що може призводити до становлення монопольних цін. Споживачів таких ресурсів це спонукає до ще економнішого та раціональнішого їх використання і, таким чином, сприяє вирішенню проблеми збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Крім того, можлива скупка природних ресурсів не для поточного споживання, а з метою їх використання в майбутньому та отримання прибутку від підвищення цін. Наприклад, низькі ціни на сільськогосподарські угіддя в Україні можуть бути вигідними для їх скупки без наміру подальшого використання за цільовим призначенням. За відсутності державного втручання через 50–100 років у майбутньому такі ресурси не лише збережуть природну родючість, але й, можливо, перетворяться на територію, покриті лісом або незайманим степом, і, отже, краще послужитимуть майбутнім поколінням.

В умовах свободи відносини між двома сторонами обміну будуються за принципом взаємної вигоди. За певних обставин їхня господарська діяльність може завдавати шкоди власності третіх осіб. Наприклад, фермер, який вирощує зерно та обробляє посіви хімічними засобами, може шкодити фермерові, який займається бджільництвом. В умовах вільного ринку ця проблема може вирішуватися виключно на комерційній основі: кожен може пропонувати іншій стороні за певну оплату відмовитися від ведення своєї діяльності, або ж сторона, яка зазнає негативних зовнішніх ефектів, вимагає відшкодування завданих збитків.

Лавреат Нобелівської премії Рональд Коуз на прикладі конфлікту інтересів власника фабрики, яка забруднює повітря, та незадоволених цим навколишніх фермерів, показав, що якщо права власності чітко окреслені, а трансакційні витрати достатньо невисокі, то зацікавлені сторони здатні самостійно досягти прийнятного варіанту вирішення проблеми. Власник, який здатний здобути з володіння своєю власністю більшу вигоду, може викупити право власності чи окремі права щодо використання власності в іншій стороні, якщо для останньої сторони її права мають меншу цінність [11]. Таким чином, чітке визначення прав власності на природні ресурси сприяє їх збереженню, раціональному та ефективному використанню.

II. З іншого боку, кожен продавець прагне продати свій товар за найвищою ціною. Оскільки ринки чистої конкуренції, на яких ні продавець, ні покупець не можуть впливати на

ціну, на практиці зустрічаються рідко, кожен підприємець прагне виділити свій товар серед подібних на ринку. Це може відбуватися шляхом звернення уваги покупця на окремі особливості товару — якість, дизайн, функціональність, сервісне обслуговування тощо.

Ціна, яка враховує ці особливі характеристики товару серед подібних на ринку, називається преміальною ціною або ціною, що базується на диференціації продукту. Преміальна ціна, яка встановлюється вище середнього рівня на ринку, не тільки повинна перекривати порівняно вищі витрати на його виробництво, але й нерідко сама по собі служить для підкреслення вищої якості, унікальних властивостей чи додаткових переваг товару. При цьому компанії, які визначилися зі стратегією задоволення попиту на продукцію з особливими характеристиками, починають підлаштовувати під поставлені цілі весь комплекс маркетингу, де ціна є лише однією з його складових. Крім самого продукту, для успіху також є важливими формування бренду, проведення відповідної рекламної кампанії, розбудова збутової мережі тощо.

Зрозуміло, що, порівняно з покупцями, кожен із продавців на ринку є краще поінформованим про особливості товару своїх конкурентів. Якщо інформація про особливі переваги товару не відповідає дійсності, це відразу викривлює конкурентів, а той, хто з метою додаткового заробітку поширював свідомо неправдиву інформацію, зазнає збитків. І не лише репутаційних: покупець, який придбав товар за преміальною ціною, може скористатися правом на його повернення або ж вимагати компенсації, зокрема й за завдану моральну шкоду. Таким чином, контроль достовірності інформації забезпечується самими конкурентами без участі будь-якого спеціально створеного державного органу. Згодом на ринку залишаються ті продавці преміального товару, які дійсно забезпечують правдивість інформації про його особливі характеристики. Їхні торгові марки та товарні знаки стають впізнаваними й зростають у ціні, а їхні зусилля винагороджуються зростанням доходів від продажу продукції.

Сказане однаковою мірою стосується й екологічно чистої продукції. Адже в умовах сучасного світу завдяки колективним зусиллям представників науки, громадських рухів, політичних партій і ЗМІ зростає значення екологічних показників якості продукції та прихильність до тих виробників, які у своїй діяльності прагнуть мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Покупці, для яких ці особливості мають значення, починають виділяти таку продукцію та виробників серед інших подібних на ринку, а це зумовлює зростання

попиту на них. У підсумку інтерес і прихильність покупців дають змогу таким виробникам отримувати вищі доходи за рахунок збільшення ціни та/чи зростання обсягів продажів.

На продовольчому ринку для підкреслення екологічних показників якості продукції широко використовуються такі поняття, як “органічна”, “екологічна”, “біо-” продукція тощо. У межах концепції екологічного маркетингу важливим засобом підтвердження наявності в продукції чи діяльності підприємства відмінних екологічних характеристик, що є стрижнем товарної політики та декларуються в комунікаціях, є сертифікація. Основна роль сертифікації у формуванні попиту та просуванні проекологічної продукції полягає в поширенні інформації про певні характеристики продукції чи діяльності підприємства та підтвердженні достовірності такої інформації. Дієвість сертифікації як інструменту екологічного маркетингу полягає в наданні споживачам певних гарантій, що всі стадії виробництва на підприємстві та складові його продукції відповідають певним екологічним стандартам і вимогам [12, с. 193].

Для зменшення трансакційних витрат виробники екологічної продукції можуть кооперуватися, створюючи організації та спільні робочі групи, які здійснювали б контроль та підтвердження показників якості, формували відповідні стандарти, проводили сертифікацію, екомаркування тощо.

Така скоординована маркетингова політика дає змогу також і споживачам із меншими трансакційними витратами вибирати продукти, вироблені з урахуванням екологічних вимог. Це формує додатковий попит, сприяє зростанню цін і стимулює інші компанії переходити на відповідні методи виробництва.

Водночас в умовах вільного ринку можуть виникати (і виникають) незалежні структури, які пропонують свої стандарти якості. За плату вони можуть надавати право ставити оформлені ними візуальні позначення якості як підтвердження відповідності їхнім стандартам. Таким чином, в умовах конкуренції, без якого-небудь централізованого органу, формуються стандарти та вимоги до якості, що відповідають різним сегментам ринку.

У разі, коли ці процеси держава намагається контролювати, наприклад, вводячи обов'язковість сертифікатів, які мали б підтверджувати відповідність продукції встановленим вимогам, не тільки з'являються надлишкові витрати, пов'язані із завідомо неефективним функціонуванням відповідного державного бюрократичного механізму, але й згодом встановлені вимоги використовуються для обмеження виходу на ринок із такою продукцією. Не ви-

падково, що, згідно з пунктом 5 статті 34 Закону України “Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції”, не лише заборонено маркування державним логотипом для органічної сільськогосподарської продукції, яка не визнана такою у встановленому законом порядку, але й взагалі забороняється використання під час маркування продукції будь-яких позначень і написів “органічний”, “біодинамічний”, “біологічний”, “екологічний”, “органік” та/або будь-яких однокореневих та/або похідних слів від цих слів із префіксами “біо-”, “еко-” тощо будь-якими мовами. Така політика більше відповідає інтересам вузького кола виробників і покупців органічної продукції, які мають політичні впливи та зловживають використанням державних інструментів контролю екологічності продукції, ніж сприяє зростанню ринку органічної продукції на основі реалізації приватного інтересу та конкуренції.

III. Поряд з інститутом приватної власності та механізмом ціноутворення важливу роль в охороні навколишнього середовища в умовах вільного ринку відіграє приватна ініціатива. Історія показує численні приклади того, коли приватні особи добровільно брали й беруть на себе зобов’язання щодо охорони довкілля. Наведемо кілька з них.

У 1886 році відомий галицький меценат, багатий землевласник і великий шанувальник природи, граф Володимир Дідушицький став першою в Україні людиною, яка створила заповідник у сучасному розумінні цього слова, назвавши новостворений природний резерват “Пам’ятка Пеняцька”. Для цього на своїх землях, неподалік власного помістя в селі Пеняки Брідського повіту Тернопільського воєводства (тепер — Бродівський район Львівської області), він виділив 22,4 га 200-річного букового лісу та оголосив їх заповідними. До речі, заповідний природний об’єкт граф Дідушицький створив не для мисливських забав (як тоді практикувалося) чи якихось інших утилітарних цілей, і навіть не з релігійних мотивів. Створення резервату “Пам’ятка Пеняцька” було заплановане з метою збереження букового пралісу, так би мовити, “на всі часи” — для наукових досліджень корінних та рідкісних видів флори і фауни, зокрема для охорони місця гніздування рідкісного виду птаха — орлана білохвостого [13].

Знамениту “Асканію-Нову”, найстаріший степовий заповідник у світі та найбільший степовий заповідник у Європі, заснував німецький колоніст Фрідріх Фальц-Фейн у 1898 році. Саму назву місцевості “Асканія-Нова” у 1841 році дав один із її попередніх власників — герцог Фрідріх Фердинанд Ангальт-Кетен-Плесьський

на честь власного маєтку Асканія в Німеччині [14].

Більш сучасний приклад — англієць Брендон Грімшоу, який у 1973 році придбав острів Муайєн на Сейшелах за 13 тисяч доларів і решту свого життя присвятив відновленню його екосистеми. Один із саудівських принців запропонував йому за острів 50 мільйонів доларів, але він відмовився. У 2008 році острів Муайєн отримав офіційний статус національного парку [15].

Відомий також приклад фотографа з Бразилії Себастьяна Сальгаду, який разом із своєю дружиною Лелією Ванік вирішив відновити ліс на старій фермі сім’ї. У 1998 році пара Сальгаду залучила інвестиції, найняла працівників та утворила Інститут Землі (The Instituto Terra). За весь цей час спільними зусиллями вони не тільки відновили екосистему на 600 га сімейної ферми, але й у своїх розсадниках разом виростили понад 4 млн саджанців різних видів, характерних для Атлантичного лісу Бразилії [16].

Наш співвітчизник Анатолій Куновський біля Львова працює над реалізацією ідеї найбільшого парку сакур у світі: “Це почалось з думки про 300 сакур, яка потім переросла у 3 тисячі, потім у 30 тисяч, і зрештою я дійшов до думки, що можна висадити найбільший парк із сакур. Утім я зіштовхнувся із тим, що самотужки зможу виростити близько 3 тисяч сакур. Однак, якщо знайдуться однодумці, які зголосяться висадити хоча б по одному деревцю, і таких людей збереться близько пів мільйона, то ми зможемо не просто висадити шалену кількість сакур, але й власними руками створити одне із найгарніших міст у світі, яке з часом приносить і туристів, і викликатиме у місцевих мешканців естетичне задоволення” [17].

Потрібно зауважити, що, на відміну від природоохоронних ініціатив державних чиновників, які отримують за свою роботу заробітну плату і згодні все це робити за рахунок платників податків, приватна ініціатива реалізується на власний страх і ризик, за власний кошт та із залученням у добровільному порядку фінансових та інших ресурсів.

■ **“Фіаско” або “провали” держави.** Крім “провалів ринку”, економічна теорія розглядає також так звані “провали” чи “фіаско” держави. Серед проблемних питань державної природоохоронної діяльності в Україні найчастіше називають недосконалість природоохоронного законодавства, неефективність системи управління державною природоохоронною діяльністю, недостатнє фінансування тощо.

Зрозуміло, що вирішення зазначених проблем вбачається, відповідно, на шляху удос-

коналення законодавства, збільшення фінансування, підвищення ефективності управління, посилення контролю, забезпечення прозорості дій органів влади, боротьби з корупцією тощо. Тобто в межах чинної парадигми визнаються недоліки державної природоохоронної діяльності, проте немає жодних сумнівів у тому, що їх можна подолати.

Такий підхід до розв'язання проблем охорони природи, напевно, чи не найбільше, порівняно із іншими сферами діяльності держави, веде до розростання державних функцій, прав і повноважень, унаслідок чого система державного управління неминує набувати рис колишньої адміністративно-командної системи. Не випадково, що в Законі України “Про стратегічну екологічну експертизу” введено поняття “документ державного планування”. Реалізація пресловутих 17 Цілей сталого розвитку ООН, викладених щодо України у відповідній Національній доповіді [18], практично неможлива без повного державного контролю за усіма сферами життя суспільства — від використання природних ресурсів і аж до відносин у сім'ях.

Сама ідея сталого розвитку — це спроба знайти “золоту середину” між темпами економічного зростання та завданнями охорони навколишнього середовища. Ті, хто актуалізують екологічну проблематику, вимагаючи підпорядкування діяльності людини своєму вузькому розумінню проблем і шляхів їх вирішення (насправді — обмеження її свободи), вивисуються над іншими і перетворюються на свого роду новітніх жреців. Промовистим прикладом є претензійний стосовно старших поколінь виступ неповнолітньої Грети Тунберг на Саміті ООН з питань клімату (вересень 2019 року) із широко цитованим у світових ЗМІ повторюваним нею звинувачувальним запитанням: “Як ви смієте?!” (“How dare you?!”) [19]. У дівчини діагностовано синдром Аспергера, obsесивно-компульсивний розлад, синдром порушення активності та уваги і селективний мутизм [20], проте це аж ніяк не заважає різноманітним угрупованням цинічно використовувати її у своїх корисливих цілях.

Спільним для соціалізму та будь-яких форм дирижизму, до яких належать й екологічні рухи, є опора на колективістську систему цінностей, тобто визнання за собою права та/чи обов'язку виступати і діяти від імені суспільства, а також єдина гносеологічна позиція, тобто віра і переконання, що *цілі та шляхи їх досягнення піддаються повному пізнанню*, а отже, їхні дії будуть результативними та ефективними.

В основі самоорганізуючих процесів ринкового типу лежать індивідуальний інтерес як основна рушійна та конкуренція як коор-

динуюча сила. Конкуренція є тим зовнішнім чинником, який спонукає кожного індивідуума до максимального виявлення знань, навичок і вмій щодо напрямів та способів застосування наявних у його розпорядженні факторів виробництва або залучення їх з інших джерел. Саме в цьому виявляється її особлива роль. Як зазначає лавреат Нобелівської премії Фрідріх фон Гаек: “Якби кому-небудь дійсно було відомо все, що економічна теорія називає даними, то конкуренція й справді була б надто марнотратним методом пристосування до цих даних... Кожного разу, коли звернення до конкуренції може бути раціонально виправданим, основою для цього виявляється те, що ми не знаємо заздалегідь фактів, що визначають дії конкурентів... Я пропоную розглядати конкуренцію як процедуру для відкриття таких фактів, які без звернення до неї залишалися би нікому не відомими, або в крайньому разі не використовуваними” [21].

Тобто наслідком дії конкуренції як “процедури відкриття” є те, що в ринковому процесі задіяно більшу кількість інформації, ніж це було б можливим за умов планової системи. Таким чином, в основі провалів держави лежить насамперед гносеологічний чинник: державний апарат не просто не вмотивований, а загалом неспроможний оволодіти тим обсягом повної та актуальної інформації, який необхідний для прийняття довгострокових правильних рішень.

■ **Екологічні проблеми сільського господарства в Україні.** У Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році констатується, що “більшість землекористувачів не проводить жодних заходів, спрямованих на збереження ґрунтів та підвищення їхньої родючості. Натомість посилюють хімізацію сільського господарства (використання міндобрив, отрутохімкатів, пестицидів), яка не тільки погіршила екологічні властивості ґрунту через нагромадження значної кількості шкідливих хімічних речовин, а й сприяла скороченню біорізноманіття наземних та водних екосистем” [22, с. 277–278].

На існуванні проблеми наголошує О. Ковалів: “Майже всі дослідники, без винятку, також констатують значне погіршення якісних та кількісних показників природного стану всіх земель та їх продуктивної здатності (за винятком окремих господарств на незначній площі), вказуючи на видимі різноманітні господарсько-організаційні недосконалості, порушення правил і вимог з охорони й відтворення природної родючості ґрунтів, безконтрольність та на інші обґрунтовані причини” [9, с. 150].

Ці негативні тенденції зумовили прийняття Закону України “Про внесення змін до деяких

законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів” від 4 червня 2009 року № 1443-VI. Ним була встановлена адміністративна відповідальність за відхилення від розроблених і затверджених в установленому порядку проєктів землеустрою, які мали б забезпечувати еколого-економічне обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь і передбачати заходи з охорони земель. Пізніше, на підставі Закону № 191-VIII від 12.02.2015, норма про ведення товарного сільськогосподарського виробництва, відповідно до розроблених і затверджених у встановленому порядку проєктів землеустрою, була виключена. Ще пізніше Законом № 1423-IX від 28.04.2021 було скасоване покарання у вигляді штрафу за ведення товарного сільськогосподарського виробництва без затверджених проєктів землеустрою.

Зрозуміло, що ефективність законів такого типу не може бути високою. Адже вони мають на меті покладання на державу вирішення завдань, у яких мали би бути зацікавлені насамперед самі власники. Враховуючи, що більшість сільськогосподарських угідь України були приватизовані на основі їх паювання ще в 1990-х роках, може скластися думка, що вищенаведені теоретичні положення не відповідають дійсності. На наш погляд, пояснення цієї нібито парадоксальної ситуації може бути лише одним: безоплатна неконкурентна передача 6,9 млн громадян у приватну власність 27,7 млн га сільськогосподарських угідь призвела до формування номінальних (а не реальних) власників землі. З огляду на низку об’єктивних і суб’єктивних причин, абсолютна більшість із них не здатна самостійно господарювати на своїй землі. У підсумку товарне сільське господарство в Україні на 90 відсотків ведеться на орендованій землі.

З цим пов’язані усі недоліки господарювання на базі оренди — орендар зацікавлений в отриманні максимальної вигоди, що йде на шкоду збереженню орендованих земель. В умовах відсутності належного контролю з боку власників це тягне за собою значні негативні наслідки для збереження природної родючості землі.

Причиною формування саме номінального, а не реального власника землі є те, що процедура розподільчої неконкурентної приватизації не передбачала зіставлення його волі до володіння землею з такою ж волею інших, готових оволодіти нею. У підсумку ми маємо суцільне несправдження реформаторських обіцянок: нинішній номінальний власник землі в переважній більшості не господар і, з огляду на об’єктивні причини, ніколи ним не стане. Основна задекларована мета — сформувати

власника-господаря землі — не була досягнута. Натомість сформувався багатомільйонний клас земельних “рантє”. Становлення прошарку реальних власників-господарів землі, тобто фермерства, по суті, залишається заблокованим.

Водночас в Україні окреслилася тенденція до концентрації землеволодіння. Згідно з даними Державної служби статистики України, з 2002 до 2020 року загальна чисельність підприємств, що володіли сільськогосподарськими угіддями, скоротилася з 57 123 до 36 227, або на 36,4%. Чисельність підприємств, що володіли понад 5 тис. га сільськогосподарських угідь, зросла з 511 до 579, або на 13,3%. Їхня частка в загальній кількості збільшилася з 0,9 до 1,6%. У 2020 році вони володіли 34,2% усіх угідь, середній розмір землеволодіння становив 11 957 га. Особливо швидкими були темпи зростання чисельності підприємств, які володіли площами понад 10 000 га угідь. Їх кількість зросла з 34 до 184, частка в загальній чисельності — з 0,06 до 0,5%, питома вага в землеволодінні — з 2,0 до 21,1%, середній розмір — з 15 076 га до 23 261 га. Загалом станом на 1 листопада 2020 року 6,4% підприємств володіли 60,0% сільськогосподарських угідь².

В умовах, коли сільське господарство ведеться на величезних територіях, різко зростають екологічні ризики. Адже в цьому випадку основу організації вирощування сільськогосподарських культур визначає комерційний підхід, що зумовлює вищий рівень спеціалізації, орієнтацію на більш рентабельні культури. У підсумку кількість вирощуваних сільськогосподарських культур об’єктивно скорочуватиметься. Сівозміни не можуть організовуватися на рівні окремих полів. Вони формуються на величезних площах, а в межах окремого населеного пункту кожного року нерідко засівається лише одна культура. Тому застосування мінеральних добрив і засобів захисту здійснюється концентровано впродовж однієї-двох діб та охоплює практично всі землі навколо населеного пункту. Зрозуміло, що екологічне навантаження для його мешканців у такі дні різко зростає.

У десятки разів зменшилися б екологічні ризики, якби сільськогосподарські угіддя навколо кожного населеного пункту були розпо-

² Потрібно зауважити, що в статистичному збірнику «Сільське господарство України» за 2021 рік, порівняно зі статистичним збірником «Сільське господарство України» за 2020 рік, який видала Державна служба статистики України, з незрозумілих причин змінено методологію та форму подання інформації, яка залишалася незмінною з 2002 року. Це, а також воєнні дії на значній території України, не дають змоги продовжувати відстежувати тенденцію. Проте підстав стверджувати, що тенденція до концентрації послабилася, немає [23].

ділені між 5–10 дрібними фермерами. Кожне з цих господарств мало б свої особливості, які відрізнялися б між собою за спеціалізацією, застосовуваними сівозмінками, технологіями вирощування сільськогосподарських культур і тварин тощо. Навколо такого населеного пункту була б неможливою монокультура, тому застосування різними фермерами засобів захисту та мінеральних добрив, з огляду на різні обставини, практично не збігалось б у часі або ж охоплювало б порівняно невелику частину земель. Тоді екологічні ризики, наприклад, для фермера, який займається бджільництвом, були б мінімальними.

Також в умовах концентрації землеводіння на величезних територіях відбувається зменшення кількості застосовуваних сортів і технологій вирощування сільськогосподарських культур, що різко підвищує виробничі ризики в разі настання несприятливих погодних чи інших чинників. До того ж це є суттєвим чинником, який призводить до руйнування біорізноманіття.

Крім значного негативного впливу на стан екології, концентрація прав оренди сільськогосподарських угідь має суттєві негативні соціально-економічні та політико-правові наслідки і становить загрозу для національної безпеки [24].

ВИСНОВКИ

Будь-яке втручання в роботу ринку обмежує свободу та/чи веде до зростання витрат

суб'єкта підприємницької діяльності. Це, своєю чергою, зменшує підприємницьку активність громадян, наслідком чого є неповне використання економічного потенціалу суспільства.

Враховуючи неефективність функціонування владних інституцій, що в умовах війни подекуди набуває відверто деструктивного характеру, потребує критичної оцінки та перегляду домінуюча парадигма розгляду екологічних проблем, яка передбачає ключову роль держави під час їх вирішення.

Під час пошуку варіантів вирішення критичних проблем охорони навколишнього середовища необхідно розглядати всі альтернативні способи їх вирішення на базі ринкових механізмів або можливість передачі їх вирішення на регіональний рівень чи рівень місцевих громад. Лише у випадку, коли проблема стосується значної частини суспільства, виходить на над-регіональний рівень, альтернативних ринкових механізмів вирішення проблеми не існує, може бути виправданим введення додаткового державного регулювання.

Пом'якшення існуючих екологічних проблем в Україні неможливе поза контекстом здійснення загальної політики формування конкурентного порядку в економічній системі України. Стосовно аграрної сфери, то вкрай важливим є зменшення рівня концентрації землеводіння та формування конкурентного порядку в системі земельних відносин України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Князева Т. В. Передумови міжнародної екологічної політики в сфері формування інституціонального забезпечення. *Ефективна економіка*. 2015. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4462> (дата звернення: 10.10.2025).
2. Перга Т. Ю. Глобальна екологічна політика та Україна: монографія. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2014. 288 с. URL: <https://ivinas.gov.ua/images/Глобальна%20екологічна%20політика%20та%20Україна.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
3. Чала В. Формування глобальної екологічної політики: принципи та регуляторні пріоритети. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 48. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-85>
4. Сохатюк Л. М. Інституційне забезпечення державного регулювання природоохоронної діяльності в Україні. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування*. 2025. Т. 36 (75), № 3. С. 78–83. DOI: <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2025.3/12>
5. Сич К., Романов Є. Формування та реалізація державної екологічної політики в умовах євроінтеграції. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-40>
6. Буканов Г. М. Державне управління у сфері формування та реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні: теоретичний і практичний аспекти: монографія. Запоріжжя: КПУ, 2020. 440 с.
7. Павлюк Т., Полусмяк Ю., Ситников М. Впровадження стандартів екологічної політики: виклики та можливості для українських підприємств. *Менеджмент та підприємництво: тенденції розвитку*. 2023. Т. 2, № 24. С. 70–81. DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2023-2/24-07>
8. Дребот О. І., Лазаренко В. І. Стратегічний підхід до застосування економічних важелів в екологічно безпечному сільському господарстві. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299928>
9. Ковалів О. Агроекологічні аспекти інституціонального забезпечення звернення земельної реформи в Україні на сучасному етапі. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 149–158. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.236107>
10. Putting America first in international environmental agreements. *The White House*. 20 January 2025. URL: <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/putting-america-first-in-international-environmental-agreements/> (accessed: 10.10.2025).

11. Coase R. H. *The firm, the market, and the law*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
12. Рашенко В. Екологічний маркетинг: оптимальна система збуту та сертифікація як частина товарної політики. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 189–195. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227259>
13. Колишні та сучасні природні резервати на території Вороняцького кряжу. *Національний природний парк “Північне Поділля”*. 2012. 17 груд. URL: <https://park-podillya.com.ua/kolyshni-ta-suchasni-pryrodni-rezervaty-pa-terytoriji-voronyatsko-ho-kryazhu/> (дата звернення: 10.10.2025).
14. Асканія-Нова (заповідник). *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Асканія-Нова_\(заповідник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Асканія-Нова_(заповідник)) (дата звернення: 10.10.2025).
15. Івлєв В. Здійснити мрію: як мандрівник за безцінь купив мальовничий острів на Сейшелах. *РБК-Україна*. 2020. 8 лист. URL: <https://travel.rbc.ua/rus/show/zdiysniti-mriyu-mandrivnik-beztsin-pridbav-1604831697.html> (дата звернення: 10.10.2025).
16. Instituto Terra. URL: <https://refloresta.institutoterra.org/home> (accessed: 10.10.2025).
17. Михаць В. “Це — наша надія на квітуче майбутнє”: Анатолій Куновський із Львівщини має намір висадити найбільший парк сакур у світі. *Львівська Мануфактура Новин*. 2024. 11 серп. URL: https://www.lmn.in.ua/project/tse-nasha-nadiia-na-kvituche-majbutnie-anatolij-kunovskyj-iz-lvivshchynu-maie-namir-vysadyty-najbilshyj-park-sakur-u-sviti/?fbclid=IwY2xjawMJx5F5leHRuA2F1bQ1xMQABH0UxRWldd6qT48i1ITVIXdOEWnikhCs3je9MSBXjaEEIqQHhg8n9DmM9Dd1_aem_n2psdKDs3acdGk5mu0glVw (дата звернення: 10.10.2025).
18. Цілі Сталого Розвитку: Україна: національна доповідь. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
19. Виступ Грети Тунберг на Кліматичному саміті ООН: відео. *YouTube. Ukrinform*. <https://www.youtube.com/watch?v=yXw1F5UneWU> (дата звернення: 10.10.2025).
20. Грета Тунберг. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Грета_Тунберг (дата звернення: 10.10.2025).
21. Hayek F. A. Competition as a Discovery Procedure. *The Quarterly Journal of Austrian Economics*. 2002. Vol. 5, no. 3. URL: https://mises.org/quarterly-journal-austrian-economics/competition-discovery-procedure?utm_source=chatgpt.com (accessed: 10.10.2025).
22. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoring/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> (дата звернення: 10.10.2025).
23. Сільське господарство України: статистичний збірник, 2021 рік. Київ: Державна служба статистики України, 2022. URL: <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2023-07/Статистичний%20збірник%20“Сільське%20господарство%20України”%202021%20рік%20.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
24. Магас В. М. Скасування мораторію: між Сциллою та Харібдою. *Аграрна економіка*. 2017. Т. 10, № 3–4. С. 133–140. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2017_10_3-4_19 (дата звернення: 10.10.2025).

ON ISSUES OF METHODOLOGY OF FORMING ENVIRONMENTAL POLICY IN UKRAINE

Mahas V.

Candidate of Economic Sciences

Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

(Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, Ukraine)

e-mail: v_magas@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3279-244X>

Ensuring environmental safety and maintaining ecological balance in Ukraine is a constitutional duty of the state. Therefore, the formed paradigm of considering the problems of nature protection in Ukraine is oriented towards expanding the scope of application of state regulation methods. The methodological basis of the current approach to the formation of environmental policy is a collectivist system of values and epistemological confidence in the possibility of ensuring its effectiveness and efficiency. The article shows that the basis of the so-called “failures” of the state lies precisely in the epistemological factor: the state apparatus is inherently unable to master the volume of relevant information that is necessary for making long-term correct decisions. The purpose of the article is to consider non-state mechanisms for solving the problems of rational use of natural resources and nature protection. In contrast to the current approach, possible ways of solving these problems through the disclosure of market potential are considered. In particular, the reduction of negative external economic effects and information asymmetry in a free market is achieved by improving the institution of private property and opening up opportunities for competitive pricing. Freedom to express private initiative contributes to the implementation of private environmental projects. Competition is an external factor that forces the owner of natural resources to use them effectively. The interest of the owner of natural resources in increasing their value contributes to their preservation and rational use. The current aggravation of the problem of preserving natural soil fertility in Ukraine is considered a natural result of farming mainly on leased lands. The article also highlights the problem of increasing environmental risks due to the tendency to concentrate land ownership and land use in Ukraine. It is emphasized that when searching for ways to solve environmental problems, it is necessary to first consider all alternative options based on the market mechanism or the possibility of transferring their solution to the regional or local community level.

Keywords: *environmental economics, state regulation, externalities, information asymmetry, free market, private property institution, differential pricing, decentralization, competitive order.*

REFERENCES

1. Kniazieva, T. V. (2015). Prerequisites of international environmental policy in the field of institutional framework formation. *Efficient Economy*, 3. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4462>
2. Perha, T. Yu. (2014). *Global environmental policy and Ukraine*. Nizhyn: Lysenko M. M. Publisher. Retrieved from <https://ivinas.gov.ua/images/Глобальна%20екологічна%20політика%20та%20Україна.pdf>
3. Chala, V. (2023). Formation of global environmental policy: Principles and regulatory priorities. *Economy and Society*, 48. doi: 10.32782/2524-0072/2023-48-85
4. Sokhatiuk, L. M. (2025). Institutional support of state regulation of environmental protection activities in Ukraine. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Public Administration*, 36(75), 3, 78–83. doi: 10.32782/TNU-2663-6468/2025.3/12
5. Sych, K., & Romanov, Ye. (2022). Formation and implementation of state environmental policy in the context of European integration. *Economy and Society*, 45. doi: 10.32782/2524-0072/2022-45-40
6. Bukanov, H. M. (2020). *Public administration in the field of formation and implementation of state environmental policy at the regional level: Theoretical and practical aspects*. Zaporizhzhia: KPU.
7. Pavliuk, T., Polusmiak, Yu., & Sytnykov, M. (2023). Implementation of environmental policy standards: Challenges and opportunities for Ukrainian enterprises. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*, 2(24), 70–81. doi: 10.26661/2522-1566/2023-2/24-07
8. Drebot, O. I., & Lazarenko, V. I. (2024). Strategic approach to the application of economic instruments in environmentally safe agriculture. *Agroecological Journal*, 1, 7–15. doi: 10.33730/2077-4893.1.2024.299928
9. Kovaliv, O. (2021). Agroecological aspects of institutional support for the completion of land reform in Ukraine at the present stage. *Agroecological Journal*, 2, 149–158. doi: 10.33730/2077-4893.2.2021.236107
10. The White House. (2025, January 20). *Putting America first in international environmental agreements*. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/putting-america-first-in-international-environmental-agreements/>
11. Coase, R. H. (1988). *The firm, the market, and the law*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
12. Rashchenko, V. (2021). Environmental marketing: Optimal distribution system and certification as part of product policy. *Agroecological Journal*, 1, 189–195. doi: 10.33730/2077-4893.1.2021.227259
13. National Nature Park “Northern Podillia”. (2012, December 17). *Former and modern nature reserves on the territory of the Voroniaky Ridge*. Retrieved from <https://park-podillya.com.ua/kolyshni-ta-suchasni-pryrodni-rezervaty-naterytoriji-voronyatskoho-kryazhu/>
14. Wikipedia. (n.d.). *Askania-Nova Nature Reserve*. Retrieved from [https://uk.wikipedia.org/wiki/Асканія-Нова_\(заповідник\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Асканія-Нова_(заповідник))
15. Ivliev, V. (2020, November 8). Making a dream come true: How a traveler bought a picturesque island in the Seychelles for almost nothing. *RBC-Ukraine*. Retrieved from <https://travel.rbc.ua/rus/show/zdiysniti-mriyu-mandrivnik-beztsin-pridbav-1604831697.html>
16. Instituto Terra. (n.d.). *Reforestation Project*. Retrieved from <https://refloresta.institutoterra.org/home>
17. Mykhats, V. (2024, August 11). “This is our hope for a flourishing future”: Anatolii Kunovskyi plans to plant the world’s largest sakura park. *Lviv News Manufacture*. Retrieved from <https://www.lmn.in.ua/project/tse-nasha-nadiia-na-kvituche-majbutnie-anatolij-kunovskiy-iz-lvivshchyny-maie-namir-vysadyty-najbilshyj-park-sakur-u-sviti/>
18. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2017). *Sustainable Development Goals: Ukraine. National report*. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>
19. Ukrinform. (n.d.). *Greta Thunberg’s speech at the UN Climate Summit* [Video]. YouTube. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=yXw1F5UeWU>
20. Wikipedia (n.d.). *Greta Thunberg*. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Грета_Тунберг
21. Hayek, F. A. (2002). Competition as a discovery procedure. *The Quarterly Journal of Austrian Economics*, 5(3). Retrieved from <https://mises.org/quarterly-journal-austrian-economics/competition-discovery-procedure>
22. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2021). *National report on the state of the environment in Ukraine*. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/>
23. State Statistics Service of Ukraine. (2022). *Agriculture of Ukraine: Statistical yearbook 2021*. Kyiv. Retrieved from <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2023-07/Статистичний%20збірник%20“Сільське%20господарство%20України”%202021%20рік%20.pdf>
24. Mahas, V. M. (2017). Abolition of the moratorium: Between Scylla and Charybdis. *Agrarian Economy*, 10(3–4), 133–140. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2017_10_3-4_19

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

МАГАС Василь Мар’янович — кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки підприємства, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., Україна, 81115; e-mail: v_magas@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3279-244X>).

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ОДЕРЖАННЯ МУЛОВИХ МАС СТІЧНИХ ВОД

В. І. Дубовий

доктор сільськогосподарських наук, професор
Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)
e-mail: vidubovy@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8637-0023>

С. В. Кліщенко

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)
e-mail: klisch@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5956-8137>

О. О. Будак

кандидат сільськогосподарських наук
Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)
e-mail: olegkrivbas@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9166-1557>

І. В. Холоденко

аспірант
Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)
e-mail: khodenkoivan@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4978-9079>

У статті розглянуто сучасні підходи до забезпечення сільського господарства поживними речовинами з позицій ресурсоефективності, енергоощадності та сталого розвитку. Основну увагу приділено порівнянню сировинних і енергетичних витрат на виробництво традиційних мінеральних добрив та одержання мулових мас стічних вод (ММСВ) як альтернативного виду органо-мінеральних добрив. Показано, що виробництво мінеральних добрив, зокрема азотних, є надзвичайно енергоємним і супроводжується значними обсягами викидів парникових газів — CO_2 , N_2O та CH_4 , які негативно впливають на стан довкілля та сприяють глобальним кліматичним змінам. Для синтезу аміаку, який є основним компонентом азотних добрив, необхідна велика кількість природного газу, електроенергії та водню. Виробництво фосфорних і калійних добрив також базується на використанні невідновлюваних мінеральних ресурсів, видобуток яких призводить до деградації земель, утворення токсичних відходів і забруднення водних об'єктів. На відміну від цього, ММСВ утворюються природним шляхом у процесі очищення комунальних і промислових стоків, тому не потребують додаткового залучення природних ресурсів. Основні енергетичні витрати під час їх отримання припадають на процеси подачі, фільтрації, аерації, зневоднення та стабілізації, проте в цілому вони в кілька разів нижчі, ніж під час виробництва традиційних мінеральних добрив. До складу ММСВ входять органічна речовина, сполуки азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію, а також мікроелементи, необхідні для росту й розвитку рослин, що забезпечує їхню високу агрономічну цінність. У контексті переходу до циркулярної економіки використання ММСВ як добрива є перспективним напрямом для підвищення екологічної, енергетичної та економічної ефективності аграрного виробництва. Застосування таких добрив дає змогу зменшити залежність агросектору від викопних ресурсів, скоротити викиди парникових газів, мінімізувати обсяги захоронення відходів і сприяти створенню замкнених циклів використання ресурсів. Стаття містить аналітичне обґрунтування доцільності впровадження цих екологічно збалансованих практик в Україні.

Ключові слова: процес Габера–Боша, парникові гази, енергетичні витрати, сировинна база, циркулярна економіка, агрономічна цінність, очищення стічних вод, сталий розвиток.

ВСТУП

Сільське господарство значною мірою залежить від використання мінеральних добрив як засобу підвищення врожайності сільськогос-

подарських культур. Однак виробництво таких добрив є енергоємним та екологічно небезпечним процесом, що потребує значних обсягів викопних ресурсів, наприклад, природного газу

для отримання аміаку, що призводить, своєю чергою, до утворення парникових газів. Так, за даними Міжнародної асоціації виробників добрив, енерговитрати на виробництво 1 тонни аміачної селітри можуть сягати 28–32 ГДж, а фосфорних добрив — 5–10 ГДж, залежно від типу сировини та технології [1].

Водночас, з огляду на необхідність переходу до циркулярної економіки та підвищення ефективності управління відходами, дедалі більшої уваги набуває використання мулових мас стічних вод як альтернативного джерела поживних речовин. ММСВ утворюються як побічний продукт механічної та біологічної очистки стічних вод і містять значну кількість органічної речовини та сполуки азоту, фосфору, калію й мікроелементи. Основні енергетичні витрати в цьому випадку припадають на аерацію та зневоднення мулу, що є суттєво менш енергоємним процесом порівняно з повним виробничим циклом мінеральних добрив [2].

Урахування екологічних та економічних чинників і порівняння енерго- та ресурсозатратності зазначених добрив дають змогу зробити обґрунтований вибір на користь більш сталих технологій в аграрному виробництві. Вивчення цих аспектів є актуальним у контексті сталого розвитку, ресурсозбереження та оптимізації поводження з побічними продуктами водоочищення.

Саме тому **метою нашої роботи** є проведення детального аналізу спеціальних літературних джерел щодо еколого-економічних аспектів виробництва мінеральних добрив. Окрім того, робота висвітлює особливості одержання ММСВ і можливості їх використання як добрив з урахуванням принципів екологічної безпеки та підвищення ефективності поводження з відходами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанню енергоефективності та екологічної безпеки виробництва мінеральних добрив присвячені праці багатьох учених. Так, у роботах [1–3] зазначено, що виробництво азотних добрив, особливо на основі аміаку, залишається одним із найбільш енергоємних промислових процесів. За даними Міжнародної асоціації добрив, на виробництво 1 т аміачної селітри витрачається до 32 ГДж енергії, а процес супроводжується значними викидами CO_2 , N_2O і CH_4 [1]. Подібні результати наведено в дослідженнях С. Smith і співавт., де показано, що азотна промисловість є джерелом близько 2% глобальних викидів CO_2 [3].

Фосфорні та калійні добрива також характеризуються високими витратами природних

ресурсів і складними технологіями збагачення руд, що призводить до утворення токсичних відходів і деградації земель [4; 5]. Так, L. Egle та ін. зазначають, що видобуток фосфоритів наближається до межі економічної доцільності, тому зростає інтерес до вторинних джерел фосфору — зокрема осадів стічних вод [6].

Актуальним напрямом досліджень є оцінка можливостей використання ММСВ як альтернативного джерела поживних речовин для сільського господарства. Дослідження різних технологій стабілізації та компостування осадів показали, що ММСВ містять значну кількість органічної речовини, сполук азоту, фосфору, калію та мікроелементів, що забезпечує їхню високу агрономічну цінність [7; 8]. При цьому енергетичні витрати на їх підготовку (аерацію, зневоднення тощо) в 3–5 разів нижчі порівняно з виробництвом традиційних добрив [7].

Водночас окремі автори акцентують увагу на екологічних ризиках, пов'язаних із можливим накопиченням важких металів, фармацевтичних залишків та пер- і поліфторалкільних речовин (PFAS) у ММСВ [9]. Так, дослідженнями останніх років показано ефективність комбінованих методів знезараження осадів (термічного сушіння, біостабілізації, піролізу), що суттєво знижують уміст мікробіодобуток і підвищують безпечність отриманого добрива [10; 11].

Отже, аналіз наукових публікацій свідчить, що використання ММСВ як органічно-мінерального добрива відповідає принципам сталого розвитку, сприяє зменшенню споживання викопних енергоресурсів і скороченню викидів парникових газів. Актуальними залишаються питання нормативного регулювання, контролю безпечності та довгострокового впливу таких добрив на агроecosистеми.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Серед мінеральних добрив лівова частка припадає на азотні, які виробляються за допомогою енергоємного процесу Габера–Боша (ГБ). Цей промисловий процес синтезу аміаку потребує значної кількості енергії (41 ГДж/1000 кг азоту) та сприяє викидам парникових газів (1920 кг вуглекислого газу при використанні природного газу) [12].

Розробка процесу Габера–Боша сприяла виробництву аміаку в промислових масштабах для азотних добрив. Поточне світове виробництво аміаку становить майже 150 млн тонн і споживає 100 млн тонн світового виробництва природного газу (близько 8,5%). За оцінками, майже 85% світового виробництва аміаку використовується для виробництва добрив (сечовини та нітратів). Процес перетворення аміаку

на нітрати або сечовину споживає додаткову енергію, що робить загальне споживання природного газу в галузі добрив вищим, ніж під час синтезу аміаку [12].

Висока енергоємність виробництва добрив і низька ефективність використання азоту добрив рослинами призводять до екологічних проблем, таких як деградація ґрунту, евтрофікація, забруднення ґрунтових вод та викиди аміаку й парникових газів [13]. Як відомо, на механізм використання азоту добрива рослиною суттєво впливають погодні умови під час їх внесення, а також фаза розвитку рослин.

Хоча синтетичні добрива забезпечують виняткову врожайність, вони суттєво впливають на клімат. Приблизно 84% викидів від їх виробництва припадає на синтез аміаку, який зазвичай здійснюється з використанням природного газу [14].

Добрива є ключовим елементом сучасного сільського господарства, забезпечуючи потреби в харчуванні половини населення світу. Азот (N), фосфор (P) та калій (K) є основними поживними речовинами, необхідними рослинам для оптимального росту, і саме ці три елементи використовуються для виробництва відповідних добрив. За даними Міжнародної асоціації добрив (IFA), близько 20–50% викидів пов'язано з виробництвом добрив, тоді як 50–80% утворюється під час їх внесення [14].

Відомо, що азот, фосфор і калій як макроелементи відіграють важливу роль у життєдіяльності рослин, а відповідно, і в сільському господарстві. Варто зазначити, що промислове виробництво поташу (торгової назви мінералів, що містять калій, який використовується для добрив) та фосфату (сольової форми фосфору) розпочалося в середині XIX століття. Роль азоту ще не була досліджена, тому перші азотні добрива з'явилися набагато пізніше. Промислове виробництво фосфорних добрив розпочалося в 1840 році. Новітні хімічні методи обробки фосфоритної породи забезпечили промислове виробництво суперфосфату та призвели до будівництва десятків заводів із виробництва добрив по всьому світу до кінця XIX століття. Виробництво поташу було обмежене доступністю сировини, а родовища солі, відкриті в Німеччині в 1860 році, стали першим великомасштабним джерелом поташу у світі. Німеччина стала світовим лідером у виробництві поташу й утримувала цю позицію до XX століття, коли значні його родовища були виявлені в інших регіонах світу [14].

Елементи азотного кругообігу були відкриті поетапно протягом XIX століття. Коли було визнано наявність азоту в ґрунті та механізми його поглинання, попит на азотні доб-

рива почав різко зростати. На початку 1900-х років було розроблено три методи промислового виробництва азотних добрив: виробництво нітрату кальцію за допомогою електродугового процесу, виробництво ціанаміду кальцію з використанням електричної печі та синтез аміаку за допомогою процесу Габера–Боша, останній із яких зрештою став основним способом виробництва. На сьогодні у США споживання азоту перевищує сумарне споживання калію та фосфору, що визначає його домінування на ринку добрив. З огляду на вирішальну роль азоту в сільському господарстві, масштабне виробництво аміаку є важливим для задоволення світового попиту на підвищення продуктивності рослин. Для цього аміак синтетично виробляється за допомогою промислових процесів, які перетворюють атмосферний азот у форму, придатну для використання в добривах. Процес Габера–Боша — це метод, за допомогою якого водень та азот перетворюються на аміак (NH_3) за допомогою реактора високого тиску і температури, а також хімічного катализатора. Процес ГБ, що використовується в промисловості з початку 1900-х років, вважається зрілою технологією. Однак, якщо азот отримують із повітря, водень традиційно виробляють із природного газу (метану) за допомогою процесу, відомого як парометановий риформінг (SMR), у результаті якого виділяється значна кількість вуглекислого газу (CO_2). На цей процес припадає понад 1% світових викидів парникових газів [14].

Складні проблеми, пов'язані з вуглецевоємним процесом виробництва аміаку, та коливання цін на природний газ призвели до потреби в альтернативних низьковуглецевих шляхах виробництва аміаку. На щастя, протягом останніх кількох десятиліть з'явилися перспективні технологічні рішення для декарбонізації виробництва аміаку. Технології виробництва аміаку зазвичай поділяються на дві категорії: ті, що використовують процес ГБ, та ті, що є більш інноваційними. Завдяки уловлюванню викидів вуглецю або отриманню водню з інших сировинних матеріалів, таких як вода, процес виробництва аміаку може стати значно менш вуглецевоємним [14].

Понад 100 років тому німецькі вчені Фріц Габер і Карл Бош винайшли спосіб промислового виробництва аміаку — суміші водню та азоту. Згодом їхні інновації допомогли трансформувати сільське господарство, давши змогу виробляти добрива, що сприяли різкому зростанню врожайності сільськогосподарських культур.

Сьогодні азотні добрива, отримані з аміаку, використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, які забезпечують отримання

мання необхідних продуктів харчування майже для половини населення світу. Однак проблема полягає в тому, що виробництво аміаку потребує значної кількості викопного палива [15].

Для виготовлення рідких мінеральних добрив використовують сухі мінеральні добрива.

У процесі виробництва карбамідно-аміачної суміші (КАС) як сировина використовуються аміачна селітра (40–45%), карбамід (30–35%) і вода (20–30%). Для технології виготовлення рідких комплексних добрив (РКД) застосовують монокаліюфосфат МКР 0-52-34 (35%), КОН (90%), калію гідроксид (8%) і воду (57%).

Технологічна схема виготовлення рідких добрив складається з наступних операцій: підготовка і нагрівання води; подача сировини в ємність змішувача; розчинення сировини шляхом інтенсивного перемішування/нагрівання; введення добавок за потреби; фільтрація готового продукту; відвантаження готового рідкого добрива в транспортну ємність [16].

Так, для виробництва 1 тонни аміаку в середньому потрібно 1066 м³ газу, 1 тонни аміачної селітри — 514 м³ газу, 1 тонни КАС — 442 м³ газу, 1 тонни карбаміду — 740 м³ газу [17].

Виробництво сульфату амонію поєднує такі виробничі процеси. Спочатку аміак (NH₃) і сірководень (H₂S), який потім реагує з аміаком у присутності каталізатора, утворюючи сульфат амонію. На наступному етапі відбуваються сушіння, калібрування та очистка від можливих забруднень, які можуть впливати на якість кінцевого продукту. Після гранулювання гранули сульфату амонію піддаються процесу сушіння

для видалення надлишкової вологи і підготовки до фасування та зберігання.

Виготовлення комплексних добрив азотно-фосфорно-калійних (NPK) проводиться шляхом синтезу азотного, фосфорного та калійного компонентів. Цей процес є складнішим через потребу в утворенні комплексних сумішей азоту (N), фосфору (P) та калію (K), а також можливих додаткових елементів.

Кожен компонент (N, P, K) може бути отриманий окремо за допомогою відповідних процесів синтезу, таких як амоніаковий процес для азоту, фосфоритний процес для фосфору та розчинний процес для калію. Отримані окремо компоненти змішуються у визначених пропорціях для формування комплексної суміші NPK, зокрема з додаванням сірки. Ця суміш може містити також інші добавки, які покращують властивості добрива або доповнюють його склад. Енергозатратна сушка допомагає забезпечити стабільність і якість гранул, запобігаючи їх злипанню або розкладанню під час зберігання, що в підсумку впливає на собівартість добрив (табл. 1).

Виробництво калійного хлориду (KCl) також є складним технологічним процесом та охоплює кілька основних етапів: сушіння, калібрування і гранулювання відповідно до технологічної схеми. Після гранулювання гранули сульфату амонію піддаються сушінню для видалення надлишкової вологи і підготовки до фасування та зберігання [7].

В Україні функціонує низка підприємств із виробництва мінеральних добрив. Серед них — ТОВ «ІНФО КАР» у м. Київ. Виробництво рідких і гранульованих мінеральних добрив стано-

Таблиця 1

Реалізаційна ціна мінеральних добрив агрохімічної компанії Grossdorf станом на 05.08.2025 р.

Найменування продукції	Пакування	Виробник	Вартість, грн
КАС-32	Налив	Україна	22 500
КАС-30	Налив	Україна	21 500
КАС 26+4S	Налив	Україна	17 000
Аміачна селітра	Біг-бег	Імпорт	25 000
Карбамід (сечовина)	Біг-бег	Імпорт	27 000
Сульфат амонію	Біг-бег	Україна	12 500
Нітроамофоска N15:P15:K15+11S	Біг-бег	Україна	27 400
Сульфоамофос N20:P20+15S	Біг-бег	Україна	28 900
Діамофоска N10:P26:K26+2S	Біг-бег	Україна	37 800
Діамофоска N10:P20:K30+3S	Біг-бег	Україна	33 900
Діамофоска N8:P24:K24	Біг-бег	Україна	34 300
Калій хлористий	Біг-бег	Імпорт	22 500

Джерело: [18].

вить 63 т на добу. У 2018 році обсяг виробництва становив 127 000 т на рік. При цьому загалом витрачено 25,288 тис. м³ води на рік, з яких: на господарсько-побутові потреби — 0,803 тис. м³/рік, на виробництво продукції — 24,485 тис. м³/рік. Кількість використаної електроенергії не зазначається [19].

Серед різних типів підприємств хімічної промисловості найбільший інтерес становлять підприємства з виробництва фосфорних і комплексних добрив. Це пов'язано зі шкідливістю вихідних продуктів — фосфору, азотної кислоти, апатитів, а також через комплекс технологічних процесів та утворення токсичних інгредієнтів у процесі виробництва, таких як фтор, аміак, окиси азоту та інші сполуки.

Шкода, яку завдають мінеральні добрива під час їх виробництва навколишньому середовищу, є колосальною. Це охоплює викиди шкідливих речовин у повітря та воду, енерго- і ресурсоспоживання, викиди парникових газів тощо.

Слід зазначити, що це виробництво є надзвичайно небезпечним, адже потребує суворого дотримання технології. Неважко провести аналогію з виробництвом інших видів добрив.

Численні дослідження показують негативні наслідки систематичного використання мінеральних добрив. В умовах мінеральної системи живлення рослин відбувається надмірне накопичення в ґрунті мінеральних форм азоту в нітратній формі. Мінеральні добрива часто незбалансовані за поживними речовинами і представлені формами, які розчиняються та засвоюються лише на 40%, тоді як залишок (60%) змивається поверхневими і внутрішніми стоками у Світовий океан або втрачається внаслідок денітрифікації. Значна їх кількість є продуктами переробки відходів промисловості або низькозбагачених агроруд, які небезпечно впливають на живі організми та природні екосистеми через наявність у них домішок важких металів, радіонуклідів, органічних і неорганічних речовин [20].

Необхідно зазначити, що довгострокове використання підвищених норм внесення мінеральних добрив навіть у сіворміні призводить до негативних наслідків. Так, використання мінеральних добрив у кількості N₁₂₀P₈₀K₈₀ у багаторічному стаціонарному досліді дев'ятигіпільної сіворміні Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла (1929–2008) при вирощуванні пшениці озимої по попереднику кукурудза на силос призвело до накопичення важких металів у ґрунті вище гранично допустимих рівнів [21].

Водночас у процесі життєдіяльності людина виробляє значну кількість каналізаційних

відходів, на очищення яких витрачаються відповідні енергетичні ресурси. Тобто очищення каналізаційних стоків є життєво необхідною ланкою для існування людства. Очевидно, що такі каналізаційні стоки є специфічними залежно від промислового розвитку регіону, але в процесі зберігання ММСВ їх мікробіологічна та агрохімічна складові стабілізуються.

У зв'язку з цим проведено дослідження агрохімічного стану ММСВ на мулових майданчиках очисних споруд м. Біла Церква [22].

За відсутності достатньої кількості органічних добрив і через ускладнене вирощування сидеральних культур унаслідок частих посушливих літньо-осінніх періодів постає необхідність пошуку альтернативних органо-мінеральних добрив. Одним із таких є ММСВ.

Відомо, що використання осаду стічних вод як добрива бере початок ще у ХІХ столітті. У 1860–1890 рр. у великих містах Європи, таких як Лондон, Париж, Берлін, почали розроблятися перші централізовані системи очищення стічних вод. Після механічного очищення утворювався осад, який вивозився за межі міст і використовувався на фільтраційних або зрошувальних полях [23].

У 1970–1980-х роках у країнах Західної Європи та Північної Америки ММСВ почали активно вивчати як джерело поживних речовин для рослин. Водночас посилення екологічного законодавства призвело до обмежень на спалювання або захоронення ММСВ, що, як наслідок, сприяло поширенню їх використання в аграрній галузі [7].

У країнах ЄС нині застосування ММСВ у сільському господарстві відбувається під суворим контролем відповідно до директив ЄС [24].

В Україні використання осаду як добрива має обмежену історію. У радянський період мулові маси вивозилися з очисних споруд на так звані мулові майданчики або шламонакопичувачі, де вони накопичувалися десятиліттями без утилізації. Частково осад використовувався на сільгоспугіддях, проте це носило несистемний характер [25].

Нормативні документи, що регулюють поводження з осадами стічних вод в Україні, охоплюють Закон України “Про водовідведення та очищення стічних вод” (№ 2887-ІХ від 12.01.2023), ДСТУ 7369:2013 “Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення” та ДСТУ 8727:2017 “Осад стічних вод. Підготування органо-мінеральної суміші з осаду стічних вод”. Також слід враховувати “Порядок повторного використання очищених стічних вод та осаду стічних вод за умови дотримання нормативів гранично допус-

тимих концентрацій забруднюючих речовин”, затверджений наказом Мінрозвитку № 341 від 12.12.2018.

Слід зазначити, що обсяги утворення ММСВ та їх використання у світі мають свої особливості. Так, у США загальні обсяги утворення осадів стічних вод у сухій речовині становлять близько 4 млн тонн на рік, з яких 2,12 млн тонн (56%) використовуються як добрива, а решта захоронюється на полігонах, застосовується для виробництва будівельних матеріалів або спалюється [26].

У країнах ЄС загальні обсяги утворення осадів стічних вод у сухій речовині становлять майже 10–13 млн тонн на рік [27].

Першого січня 2025 року у Європейському Союзі набула чинності переглянута Директива “Про очищення міських стічних вод”, яка посилює правила очищення і забезпечує вищий рівень захисту населення та довкілля. Передбачається, що до 2040 року оновлена директива принесе фінансову вигоду в розмірі приблизно €6,6 млрд на рік [28].

В Україні, відповідно до Національного плану управління відходами до 2033 року, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1353-р, визначено головні напрями реалізації державної політики у сфері управління відходами. Україна повинна імплементувати положення Директиви Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 р. про відходи. Крім того, планується впровадити деякі положення Директиви Ради 86/278/ЄЕС від 12 червня 1986 р. про охорону навколишнього середовища і, зокрема, ґрунту, коли осад стічних вод використовується в сільському господарстві [29].

Осади стічних вод — суспензії, що виділяються в процесі механічної, біологічної, фізико-хімічної та реагентної очистки побутових (господарсько-фекальних), виробничих (промислових) і дощових (атмосферних) стічних вод. Основними утворювачами осадів стічних вод є підприємства житлово-комунального господарства. Осади стічних вод утворюються на очисних спорудах систем водовідведення (комунальної або приватної власності) в процесі очищення стічних вод. В Україні ситуація з переробленням осадів стічних вод, порівняно з іншими країнами світу, є вкрай негативною. На сьогодні на мулових майданчиках накопичено понад 5 млрд тонн осадів, з яких обробляється лише від 3 до 5%. Підприємства житлово-комунального господарства в середньому за рік скидають близько 3400 млн м³ стічних вод, з яких утворюється 17 млн м³ (0,5%) осаду стічних вод (0,7 млн тонн за сухою речовиною). Низький відсоток оброблення осадів стічних вод в

Україні переважно пов’язаний із недосконалим законодавством і застарілим обладнанням очисних споруд.

В Україні використовується здебільшого один спосіб захоронення мулового осаду — складування (депонування) (до 95%) осадів стічних вод і надлишкового активного мулу на мулових картах та/або накопичувачах із подальшим використанням оброблених відходів як технічних ґрунтів. Складуванню підлягають попередньо зневоднені осади стічних вод із вологістю не більше 80%. Це пов’язано з тим, що якість вітчизняних осадів мулу стічних вод не відповідає вимогам нормативів за вмістом важких металів. Проблема накопичення мулових осадів є актуальною на національному рівні — їхня площа на території України становить понад 1,5 тис. га, а обсяг накопиченого осаду станом на сьогодні перевищує 150 млн тонн, до яких щороку додається ще 5 млн тонн нових осадів. За відсутності механічного зневоднення осаду щорічна потреба в мулових майданчиках тільки для розміщення утвореного осаду стічних вод у м. Києві становить 14 га на рік, а для всієї України — 120 га на рік [29].

На прикладі ТОВ “Білоцерківвода” м. Біла Церква показано структуру енергетичних витрат у процесі очищення стічних вод та отримання ММСВ. Каналізаційні очисні споруди розташовані на відстані 3-х км від міста. Споруди введено в експлуатацію наприкінці 1971 р., а виведено на постійний технологічний режим наприкінці 1972 року. Проектна потужність очисних споруд I-ої черги — 45 тис. м³/добу. Друга черга очисних споруд міста спроектована в 1989 році за проектом ГПП “Укрводоканал-проект” із доведенням загальної потужності до 125 тис. м³/добу [30].

Не вдаючись до аналізу детальних технологічних процесів з очищення стічних вод, доцільно зазначити, що витрати електроенергії за рік становлять у середньому 1,4 млн кВт·год при середньодобовому очищенні стічних вод обсягом 28 тис. м³. На очищення 1 м³ стічних вод у середньому витрачається 0,14 кВт·год [31].

Якщо врахувати, що зі стічних вод утворюється 0,5% осаду, то на утворення 1 тонни мулових мас витрачається близько 30 кВт·год електроенергії.

ВИСНОВКИ

Наведено сучасні підходи до забезпечення сільського господарства поживними речовинами з погляду ресурсоефективності та сталого розвитку.

Показано роль сировинних та енергетичних витрат у виробництві мінеральних добрив

і в процесі отримання мулових мас стічних вод як альтернативного виду добрив.

Зазначено, що виробництво мінеральних добрив, зокрема азотних, є надзвичайно енергоємним процесом, який потребує значної кількості енергоресурсів для синтезу аміаку та супроводжується викидами парникових газів. Фосфорні й калійні добрива також потребують використання невідновлюваних мінеральних ресурсів і складних технологічних процесів.

Висвітлено роль мулових мас стічних вод як побічного продукту очищення стічних вод, отримання яких не потребує додаткових природних ресурсів. Показано, що основні енергетичні витрати припадають на процеси подачі, фільтрації, аерації, зневоднення та стабілізації стічних вод. Загалом витрати енергії на одер-

жання ММСВ у кілька разів нижчі, ніж під час виробництва традиційних мінеральних добрив. Для отримання 1 тонни мулових мас витрачається майже 30 кВт·год електроенергії.

Показано, що до складу ММСВ входять органо-мінеральні сполуки, які визначають його агрономічну цінність. У контексті переходу до сталого розвитку використання ММСВ як добрива є перспективним напрямом, який дає змогу зменшити залежність аграрного сектора від викопних ресурсів і водночас оптимізувати систему управління відходами.

Визначено доцільність науково обґрунтованого використання ММСВ як економічно вигідного та екологічно прийняттого ресурсу в системі сталого сільського господарства під час вирощування зернових і технічних культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Energy efficiency and CO₂ emissions in ammonia production: 2008–2009 summary report / International Fertilizer Association. Paris: IFA, 2009. 3 p. URL: https://www.inference.org.uk/sustainable/images/2009_tech_energy_efficiency.pdf (accessed: 05.10.2025).
2. Acharya B., Kaushik P., Singh S. et al. Potential use of sewage sludge as fertilizer in organic farming. *Cleaner Waste Systems*. 2025. Vol. 10. 100245. P. 245–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100245>
3. Smith C., Hillier J., Ostle N. Ammonia production and its carbon footprint: global implications for climate policy. *Environmental Science & Policy*. 2020. Vol. 114. P. 123–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.028.014>
4. Skowrońska M., Filipek T. Life cycle assessment of fertilizers: a review. *International Agrophysics*. 2014. Vol. 28. P. 101–110. DOI: <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0032>
5. Cordell D., Neset T.-S. S. Phosphorus vulnerability: a qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multi-dimensional stressors of phosphorus scarcity. *Global Environmental Change*. 2014. Vol. 24. P. 108–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.005>
6. Egle L., Rechberger H., Krampe J., Zessner M. Phosphorus recovery from municipal wastewater: an integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 571. P. 522–542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.019>
7. Fyttili D., Zabaniotou A. Utilization of sewage sludge in EU: application of old and new methods — a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008. Vol. 12, iss. 1. P. 116–140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.014>
8. Xu J. Nutrient recovery and reuse from sewage sludge: review. *Bioresource Technology Reports*. 2024. Vol. 25. P. 101–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101825>
9. Clarke B. O., Smith S. R. Review of “emerging” organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environment International*. 2011. Vol. 37. P. 226–247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004>
10. Usman M. I., Tizaoui C. A critical review of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater biosolids and sludge. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2025. Vol. 13, iss. 6. P. 120–127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.120422>
11. Gusiatin M., Kulikowska D., Bernat K. Municipal sewage sludge as a resource in the circular economy. *Energies*. 2024. Vol. 17, iss. 11. P. 24–37. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17112474>
12. Jabłoński S., Łukaszewicz M., Kułczyński M. Manure processing as energy efficient fertilizer production technology. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2025. Vol. 27. P. 3573–3587. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-024-03051-2>
13. Wowra K., Zeller V., Schebek L. Nitrogen in life cycle assessment (LCA) of agricultural crop production systems: comparative analysis of regionalization approaches. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 763, 143009. P. 143–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143009>
14. Krimer A., Rodriguez E. Green fertilizer markets and innovation / Rocky Mountain Institute (RMI). 2025. URL: <https://rmi.org/green-fertilizer-markets-innovation> (accessed: 05.10.2025).
15. Climate tech explained: fertilizer. *The Financial Times*. 2024. URL: <https://www.ft.com/content/47967aca-6958-4ae7-b27e-011fd65a33a9> (accessed: 10.11.2025).
16. Експертний висновок на технологію приготування рідких комплексних добрив марки КАС. Суми, 2023.
17. У 2014 році Черкаський “Азот” збільшив виробництво продукції на 2,8%. *Ostchem*. 2015. 05 лют. URL: <http://www.ostchem.com/uk/press-tsentr/publikatsii/12/v-2014-godu-cherkasskiy-azot-uvelichil-proizvodstvo-produktsiina-2-8> (дата звернення: 10.11.2025).
18. Український виробник міндобрив значно знизив вартість власної продукції. *SuperAgronom.com*. 2022. 17 лют. URL: <https://superagronom.com/news/14975-ukrayinskiy-virobnik-mindobriv-znachno-zniziv-vartist-vlasnoyi-produktsiyi> (дата звернення: 10.11.2025).

19. ТОВ “ІНФО КАР”: офіційний сайт компанії. URL: <https://infokar.com.ua> (дата звернення: 10.11.2025).
20. Zhang X., Davidson E., Mauzerall D. et al. Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*. 2015. Vol. 528. P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature15743>
21. Дубовий О. В. Екологічна оцінка технологій вирощування озимої пшениці в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16. Київ, 2013. 21 с.
22. Дубовий В. І., Будак О. О., Холоденко І. В., Ляшинська О. В. Роль мулових мас стічних вод у розширенні асортименту органо-мінеральних добрив. *Збалансоване природокористування*. 2025. № 2. С. 113–119. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2025.337157>
23. Kelessidis A., Stasinakis A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*. 2012. Vol. 32, iss. 6. P. 1186–1195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.012>
24. Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture: consolidated text. *Council of the European Union*. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1986/278/2022-01-01> (accessed: 05.10.2025).
25. Зоріна О. В., Маврікин Є. О. Сучасні підходи до обробки та утилізації вторинних осадів господарсько-побутових стічних вод. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 55–68. DOI: 10.31073/mivg202102-301
26. Basic information about sewage sludge and biosolids. *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*. URL: <https://www.epa.gov/biosolids/basic-information-about-sewage-sludge-and-biosolids> (accessed: 05.10.2025).
27. Bianchini A., Bonfiglioli L., Pellegrini M., Saccani C. Sewage sludge management in Europe: a critical analysis of data quality. *International Journal of Environment and Waste Management*. 2016. Vol. 18, no. 3. P. 226–238. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEW.2016.10001645>
28. New rules on urban wastewater management set to enter into force on 20 December 2024. *European Commission*. 2024. URL: https://environment.ec.europa.eu/news/new-rules-urban-wastewater-management-set-enter-force-2024-12-20_en (accessed: 02.11.2025).
29. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року та визнання такими, що втратили чинність, деяких актів: розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1353-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: 02.11.2025).
30. Інвестиційна програма на 2020 рік. Київ: ТОВ “Білоцерківвода”, 2020.
31. Виробничо-фінансові показники за квітень 2025 року. ТОВ “Білоцерківвода”. URL: <https://bcvoda.com.ua/reports/virobnicho-finansovi-pokazniki-za-kviten-2025> (дата звернення: 12.10.2025).

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF MINERAL FERTILIZER PRODUCTION AND SEWAGE SLUDGE RECOVERY

Dubovyi V.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Bila Tserkva National Agrarian University (Bila Tserkva, Ukraine)
e-mail: vidubovy@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8637-0023>

Klishchenko S.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Bila Tserkva National Agrarian University (Bila Tserkva, Ukraine)
e-mail: klisch@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5956-8137>

Budak O.

Candidate of Agricultural Sciences
Bila Tserkva National Agrarian University (Bila Tserkva, Ukraine)
e-mail: olegkrivbas@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9166-1557>

Kholodenko I.

Postgraduate Student
Bila Tserkva National Agrarian University (Bila Tserkva, Ukraine)
e-mail: khodenkoivan@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4978-9079>

The article examines modern approaches to providing agriculture with nutrients from the perspective of resource efficiency, energy saving, and sustainable development. The main focus is on comparing the raw material and energy inputs required for the production of traditional mineral fertilizers and the generation of sewage sludge (SS) as an alternative type of organo-mineral fertilizer. It is shown that the production of mineral fertilizers, particularly nitrogen-based ones, is extremely energy-intensive and is accompanied by significant emissions of greenhouse gases — CO₂, N₂O, and CH₄, which negatively affect the environment and contribute to global climate change. Ammonia synthesis, the key component of nitrogen fertilizers, requires large amounts of natural gas, electricity, and hydrogen. The production of phosphorus and potassium fertilizers also relies on non-renewable mineral resources, the extraction of which leads to land degradation, the formation of toxic waste, and water pollution. In contrast, sewage sludge is naturally formed during the treatment of municipal and industrial wastewater and therefore does not require additional natural resource inputs. The main energy costs

in obtaining sewage sludge are associated with pumping, filtration, aeration, dewatering, and stabilization processes; however, overall, these energy expenditures are several times lower than those for producing traditional mineral fertilizers. Sewage sludge contains organic matter, as well as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium compounds, and trace elements essential for plant growth and development, which ensures its high agronomic value. In the context of the transition to a circular economy, the use of sewage sludge as a fertilizer is a promising approach to enhancing the environmental, energy, and economic efficiency of agricultural production. The article provides an analytical justification for the feasibility of implementing these environmentally balanced practices in Ukraine.

Keywords: Haber–Bosch process, greenhouse gases, energy expenditures, raw material base, circular economy, agronomic value, wastewater treatment, sustainable development.

REFERENCES

1. International Fertilizer Association. (2009). *Energy efficiency and CO₂ emissions in ammonia production: 2008–2009 summary report*. Paris: IFA. Retrieved from https://www.inference.org.uk/sustainable/images/2009_tech_energy_efficiency.pdf
2. Acharya, B., Kaushik, P., Singh, S., Agrahari, P., Kumar, B., Kumar, P., ... Arya, V. P. (2025). Potential use of sewage sludge as fertilizer in organic farming. *Cleaner Waste Systems*, 10, 245–250. doi: 10.1016/j.clwas.2025.100245
3. Smith, C., Hillier, J., & Ostle, N. (2020). Ammonia production and its carbon footprint: Global implications for climate policy. *Environmental Science & Policy*, 114, 123–132. doi: 10.1016/j.envsci.2020.028.014
4. Skowrońska, M., & Filipek, T. (2014). Life cycle assessment of fertilizers: A review. *International Agrophysics*, 28, 101–110. doi: 10.2478/intag-2013-0032
5. Cordell, D., & Neset, T.-S.S. (2014). Phosphorus vulnerability: A qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multi-dimensional stressors of phosphorus scarcity. *Global Environmental Change*, 24, 108–122. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2013.11.005
6. Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., & Zessner, M. (2016). Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 571, 522–542. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.019
7. Fytli, D., & Zabaniotou, A. (2008). Utilization of sewage sludge in EU: Application of old and new methods — a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(1), 116–140. doi: 10.1016/j.rser.2006.05.014
8. Xu, J. (2024). Nutrient recovery and reuse from sewage sludge: Review. *Bioresource Technology Reports*, 25, 101–105. doi: 10.1016/j.biteb.2023.101825
9. Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of “emerging” organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environment International*, 37, 226–247. doi: 10.1016/j.envint.2010.06.004
10. Usman, M. I., & Tizaoui, C. (2025). A critical review of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater biosolids and sludge. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 13(6), 120–127. doi: 10.1016/j.jece.2025.120422
11. Gusiati, M., Kulikowska, D., & Bernat, K. (2024). Municipal sewage sludge as a resource in the circular economy. *Energies*, 17(11), 24–37. doi: 10.3390/en17112474
12. Jabłoński, S., Łukaszewicz, M., & Kułazyński, M. (2025). Manure processing as energy efficient fertilizer production technology. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 3573–3587. doi: 10.1007/s10098-024-03051-2
13. Wowra, K., Zeller, V., & Schebek, L. (2021). Nitrogen in life cycle assessment (LCA) of agricultural crop production systems: Comparative analysis of regionalization approaches. *Science of the Total Environment*, 763, article number 143009. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143009
14. Krimer, A., & Rodriguez, E. (2025). *Green fertilizer markets and innovation*. Rocky Mountain Institute. Retrieved from <https://rmi.org/green-fertilizer-markets-innovation>
15. The Financial Times. (2024). *Climate tech explained: Fertilizer*. Retrieved from <https://www.ft.com/content/47967aca-6958-4ae7-b27e-011fd65a33a9>
16. Expert conclusion on the technology of preparing liquid complex fertilizers of the KAS brand. (2023). Sumy.
17. Ostchem. (2015, February 5). In 2014, Cherkasy “Azot” increased production by 2.8%. Retrieved from <http://www.ostchem.com/uk/press-tsentri/publikatsii/12/v-2014-godu-cherkasskiy-azot-uvelichil-proizvodstvo-produktsii-na-2-8>
18. SuperAgronom.com. (2022, February 17). *Ukrainian mineral fertilizer producer significantly reduced product prices*. Retrieved from <https://superagronom.com/news/14975-ukrayinskiy-virobnik-mindobriv-znachno-zniziv-vartistvlasnoyi-produktsiyi>
19. Official website of LLC “INFO CAR”. (2025). Retrieved from <https://infokar.com.ua>
20. Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528, 51–59. doi: 10.1038/nature15743
21. Dubovyi, O. V. (2013). *Ecological assessment of winter wheat cultivation technologies in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine* (Candidate dissertation abstract, Institute of Agroecology and Environmental Management, Kyiv, Ukraine).
22. Dubovyi, V. I., Budak, O. O., Kholodenko, I. V., & Liashynska, O. V. (2025). Role of sewage sludge masses in expanding the assortment of organo-mineral fertilizers. *Balanced Nature Using*, 2, 113–119. doi: 10.33730/2310-4678.2.2025.337157
23. Kelessidis, A., & Stasinakis, A. S. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*, 32(6), 1186–1195. doi: 10.1016/j.wasman.2012.01.012

24. Directive 86/278/EEC on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. (1986, 12 June). Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/1986/278/2022-01-01>
25. Zorina, O. V., & Mavrikin, Ye. O. (2021). Modern approaches to treatment and utilization of secondary domestic wastewater sludge. *Melioration and Water Management*, 2, 55–68. doi: 10.31073/mivg202102-301
26. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). *Basic information about sewage sludge and biosolids*. Retrieved from <https://www.epa.gov/biosolids/basic-information-about-sewage-sludge-and-biosolids>
27. Bianchini, A., Bonfiglioli, L., Pellegrini, M., & Saccani, C. (2016). Sewage sludge management in Europe: A critical analysis of data quality. *International Journal of Environment and Waste Management*, 18(3), 226–238. doi: 10.1504/IJEW.2016.10001645
28. European Commission. (2024). *New rules on urban wastewater management set to enter into force on 20 December 2024*. Retrieved from https://environment.ec.europa.eu/news/new-rules-urban-wastewater-management-set-enter-force-2024-12-20_en
29. Resolution No. 1353-r “On approval of the National Waste Management Plan until 2033”. (2024, December). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80#Text>
30. Bilotserkivvoda LLC. (2020). *Investment program for 2020*. Kyiv.
31. Bilotserkivvoda LLC. (2025). *Production and financial indicators for April 2025*. Retrieved from <https://bcvoda.com.ua/reports/virobnicho-finansovi-pokazniki-za-kviten-2025>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ДУБОВИЙ Володимир Іванович — доктор сільськогосподарських наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет (Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, Україна, 09117; e-mail: vidubovy@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8637-0023>).

КЛІЩЕНКО Станіслав Васильович — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Білоцерківський національний аграрний університет (Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, Україна, 09117; e-mail: klisch@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0006-5956-8137>).

БУДАК Олег Олегович — кандидат сільськогосподарських наук, асистент, Білоцерківський національний аграрний університет (Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, Україна, 09117; e-mail: olegkrivbas@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9166-1557>).

ХОЛОДЕНКО Іван Володимирович — аспірант, Білоцерківський національний аграрний університет (Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, Україна, 09117; e-mail: khodenkoivan@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-4978-9079>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

В Україні дев'ять енергоефективних проєктів отримають держпідтримку. Державна підтримка дозволить реалізувати енергоефективні ініціативи в дев'яти регіонах України, зокрема будівництво сонячних електростанцій, облаштування теплових насосів, енергомодернізацію будівель та інші роботи для підприємств і громад. Фінансування забезпечить Фонд декарбонізації України, що дозволить скоротити викиди CO₂ на 4288 т щорічно. На Закарпатті збудують СЕС потужністю 3,8 МВт із акумулятором 6,9 МВт·год, очікуване скорочення викидів — 1437 т на рік. У Житомирі облаштують когенераційну установку RSE 4500 для місцевого підприємства, що знизить викиди на 1850 т. У Тернополі змонтують теплові насоси та СЕС 0,28 МВт із зарядною станцією для електрокарів — економія 106 т CO₂. Уперше Фонд профінансує енергомодернізацію багатопверхівки в Луцьку, а також реалізує проєкти на Київщині, Миколаївщині, Івано-Франківщині, у Дніпрі та Запоріжжі.

CRISIS MANAGEMENT OF RADIOACTIVELY CONTAMINATED TERRITORIES: SOCIO-ECONOMIC BARRIERS TO RECOVERY IN UKRAINE'S POLISSIA REGION

Raichuk L.

*Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>*

The article is devoted to a comprehensive analysis of the socio-economic barriers to the recovery of radioactively contaminated territories in Ukraine's Polissia region within the framework of crisis ecological management. The study covers the five regions most affected by the Chernobyl nuclear disaster — Volyn, Zhytomyr, Kyiv, Rivne, and Chernihiv oblasts — for the period 2010–2021, with a retrospective analysis of demographic processes since 1991 and an assessment of the impact of the full-scale war that began in 2022. The methodology is based on an interdisciplinary approach that combines statistical and correlation analysis, the comparative-geographical method, and dynamic time-series analysis. The information base consists of data from the State Statistics Service of Ukraine, regional statistical offices, the Ministry of Education and Science of Ukraine, and international organisations. The results reveal a catastrophic demographic crisis, with population decline ranging from 11% to 31% depending on the region, critically high unemployment with pronounced gender differentiation, and a dangerous economic dependence of the population on subsistence farming. Up to 40% of rural households' income is derived from the sale of products from private plots and forest goods, creating a vicious circle of consumption of potentially contaminated produce. The study also identifies the problem of energy poverty: more than half of rural dwellings are heated with firewood from local forests in the complete absence of legislative standards for radioactive contamination of fuel wood. Correlation analysis established a non-linear relationship between the level of radioactive contamination and socio-economic indicators, with the strongest linkages observed in the most heavily contaminated zones. Four self-reinforcing vicious cycles were identified: poverty — risk, depopulation — degradation, disinvestment, and education — human capital, collectively forming a “depression trap”. The superimposition of the military conflict has created a “triple crisis” situation, dramatically narrowing the scope for managerial solutions. The findings demonstrate that radioactive contamination does not act as a direct cause but rather as a catalyst of socio-economic depression, generating additional barriers to development. The conclusions have practical implications for the design of crisis management strategies and regional policy, emphasising the need for comprehensive rehabilitation programmes supported by large-scale external assistance and systemic structural reforms.

Keywords: *Chernobyl disaster, Ukrainian Polissia, complex crisis, ecological management, depopulation, human capital, full-scale war.*

INTRODUCTION

Crisis environmental management has gained particular significance in the context of the 21st century's global challenges, as territories increasingly face compounding crises of various origins — from industrial disasters to armed conflicts. The radioactive contamination of vast territories following the Chernobyl Nuclear Power Plant accident created a unique situation requiring long-term management strategies addressing not only radioecological but also socio-economic consequences of the disaster.

International research has repeatedly emphasized the contradictory nature of existing assumptions about the direct link between radioactive contamination and socio-economic decline

in affected regions, pointing to the need for a comprehensive approach to understanding how environmental crises impact territorial development [1].

Global experience in managing radioactively contaminated territories demonstrates how difficult it is to clearly separate the direct and indirect consequences of radiation exposure from the effects of other socio-economic factors. This is particularly true for long-term effects that manifest only decades after an accident. Moreover, most research focuses predominantly on radioecological and medical aspects, while systematic analysis of the socio-economic barriers preventing recovery of affected territories remains insufficiently developed.

In the Ukrainian context, the situation is complicated by the overlap of several crisis factors: the decades-long consequences of the Chernobyl disaster, systemic socio-economic depression in the region, demographic crisis, and, since 2022, the consequences of full-scale war. Ukrainian Polissia demonstrates persistent negative trends across most socio-economic indicators [2]. Total unemployment, caused by the absence of jobs, and consequently low household incomes, contributed to the development of illegal amber mining, particularly in Rivne and Zhytomyr oblasts [3]. As of 2021, the poverty risk for residents of the Chernobyl zone exceeded the national average by 1.7 times [4], indicating the systemic nature of the problem.

Despite nearly four decades since the accident, the question of the relationship between the direct impact of radioactive contamination and indirect socio-economic factors on the quality of life in affected territories remains unresolved. The lack of clear understanding of these interconnections makes it impossible to develop effective crisis management strategies that account for both environmental and socio-economic dimensions of the problem. The question of food consumption patterns among the population under economic depression becomes particularly urgent, when consumption of locally produced radioactively contaminated products becomes not a conscious choice but a consequence of poverty and lack of alternatives [5–7]. Income from selling products grown in household plots on radioactively contaminated territory in Zhytomyr oblast accounts for approximately 25% for rural families, while forest products contribute 14.3%, totaling nearly 40% [8].

An additional dimension of the problem is the transformation of the environmental education system under conditions of armed conflict, since education determines changes in population behavior, including consumption patterns, which is critically important for radioactively contaminated territories. The destruction of educational infrastructure, emigration of teachers and students, and deterioration of mental health among educational participants create additional barriers to forming an environmentally conscious population capable of adequately responding to radioecological challenges [9–11].

The aim of this work is to characterize the socio-economic barriers to recovery of radioactively contaminated territories in Ukrainian Polissia in the context of crisis environmental management and to identify the interconnections between radioecological conditions, the socio-economic status of the population, and opportunities for balanced regional development under conditions of multi-level crises.

REVIEW OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

The problem of managing radioactively contaminated territories and their socio-economic recovery is the subject of interdisciplinary research at the intersection of radioecology, social geography, environmental economics, and crisis management. In the global scientific literature, studies of the consequences of major radiation accidents have traditionally focused on the medical and biological aspects of population exposure and long-term health effects. Fundamental works published under the auspices of international organizations (IAEA, WHO, UNSCEAR) have formed a basic understanding of radioecological processes and their impact on ecosystems. However, by the early 2000s, it became evident that a purely radiological approach does not explain the scale of socio-economic depression in affected regions. A landmark report for UNDP and UNICEF was the first to systematically question the direct causal relationship between radioactive contamination levels and population quality of life, emphasizing the role of psychosocial factors, economic depression, and ineffective governance [1].

Contemporary research increasingly recognizes the complex nature of radiation accidents' impact on socio-economic systems. In works by Japanese researchers on the consequences of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, particular attention is paid to the social consequences of evacuation, destruction of local communities, and economic losses from removing territories from economic circulation. For instance, A. Hasegawa et al. analyzed the psychosocial consequences of forced evacuation and found that psychological stress, stigmatization, and loss of social capital may have longer-lasting effects than the direct radiation impact on population health [12]. M. Murakami et al. investigated the relationship between radiation risk perception and quality of life among evacuated populations, demonstrating that socio-economic factors play a more important role in long-term well-being than actual radiation doses [13].

In the context of post-Chernobyl research, particular attention is drawn to works on the long-term socio-economic consequences of the disaster. J. M. Samet and J. Seo analyzed the economic losses of the three most affected countries (Belarus, Ukraine, Russia) and concluded that indirect economic damages related to restrictions on economic activity, population resettlement, and social payments exceeded direct accident losses by tens of times [14]. Research by A. M. Danzer and N. Danzer revealed long-term economic consequences of the Chernobyl disaster for the Ukrainian labor market, particularly persistent declines

in employment and income in affected regions even 25 years after the accident, with these effects not fully explained by territorial radioactive contamination [15]. A. Petryna proposed the concept of "biological citizenship," describing how affected populations construct their identity around the status of radiation disaster victims, which has ambivalent consequences for the region's socio-economic development [16]. Studies of migration processes in affected territories demonstrate complex dynamics. H. Lehmann and J. Wadsworth found that migration from radioactively contaminated territories is selective: predominantly young, educated, and economically active individuals leave the regions, exacerbating depopulation and economic decline [17].

An important research direction is analyzing the effectiveness of rehabilitation and recovery strategies for affected territories. IAEA summarized international experience with remediation measures and concluded that the most effective are comprehensive programs combining technical radiation protection measures with economic support and social interventions [18]. J. T. Smith and N. A. Beresford analyzed the environmental and social consequences of the accident and emphasized the need for an integrated approach to managing radioactively contaminated territories that considers not only radiological but also socio-economic and psychological aspects [19].

Particular attention in international literature is given to the problem of risk communication and forming adequate perception of radiation threats among the population. P. Slovic et al. demonstrated that radiation risk perception often does not correlate with actual danger levels and is largely determined by trust in authorities and institutions [20]. This problem is especially relevant for the post-Chernobyl context, where the history of information concealment by Soviet authorities formed persistent public distrust of official information sources.

In the context of agricultural use of radioactively contaminated lands and forestry, a number of works by both domestic and foreign scientists, as well as reports from international organizations [21], are important, having summarized experience in agricultural land rehabilitation and proposed strategies for reducing radionuclide transfer into agricultural products.

In the context of military actions and their impact on radioactively contaminated territories, scientific discourse is only forming. The World Bank estimated damages to Ukraine's education sector from full-scale Russian aggression at \$13.923 billion [22]. As of May 2022 alone, 25,000 educators (6% of the total) left Ukrainian territory, and 665,000 students and schoolchildren

(16% of the total) departed from Ukraine [23]. However, a comprehensive analysis of the impact of military actions on the radioecological situation and prospects for recovery of Chernobyl-affected territories is still lacking. Conceptual frameworks for crisis environmental management are being developed in works [24; 25], which proposed theoretical models for managing crisis situations that can be adapted to the context of long-term environmental crises.

At the same time, significant gaps in scientific understanding of the problem must be acknowledged. First, there is a lack of research integrating radioecological, socio-economic, and psychological aspects into a unified analytical model of crisis management for post-Chernobyl territories. Second, the mechanisms of forming consumption behavior patterns among the population under compounding crises (radioactive contamination + economic depression + armed conflict) remain insufficiently studied. Third, research on the impact of military actions on the radioecological situation and socio-economic prospects of affected territories is practically absent. Fourth, the role of education in forming population adaptation strategies to life on radioactively contaminated territories requires deeper analysis, especially in the context of environmental education system transformation under martial law.

Thus, despite a significant body of scientific publications on individual aspects of the problem, comprehensive research on socio-economic barriers to recovery of radioactively contaminated territories in the context of crisis management and multi-level crises remains an urgent task for contemporary science.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted based on a comprehensive interdisciplinary approach combining methods of spatial analysis, socio-economic statistics, and correlation modeling.

The research objects were five oblasts of Ukrainian Polissia that experienced the greatest radioactive contamination following the Chernobyl Nuclear Power Plant accident: Volyn, Zhytomyr, Kyiv, Rivne, and Chernihiv oblasts. The analysis was conducted differentially for four zones of radioactive contamination. The main analysis covers the period 2010–2021, which allows assessment of long-term socio-economic development trends under relatively stable conditions. Retrospective data from 1991 was used for analyzing demographic trends. The impact of full-scale war (from 2022) on the education system and socio-economic situation in the region was analyzed separately. The research information base consisted of: official

statistical data from the State Statistics Service of Ukraine for 1991–2021 [26]; data from regional statistical offices of Volyn, Zhytomyr, Kyiv, Rivne, and Chernihiv oblasts [27–31]; information from the Ministry of Education and Science of Ukraine, Unified State Electronic Database on Education [32]; official data on radioactive contamination of territories [33]; assessments by international organizations, particularly the World Bank report [22].

To achieve the stated goal, a complex of general scientific and special methods was used: *statistical analysis* — for processing arrays of socio-economic indicators; *correlation analysis* — for identifying relationships between radioecological parameters and socio-economic indicators (Pearson correlation coefficient); *comparative-geographical method* — for comparing socio-

economic indicators of the studied oblasts and identifying regional characteristics of radioactive contamination's impact on territorial development; *dynamic (temporal) analysis* — for identifying trends and patterns of changes in socio-economic indicators.

Statistical data processing was conducted using software packages for statistical analysis. The critical significance level for testing statistical hypotheses was set at 0.05 ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Demographic crisis as an indicator of multi-level crisis. Analysis of the demographic situation in radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissia revealed a persistent trend toward population decline caused by both natural decrease and migration loss (Fig. 1, 2).

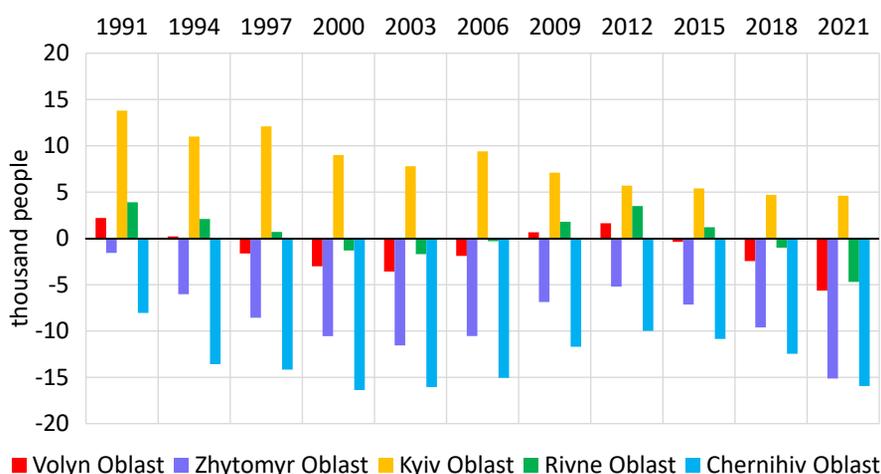


Fig. 1. Natural population increase/decrease in Ukrainian Polissia, 1991–2021, thousand persons
Source: compiled by the author based on [27–31].

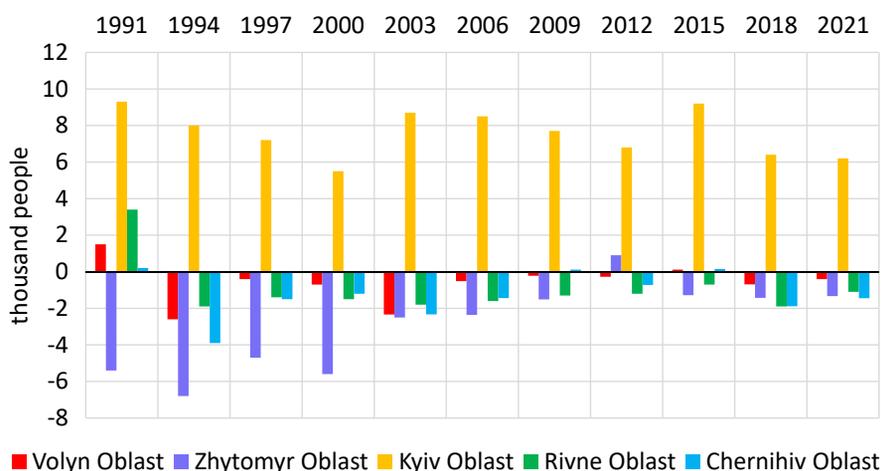


Fig. 2. Migration increase/decrease in Ukrainian Polissia, 1991–2021, thousand persons
Source: compiled by the author based on [27–31].

All oblasts of the region, except Kyiv, are characterized by negative natural population growth, indicating a deep demographic crisis. The dynamics relative to the baseline year of 1990 are particularly revealing: as of 2021, the population decreased by 31% in Chernihiv oblast, 24% in Zhytomyr, 11% in Volyn, and 13% in Rivne. Kyiv oblast demonstrates a different trajectory with moderate population growth since 2012, explained by its capital status and higher investment attractiveness.

Analysis of the age structure of migration is critically important. The greatest outflow is observed in the 15–19 age category, traditionally associated with leaving for education. However, from age 25 onward, the migration balance remains persistently negative, indicating young people's unwillingness to return to the region after obtaining education. This pattern is critical for crisis management, as it indicates not temporary but irreversible loss of human capital by the region. Kyiv oblast, conversely, accumulates labor force from the 20+ age category, including through outflow from neighboring Polissia oblasts, which intensifies peripheralization of the latter.

Interestingly, contrary to the widespread belief about catastrophic rural depopulation, official data do not confirm significant differentiation in the rates of rural and urban population decline — the dynamics proved approximately the same for both settlement types. This refutes the hypothesis about the predominantly rural nature of the demographic crisis and points to the systemic nature of the problem encompassing the entire settlement network of the region.

Unemployment as a marker of structural economic crisis. The unemployment rate in all studied oblasts without exception for 2019–2021 demonstrated steady growth, with pronounced gender and spatial differentiation. Female un-

employment exceeds the corresponding indicator for males by 2 times in Volyn oblast, 1.2 times in Zhytomyr and Kyiv oblasts, and 2.4 times in Rivne oblast. Only Chernihiv oblast shows the opposite trend with female unemployment 20% lower than among males, which may be explained by the specifics of sectoral employment structure.

Analysis by locality type revealed that rural unemployment everywhere except Rivne oblast predominates over urban. This Rivne anomaly is explained by employment structure: in the region's most common industries (agriculture and forestry), predominantly male population is employed, which correlates with data on the gender structure of unemployment.

From a crisis management perspective, critically important is the fact that high unemployment serves not merely as an economic indicator but as a determinant of dangerous population behavior. The absence of legal income sources pushes residents toward risky practices: illegal amber mining (especially in Rivne and Zhytomyr oblasts) [16], poaching, collection and sale of radioactively contaminated forest products [8]. This creates the phenomenon of “dose export” — contaminated products entering spontaneous markets in large cities, expanding the geography of radiation risk.

Expenditure structure as an indicator of economic vulnerability. Analysis of total household expenditures revealed a paradoxical trend: during 2010–2021, the structure of consumer spending shows an increase in the share of non-food goods and a decrease in food expenditures. Formally, this indicates slight improvement in population welfare. However, detailed analysis of population distribution by income level refutes the optimistic interpretation: the share of population with incomes below 6,000 UAH per month is highest precisely in Rivne, Zhytomyr, and Volyn oblasts (71.0%, 70.9%, and 70.7% respectively) (Fig. 3).

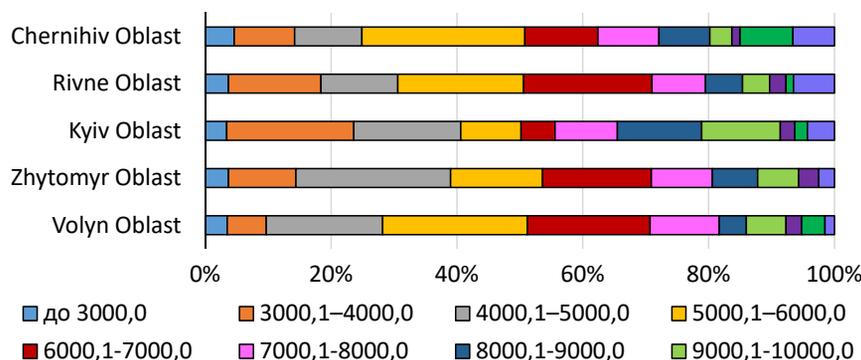


Fig. 3. Distribution of population (%)

by level of average per capita equivalent total monthly income in 2021, UAH

Source: compiled by the author based on [27–31].

From a crisis management perspective, particular attention deserves the structure of rural population income: up to 40% consists of income from selling household plot products (25%) and forest products (14.3%) [6; 7]. This creates a vicious circle: low income → dependence on subsistence farming → consumption of own potentially contaminated products → increased radiation dose → health deterioration → reduced work capacity → further impoverishment.

Revealing is the share of expenditures on alcoholic beverages and tobacco products: the highest indicators were recorded in Rivne and Zhytomyr oblasts (2.7% and 2.8% respectively) — precisely those regions characterized by the worst socio-economic indicators. Combined with data on population mortality from circulatory system diseases and neoplasms — the most common long-term medical consequences of the disaster — this points to the synergistic effect of radiation and socio-economic stress on population health.

Energy poverty and radiation risk. Research on housing conditions revealed a critical problem demonstrating a direct link between economic depression and radiation risk. According to a survey of Zhytomyr oblast residents, 51.4% of rural dwellings are heated with firewood from the nearest forest, and only about a quarter use natural gas [6; 7]. Under the energy crisis conditions of 2022–2023, caused by energy infrastructure destruction, this problem acquired nationwide scale; however, for radioactively contaminated territories it has a specific dimension. Critical is that permissible levels of radioactive contamination in fuel wood are not legally regulated, making effective control and management of this risk impossible.

From a crisis management perspective, this situation illustrates the classic conflict between short-term survival and long-term safety. The population consciously or unconsciously chooses energy accessibility at the expense of radiation safety, since alternatives are absent or economically inaccessible.

Education as both a factor and victim of crisis. Education expenditures remain critically low in all oblasts of the region (1.0–1.6% of total household expenditures) [27–31]. This indicates insufficient investment in human capital — the primary resource for crisis recovery. Full-scale war added new dimensions to the education crisis. According to data from the Ministry of Education and Science of Ukraine, in 2024 only 3,765 applications were submitted for the specialty (101) Ecology for bachelor's degree compared to 10,028 applications in pre-war 2021 — a nearly three-fold reduction [32]. The average entrance score decreased by 20 points, reflecting both emigration

of potential students and deterioration of school education quality.

Correlation analysis: identifying systemic connections. Correlation analysis revealed a complex system of interconnections between radioecological and socio-economic parameters (Table 1). The strongest relationship is observed between the number of settlements in the mandatory resettlement zone and the level of urban ($r=0.71$) and rural unemployment ($r=0.64$), as well as with total household expenditures ($r=-0.79$). This confirms that the most contaminated territories experience the most acute socio-economic crisis.

Interesting is the moderate correlation between the area of contaminated agricultural land and potato planting areas ($r=0.65$), indicating adaptation of the agricultural sector: potatoes as a crop with lower radionuclide accumulation become a priority on contaminated territories. At the same time, the strong negative relationship between contamination area and grain crops ($r=-0.95$) points to forced transformation of agricultural specialization.

The most important conclusion of the correlation analysis is revealing the nonlinear nature of the relationship between radioactive contamination and socio-economic indicators. For the most contaminated zones, the connection is strong and obvious; however, for less contaminated territories, the radiation factor recedes to the background, yielding to other development determinants — distance from regional centers, transport accessibility, presence of large enterprises. This refutes the simplified notion of direct causality “contamination → depression” and points to the need for differentiated crisis management strategies for different zones.

CONCLUSIONS

The research illuminated the clear role of socio-economic barriers as a systemic problem. Integrated analysis revealed that socio-economic barriers to recovery of radioactively contaminated territories are systemic in nature and form closed cycles of mutual reinforcement:

1. Poverty — risk cycle: low income → dependence on subsistence farming → consumption of contaminated products → health deterioration → reduced work capacity → further impoverishment.
2. Depopulation — degradation cycle: youth outflow → population aging → decreased economic activity → infrastructure deterioration → further outflow → depopulation.
3. Disinvestment cycle: low investment attractiveness → absence of jobs → migration → market contraction → further disinvestment.
4. Education — capital cycle: education un-

Table 1

Correlation matrix of sustainable development indicators for Ukrainian Polissia

	cont_ag	cont_forest	zone1	zone2	zone3	zone4	total_sett	unemp_city	unemp_rural	expenses	nat_growth	mig_growth	population	forest_reprod	cattle	pigs	sheep_goats	poultry	grains	sugar_beet	sunflower	potato	vegetables	fruit	cap_invest	cur_invest
cont_ag	1.00																									
cont_forest	1.00	1.00																								
zone1	0.30	0.22	1.00																							
zone2	-0.51	-0.46	-0.42	1.00																						
zone3	0.95	0.95	0.20	-0.44	1.00																					
zone4	0.85	0.86	0.10	-0.38	0.97	1.00																				
total_sett	0.79	0.80	0.25	-0.04	0.88	0.88	1.00																			
unemp_city	-0.17	-0.11	-0.50	0.71	-0.29	-0.38	-0.13	1.00																		
unemp_rural	-0.22	-0.15	-0.68	0.64	-0.32	-0.38	-0.23	0.97	1.00																	
expenses	-0.82	-0.83	-0.25	-0.02	-0.72	-0.58	-0.79	-0.32	-0.17	1.00																
nat_growth	-0.14	-0.20	0.78	0.22	-0.22	-0.29	0.08	-0.05	-0.29	-0.16	1.00															
mig_growth	0.15	0.07	0.99	-0.33	0.07	-0.00	0.16	-0.50	-0.69	-0.13	0.84	1.00														
population	0.41	0.34	0.98	-0.34	0.32	0.22	0.41	-0.41	-0.62	-0.43	0.79	0.95	1.00													
forest_reprod	0.62	0.68	-0.37	0.17	0.76	0.80	0.81	0.19	0.20	-0.63	-0.43	-0.45	-0.20	1.00												
cattle	0.54	0.55	-0.15	-0.72	0.65	0.72	0.30	-0.59	-0.43	0.00	-0.70	-0.24	-0.16	0.41	1.00											
pigs	-0.02	-0.09	0.95	-0.24	-0.12	-0.21	-0.01	-0.38	-0.58	-0.04	0.89	0.98	0.89	-0.60	-0.40	1.00										
sheep_goats	0.39	0.31	0.92	-0.74	0.29	0.20	0.15	-0.70	-0.80	-0.12	0.49	0.88	0.86	-0.39	0.19	0.81	1.00									
poultry	0.23	0.15	0.98	-0.25	0.16	0.09	0.31	-0.44	-0.66	-0.26	0.87	0.99	0.98	-0.31	-0.26	0.95	0.83	1.00								
grains	0.29	0.25	0.30	-0.95	0.18	0.11	-0.26	-0.59	-0.48	0.21	-0.27	0.23	0.18	-0.37	0.60	0.19	0.64	0.11	1.00							
sugar_beet	0.35	0.30	0.84	-0.01	0.20	0.06	0.40	0.01	-0.24	-0.60	0.86	0.82	0.91	-0.13	-0.47	0.81	0.60	0.87	-0.11	1.00						
sunflower	0.41	0.37	0.42	-0.99	0.31	0.24	-0.10	-0.65	-0.58	0.08	-0.19	0.33	0.32	-0.30	0.63	0.27	0.74	0.23	0.98	0.01	1.00					
potato	0.65	0.66	0.10	-0.20	0.85	0.94	0.88	-0.45	-0.46	-0.43	-0.17	0.04	0.21	0.77	0.61	-0.16	0.13	0.15	-0.09	0.04	0.04	1.00				
vegetables	0.42	0.35	0.98	-0.45	0.36	0.28	0.41	-0.55	-0.73	-0.35	0.72	0.96	0.99	-0.20	-0.03	0.88	0.91	0.97	0.27	0.83	0.41	0.28	1.00			
fruit	0.27	0.22	0.85	0.02	0.13	-0.01	0.34	0.01	-0.24	-0.53	0.90	0.83	0.90	-0.19	-0.52	0.84	0.60	0.89	-0.13	1.00	-0.02	-0.01	0.82	1.00		
cap_invest	0.24	0.17	0.81	-0.73	0.05	-0.09	-0.15	-0.48	-0.56	-0.04	0.43	0.77	0.72	-0.60	0.05	0.77	0.92	0.68	0.74	0.54	0.78	-0.23	0.74	0.54	1.00	
cur_invest	0.21	0.15	0.76	-0.60	-0.03	-0.21	-0.21	-0.25	-0.35	-0.12	0.47	0.72	0.68	-0.62	-0.12	0.75	0.82	0.63	0.65	0.60	0.68	-0.38	0.67	0.60	0.97	1.00

Legend: cont_ag — area of radioactively contaminated agricultural land, thousand ha; cont_forest — area of radioactively contaminated forests, thousand ha; zone1 — number of settlements in zone 1 (exclusion zone); zone2 — number of settlements in zone 2 (mandatory resettlement zone); zone3 — number of settlements in zone 3 (guaranteed voluntary resettlement zone); zone4 — number of settlements in zone 4 (enhanced radioecological control zone); total_sett — total number of settlements (sum across all zones); unemp_city — unemployment rate of working-age urban population in 2021, %; unemp_rural — unemployment rate of working-age rural population in 2021, %; expenses — total expenditures on average per month per household, UAH; nat_growth — natural population increase, thousand persons, 2021; mig_growth — migration increase, thousand persons, 2021; population — present population; forest_reprod — artificial forest reproduction, ha; cattle — cattle livestock, thousand heads; sheep_goats — sheep and goat livestock, thousand heads; poultry — poultry livestock, thousand heads; grains — sown area of grains and legumes, thousand ha; sugar_beet — sown area of sugar beet, thousand ha; sunflower — sown area of sunflower, thousand ha; potato — sown area of potatoes, thousand ha; vegetables — sown area of vegetables, thousand ha; fruit — area of fruit and berry plantations, thousand ha; cap_invest — capital investments in protection and rehabilitation of soil, underground and surface waters, total for 2006–2020, thousand UAH; cur_invest — current investments in protection and rehabilitation of soil, underground and surface waters, total for 2006–2020, thousand UAH.

Source: calculated by the author based on [26–33].

derfunding → low workforce qualification → labor market uncompetitiveness → migration of educated individuals → human capital loss → further education degradation.

The overlay of military crisis on chronic radioecological and socio-economic crises created a “triple crisis” situation that sharply narrowed the space of possible management decisions. Infrastructure destruction, territory mining, and population traumatization transformed the recovery problem from complex to critically complex.

Fundamentally important is the conclusion that radioactive contamination acts not so much as a direct cause of socio-economic depression

but rather as a catalyst and amplifier of general crisis processes. This aligns with conclusions of international research on the contradictory nature of direct links between radiation exposure and quality of life, but adds critically important understanding: even in the absence of direct impact, the radiation factor creates additional barriers to economic development, investment, and social mobility, which collectively form a “depression trap” from which the region cannot escape without large-scale external support and systemic structural reforms and implementation of crisis management strategy in regional governance.

REFERENCES

1. United Nations Development Programme, & United Nations Children's Fund. (2002, January 25). *The human consequences of the Chernobyl nuclear accident: A strategy for recovery* [Report]. UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs; World Health Organization. Retrieved from http://www.reliefweb.int/library/documents/2002/undp_rus_25jan.pdf
2. Libanova, E. M. (2014). Demographic shifts in the context of social development. *Demography and Social Economy, 1*, 9–23.
3. Baranovskyi, M. O. (2021). Ukrainian Polissia in the post-Soviet period: Development problems, economic transformations, current features. In *Ukrainian Polissia: Problems and trends of modern development: Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference* (pp. 86–89). Nizhyn: NDU im. Hoholia.
4. Libanova, E. M. (2011). The Chernobyl catastrophe: 25 years later. *Demography and Social Economy, 2*, 3–18.
5. Libanova, E. M. (Ed.). (2015). *Human development in Ukraine. Modernization of social policy: Regional aspect*. Kyiv: Ptoukha Institute for Demography and Social Studies of the National Academy of Sciences of Ukraine.
6. Romanchuk, L. D., Dovzhenko, V. A., Fedoniuk, T. P., Borisiuk, L. B., & Lopatiuk, O. V. (2017). In L. D. Romanchuk (Ed.), *Assessment of quality of life and radiation safety of rural population of radioactively contaminated territories* [Monograph]. Zhytomyr: Hrafiium.
7. Romanchuk, L. D., Herasymchuk, L. O., Kovalyova, S. P., Kovalchuk, Yu. V., & Lopatyuk, O. V. (2019). Quality of life of the population resident at the radioactively contaminated area in Zhytomyr Region. *Ukrainian Journal of Ecology, 9*(4), 478–485.
8. Kachur, D. P., Zamostian, P. V., Pankovska, H. P., Raichuk, L. A., Kuchma, M. D., & Sviatetska, A. V. (2010). Socio-environmental factors of consumer behavior of the population in radioactively contaminated areas of Polissia. *Agroecological Journal [Special issue]*, 106–110.
9. Anjum, G., Aziz, M., & Hamid, H. K. (2023). Life and mental health in limbo of the Ukraine war: How can helpers assist civilians, asylum seekers and refugees affected by the war? *Frontiers in Psychology, 14*, article number 1129299. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1129299
10. Khrushch, O., Moskalets, V., Fedyk, O., Karpiuk, Y., Hasiuk, M., Ivantsev, N., ... Arjjumend, H. (2023). Environmental and psychological effects of Russian war in Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources, 6*(1), 37–84. doi: 10.33002/nr2581.6853.060103
11. Kurapov, A., Pavlenko, V., Drozdov, A., Bezliudna, V., Reznik, A., & Israelowitz, R. (2023). Toward an understanding of the Russian-Ukrainian war impact on university students and personnel. *Journal of Loss and Trauma, 28*(2), 167–174. doi:10.1080/15325024.2022.2084838
12. Hasegawa, A., Ohira, T., Maeda, M., Yasumura, S., & Tanigawa, K. (2016). Emergency responses and health consequences after the Fukushima accident: Evacuation and relocation. *Clinical Oncology, 28*(4), 237–244. doi:10.1016/j.clon.2016.01.002
13. Murakami, M., Sato, A., Matsui, S., Goto, A., Kumagai, A., Tsubokura, M., ... Ochi, S. (2017). Communicating with residents about risks following the Fukushima nuclear accident. *Asia Pacific Journal of Public Health, 29*(2 Suppl.), 74S–89S. doi: 10.1177/1010539516681841
14. Smith, J. (2016). *The financial costs of the Chernobyl nuclear power plant disaster: A review of the literature* [Report]. University of Southern California, USC Institute on Inequalities in Global Health. Retrieved from https://globalhealth.usc.edu/wp-content/uploads/2016/01/2016_chernobyl_costs_report.pdf
15. Danzer, A. M., & Danzer, N. (2016). The long-run consequences of Chernobyl: Evidence on subjective well-being, mental health and welfare. *Journal of Public Economics, 135*, 47–60. doi: 10.1016/j.jpubeco.2016.01.001
16. Petryna, A. (2013). *Life exposed: Biological citizens after Chernobyl* (New and updated ed.). Princeton, Oxford: Princeton University Press.
17. Lehmann, H., & Wadsworth, J. (2011). The impact of Chernobyl on health and labour market performance. *Journal of Health Economics, 30*(5), 843–857. doi: 10.1016/j.jhealeco.2011.07.011
18. International Atomic Energy Agency. (2006). *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience* [Technical Reports Series No. 444]. Vienna: IAEA. Retrieved from https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239_web.pdf

19. Smith, J. T., & Beresford, N. A. (2005). *Chernobyl: Catastrophe and consequences*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/3-540-28079-0
20. Slovic, P., Flynn, J., & Layman, M. (1991). Perceived risk, trust, and the politics of nuclear waste. *Science*, 254(5038), 1603–1607. doi: 10.1126/science.254.5038.1603
21. Vandenhove, H., & Turcanu, C. (2016). Agricultural land management options following the Chernobyl and Fukushima accidents: The articulation of science, technology, and society. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 12(4), 662–666. doi: 10.1002/ieam.1826
22. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2024). *Ukraine — third rapid damage and needs assessment (RDNA3): February 2022–December 2023*. Washington, DC: World Bank Group. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/099021324115085807/P1801741bea12c012189ca16d95d8c2556a>
23. Nikolaiev, Ye., Rii, H., & Shemelynets, I. (2023). *Higher education in Ukraine: Changes due to the war*. Kyiv: Borys Grinchenko Kyiv University.
24. Quarantelli, E. L. (1988). Disaster crisis management: A summary of research findings. *Journal of Management Studies*, 25(4), 373–385. doi: 10.1111/j.1467-6486.1988.tb00043.x
25. Pearson, C. M., & Clair, J. A. (1998). Reframing crisis management. *Academy of Management Review*, 23(1), 59–76. doi: 10.5465/amr.1998.192960
26. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua>
27. Official website of the Main Department of Statistics in Volyn Region. (n.d.). Retrieved from <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua>
28. Official website of the Main Department of Statistics in Zhytomyr Region. (n.d.). Retrieved from <http://www.zt.ukrstat.gov.ua>
29. Official website of the Main Department of Statistics in Kyiv Region. (n.d.). Retrieved from <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua>
30. Official website of the Main Department of Statistics in Rivne Region. (n.d.). Retrieved from <http://www.gusrv.gov.ua>
31. Official website of the Main Department of Statistics in Chernihiv Region. (n.d.). Retrieved from <https://www.chernigivstat.gov.ua>
32. Ministry of Education and Science of Ukraine. (n.d.). *Register of educational activity entities. Unified State Electronic Database on Education*. Retrieved from <https://registry.edbo.gov.ua>
33. Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine. (2024). *Contamination of territory with cesium-137 (consequence of the accident at the Chornobyl Nuclear Power Plant, 1986). National Atlas of Ukraine*. Retrieved from <http://wdc.org.ua/atlas/7030100.html>

КРИЗОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ: СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ БАР'ЄРИ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Л. А. Райчук

кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>

Стаття присвячена комплексному аналізу соціально-економічних бар'єрів відновлення радіоактивно забруднених територій Українського Полісся в контексті кризового екологічного менеджменту. Дослідження охоплює п'ять найбільш постраждалих від аварії на Чорнобильській атомній електростанції областей: Волинську, Житомирську, Київську, Рівненську та Чернігівську, за 2010–2021 рр. з ретроспективним аналізом демографічних процесів від 1991 р. та оцінкою впливу повномасштабної війни від 2022 р. Методологія базується на міждисциплінарному підході, що поєднує статистичний і кореляційний аналіз, порівняльно-географічний метод і динамічний аналіз часових рядів. Інформаційну базу становлять дані Державної служби статистики України, обласних управлінь статистики, Міністерства освіти і науки України та міжнародних організацій. Результати виявили катастрофічну демографічну кризу зі скороченням населення на 11–31% залежно від області, критично високе безробіття з гендерною диференціацією та небезпечну економічну залежність населення від натурального господарства. До 40% доходів сільських родин формується від продажу продукції підсобних господарств і лісових продуктів, що створює замкнене коло споживання потенційно забрудненої продукції. Виявлено проблему енергетичної бідності, коли понад половина сільських осель опалюється дровами з місцевих лісів за відсутності законодавчих норм радіоактивного забруднення паливної деревини. Кореляційний аналіз встановив нелінійний характер залежності між радіоактивним забрудненням та соціально-економічними показниками, виявивши найсильніший зв'язок для найбільш забруднених зон. Дослідження ідентифікувало чотири замкнені цикли взаємопідсилення проблем: бідності — ризику, депопуляції — деградації, дезінвестування та освіти — капіталу, що формують “пастку депресії”. Накладення воєнного конфлікту створило ситуацію “потрійної кризи”, різко звузивши простір управлінських рішень. Результати доводять, що радіоактивне забруднення виступає не прямою причиною, а каталізатором соціально-економічної депресії, створюючи додаткові бар'єри для розвитку. Висновки

мають практичне значення для розробки стратегій кризового менеджменту та регіональної політики, підкреслюючи необхідність комплексних програм реабілітації з масштабною зовнішньою підтримкою та системними структурними реформами.

Ключові слова: Чорнобильська катастрофа, Українське Полісся, комплексна криза, екологічний менеджмент, депопуляція, людський капітал, повномасштабна війна.

ЛІТЕРАТУРА

1. The human consequences of the Chernobyl nuclear accident: a strategy for recovery. Report commissioned by the United Nations Development Programme and the United Nations Children's Fund with the support of the UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs and the World Health Organization / UNDP, UNICEF. 25 January 2002. 82 p. URL: http://www.reliefweb.int/library/documents/2002/undp_rus_25jan.pdf (accessed: 15.10.2025).
2. Лібанова Е. М. Демографічні зрушення в контексті соціального розвитку. *Демографія та соціальна економіка*. 2014. № 1. С. 9–23.
3. Барановський М. О. Українське Полісся в пострадянську добу: проблеми розвитку, економічні трансформації, особливості сьогодення. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 1–2 бер. 2021 року). Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2021. С. 86–89.
4. Лібанова Е. М. Чорнобильська катастрофа: 25 років потому. *Демографія та соціальна економіка*. 2011. № 2. С. 3–18.
5. Лібанова Е. М. Людський розвиток в Україні. *Модернізація соціальної політики: регіональний аспект*: кол. монографія / за заг. ред. Е. М. Лібанової. Київ: Інститут демографії та соціальних досліджень ім. М. В. Птухи НАН України, 2015. 356 с.
6. Оцінка якості життя та радіаційної безпеки сільського населення радіоактивно забруднених територій: монографія / Л. Д. Романчук, В. А. Довженко, Т. П. Федонюк та ін.; за заг. ред. Л. Д. Романчук. Житомир: Графіум, 2017. 268 с.
7. Romanchuk L. D., Herasymchuk L. O., Kovalyova S. P. et al. Quality of life of the population resident at the radioactively contaminated area in Zhytomyr region. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, iss. 4. P. 478–485.
8. Качур Д. П., Замостян П. В., Паньковська Г. П. та ін. Соціально-екологічні чинники споживчої поведінки населення на радіоактивно забруднених територіях Полісся. *Аероекологічний журнал*. 2010. Спецвипуск. С. 106–110.
9. Anjum G., Aziz M., Hamid H. K. Life and mental health in limbo of the Ukraine war: How can helpers assist civilians, asylum seekers and refugees affected by the war? *Frontiers in Psychology*. 2023. Vol. 14. 1129299. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1129299>
10. Khrushch O., Moskalets V., Fedyk O. et al. Environmental and psychological effects of Russian war in Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 2023. Vol. 6, iss. 1. P. 37–84. DOI: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.060103>
11. Kurapov A., Pavlenko V., Drozdov A. et al. Toward an understanding of the Russian-Ukrainian war impact on university students and personnel. *Journal of Loss and Trauma*. 2023. Vol. 28, iss. 2. P. 167–174. DOI: <https://doi.org/10.1080/15325024.2022.2084838>
12. Hasegawa A., Ohira T., Maeda M. et al. Emergency responses and health consequences after the Fukushima accident; evacuation and relocation. *Clinical Oncology*. 2016. Vol. 28, iss. 4. P. 237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clon.2016.01.002>
13. Murakami M., Sato A., Matsui S. et al. Communicating with residents about risks following the Fukushima nuclear accident. *Asia Pacific Journal of Public Health*. 2017. Vol. 29, iss. 2 (suppl.). P. 74S–89S. DOI: <https://doi.org/10.1177/1010539516681841>
14. Smith J. The financial costs of the Chernobyl nuclear power plant disaster: a review of the literature / USC Institute on Inequalities in Global Health. Los Angeles: University of Southern California, 2016. 49 p. URL: https://globalhealth.usc.edu/wp-content/uploads/2016/01/2016_chernobyl_costs_report.pdf (accessed: 20.10.2025).
15. Danzer A. M., Danzer N. The long-run consequences of Chernobyl: evidence on subjective well-being, mental health and welfare. *Journal of Public Economics*. 2016. Vol. 135. P. 47–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2016.01.001>
16. Petryna A. *Life exposed: Biological citizens after Chernobyl* (New and updated edition). Princeton, Oxford: Princeton University Press, 2013. xxv, 286 p. ISBN 978-0-691-15166-3.
17. Lehmann H., Wadsworth J. The impact of Chernobyl on health and labour market performance. *Journal of Health Economics*. 2011. Vol. 30, iss. 5. P. 843–857. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2011.07.011>
18. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience: Technical Reports Series, No. 444 / International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 2006. 166 p. ISBN 92-0-114705-8. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1239_web.pdf (accessed: 03.09.2025).
19. Smith J. T., Beresford N. A. Chernobyl: catastrophe and consequences. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 334 p. (Springer Praxis Books). ISBN 978-3-540-23866-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0>
20. Slovic P., Flynn J., Layman M. Perceived risk, trust, and the politics of nuclear waste. *Science*. 1991. Vol. 254, no. 5038. P. 1603–1607. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.254.5038.1603>
21. Vandenhove H., Turcanu C. Agricultural land management options following the Chernobyl and Fukushima accidents: the articulation of science, technology, and society. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2016. Vol. 12, iss. 4. P. 662–666. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.1826>
22. 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. URL: <http://>

- documents.worldbank.org/curated/en/099021324115085807/P1801741bea12c012189ca16d95d8c2556a (accessed: 23.10.2024).
23. Ніколаєв Є., Рій Г., Шемелинець І. Вища освіта в Україні: зміни через війну: аналітичний звіт. Київ: Київський університет імені Бориса Грінченка, 2023. 94 с.
 24. Quarantelli E. L. Disaster crisis management: a summary of research findings. *Journal of Management Studies*. 1988. Vol. 25, iss. 4. P. 373–385. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1988.tb00043.x>
 25. Pearson C. M., Clair J. A. Reframing crisis management. *Academy of Management Review*. 1998. Vol. 23, iss. 1. P. 59–76. DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.1998.192960>
 26. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 27. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Волинській області. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 28. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Житомирській області. URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 29. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Київській області. URL: <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 30. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Рівненській області. URL: <http://www.gusrv.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 31. Офіційний вебсайт Головного управління статистики у Чернігівській області. URL: <https://www.chernigivstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 32. Реєстр суб'єктів освітньої діяльності. *Єдина державна електронна база з питань освіти (ЄДБО) Міністерства освіти і науки України*. URL: <https://registry.edbo.gov.ua/> (дата звернення: 20.01.2022).
 33. Забрудненість території цезієм-137 (наслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції, 1986 р.). *Національний атлас України* / Інститут географії НАН України. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/7030100.html> (дата звернення: 16.01.2024).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

РАЙЧУК Людмила Анатоліївна — кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>).

НОВИНИ

Новини

Новини • Новини • Новини

ЄС інвестує майже €3 млрд у проекти з нульовим рівнем викидів. Проекти реалізують у 18 країнах євроспільноти, очікують скорочення викидів CO₂ на 221 млн т за перші 10 років. Гранти отримає 61 проект різного масштабу, фінансування надходить з Інноваційного фонду ЄС. Проекти охоплюють 19 секторів, зокрема енергоємні галузі, відновлювану енергетику, управління викидами та чисті технології, приклади — італійський проект DREAM з криогенним уловлюванням вуглецю та шведський BMS з виробництвом композитів PaperShell. В усіх проектах обов'язковий інноваційний технологічний складник, який оцінювали поряд із екологічним ефектом, відтворюваністю та економічною ефективністю. Раніше повідомляли, що українські промислові гравці виконують “зелену” модернізацію за власний кошт, держенергоефективності підтримує лише точкові енергоефективні проекти.

АНАЛІЗ ЗЕМЕЛЬ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ЧЕРКАСЬКОГО ТА КРОПИВНИЦЬКОГО РАЙОНІВ

В. Ю. Дубровський
аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: viachesd@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3208-935X>

О. С. Дем'янюк

доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) є базовим інструментом збереження біорізноманіття та екологічної стійкості як на рівні країни загалом, так і в умовах певних регіонів Центрального Придніпров'я. У роботі проведено визначення таких показників, як категорії природоохоронних територій і об'єктів, рівень заповідності, щільність природно-заповідного фонду та індекс розчленованості (інсуляризованості). Для Черкаського району характерна значна частка невеликих за площею природоохоронних об'єктів, які належать до нестійких через їхній розмір. Загалом у районі нараховується 223 об'єкти природно-заповідного фонду загальною площею 1 312,3921 га, при цьому середня площа становить 5,89 га, а діапазон варіює від 0,4 до 245,8692 га. У Кропивницькому районі простежується інша ситуація: кількість об'єктів менша, однак вони є помітно більшими за площею. Тут розташовано 78 об'єктів загальною площею 2 071,4346 га, а середня площа становить 26,56 га; площа окремих ділянок коливається в межах 5,0–268,1 га. Найбільша кількість об'єктів природно-заповідного фонду розташована на території Черкаської МТГ, із них загальнодержавного значення: зоологічний парк і парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва; місцевого значення: заказники — 1 ботанічний, 1 ландшафтний; пам'ятки природи — 5 ботанічних, 2 зоологічні; парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва — 28. Найбільшу кількість об'єктів природно-заповідного фонду Кропивницького району — 25 — розташовано на території Кетри-санівської СТГ, із них загальнодержавного значення: заказники — 1 ландшафтний; місцевого значення: заказники — 2 ботанічні, 12 ландшафтних; пам'ятки природи — 3 ботанічні, 1 геологічна, 1 комплексна; заповідні урочища — 5. Аналіз земель ПЗФ територіальних громад Черкаського та Кропивницького районів засвідчив нерівномірний розподіл об'єктів за кількістю — від повної відсутності до 40 об'єктів у Черкаському та 25 у Кропивницькому районах. Найбільші площі земель природно-заповідного фонду розташовані в Долинській МТГ (1 124,5496 га), Бобринській СТГ (5 682,61 га), Корсунь-Шевченківській МТГ (4 167,751 га) і Будищенській СТГ (3 537,02 га). Отримані показники свідчать про суттєву диференціацію просторової структури природно-заповідного фонду в межах досліджуваних районів і є важливою аналітичною основою для подальшого планування розвитку природоохоронної мережі.

Ключові слова: заповідні території, екологічна мережа, природоохоронні об'єкти, біорізноманіття, Центральне Придніпров'я, оцінка заповідності території, показник щільності, індекс (ступінь) розчленованості.

ВСТУП

Природно-заповідний фонд є важливим елементом збереження біорізноманіття, екологічної стабільності та формування екосистемних послуг, основою системи охорони природи в Україні та важливою складовою екологічної мережі. Екологічна мережа формує суцільну систему природних і штучних територій, що забезпечує підтримку біорізноманіття, збереження рідкісних і зникаючих видів, а також стабільність екосистемних процесів. В умовах антропогенного тиску на природні екосистеми завдання інтеграції об'єктів ПЗФ у національну

та регіональні екологічні мережі стає пріоритетним напрямом природоохоронної діяльності.

Законодавчо-правовим базисом для об'єктів ПЗФ є Закон України “Про природно-заповідний фонд”, який визначає створення, діяльність та режим охорони об'єктів і територій ПЗФ [1].

У Земельному кодексі України (ЗКУ) надано характеристику правового режиму земель ПЗФ [2], при цьому ця категорія є однією з найбільш цінних, що зумовлено особливими екологічними, науковими та природоохоронними функціями. Відповідно до статті 43 ЗКУ, землі

ПЗФ включають ділянки, на яких розташовано території та об'єкти ПЗФ загальнодержавного та місцевого значення: природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва (ППСПМ) [2]. Такі землі мають особливий режим охорони та використання, що передбачає суворе обмеження господарської діяльності.

Серед регіонів України, що мають значну природоохоронну цінність, зокрема Черкаський район Черкаської області, розташований у межах Лісостепової зони. Цей район характеризується поєднанням річкових долин, заплавл, яружно-балкових комплексів, лісових масивів та агроландшафтів. Кропивницький район Кіровоградської області вирізняється відносно невисокою часткою заповідних територій, проте високою природною репрезентативністю степових і лучно-степових ландшафтів. Степові екосистеми, що домінують у цьому районі, належать до найбільш трансформованих в Україні, тому збереження їхніх залишків у межах ПЗФ має ключове значення.

У контексті адміністративно-територіальних змін та інтенсивного антропогенного навантаження регіонального значення набуває аналіз стану ПЗФ на рівні територіальних громад (ТГ).

Мета роботи — аналіз природно-заповідного фонду Черкаського та Кропивницького районів за територіальними громадами. У межах дослідження було визначено такі ключові завдання: здійснити розподіл територій та об'єктів ПЗФ за територіальними громадами станом на 01.01.2025 р.; проаналізувати категорії природно-заповідних об'єктів за площею та кількістю; виконати розрахунки ступеня заповідності, щільності об'єктів ПЗФ на 100 км² та індексу розчленованості (інсуляризованості); визначити загрози для об'єктів ПЗФ і сформулювати пропозиції щодо розширення площі ПЗФ районів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останніми десятиліттями оцінку всесвітньої мережі охоронюваних територій проводили за різними напрямками [3; 4]. Вона враховувала не лише структуру (наприклад, охоплення видів та екорегіонів, зв'язок ПТ), але й внески (зменшення загрози, зміна антропогенного тиску, забруднення) та результати (наприклад, зміна чисельності видів, соціально-економічні вигоди). Проте необхідно проводити оцінки з урахуванням різноманітних стратегій управління, що

впроваджуються в мережі охоронюваних територій [5], для підвищення ефективності природоохоронних територій через розгляд різних базових показників антропогенного тиску [6].

Збереження біорізноманіття та сталий розвиток охоронюваних територій розглядалися в роботі W. Wang та ін. [7].

Останнім часом питання збереження природних територій в Україні набули особливого значення у зв'язку з розвитком транспортної мережі, інтенсифікацією сільського господарства та зміною водного режиму річкових систем. Це зумовлює необхідність проведення актуальних регіональних досліджень, спрямованих на оцінку стану природно-заповідного фонду та визначення шляхів його оптимізації.

Питання теорії та практики розвитку ПЗФ на території Центрального Придніпров'я (Черкаської та Кіровоградської областей) широко висвітлені в працях вітчизняних учених. Зокрема, для Черкаської області надано характеристику об'єктів ПЗФ [8–10], проведено оцінку репрезентативності природно-заповідного фонду області як основи функціонування регіональної екомережі [11], досліджено стан природно-заповідного фонду Центрального лісостепового району (у межах Черкаської та Кіровоградської областей) [12], проаналізовано природно-ресурсний потенціал як важливу складову регіональної екомережі Черкащини на території Лівобережного Придніпров'я та проведено оцінку природоохоронних територій за ландшафтно-фітоценотичними показниками для обґрунтування структурних елементів екомережі регіону дослідження [13]. Здійснено аналіз оптимізації ПЗФ Черкаської, Вінницької та Кіровоградської областей [14]. Вивчено динаміку, характеристики об'єктів та проведено моніторинг земель ПЗФ Кіровоградської області [15–19]. Проведено дослідження окремих об'єктів ПЗФ, зокрема НПП “Черкаський бір” [20], створення Чорноліського національного парку [21; 22] та орнітологічної і ботанічної цінності об'єктів ПЗФ [23–28].

Аналіз попередніх досліджень свідчить про необхідність комплексного оцінювання стану об'єктів ПЗФ для Черкаської та Кіровоградської областей у розрізі територіальних громад. Об'єктами для аналізу ПЗФ обрано Черкаський і Кропивницький райони, які є найбільшими за площею та мають адміністративні центри в містах обласного підпорядкування.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Згідно з *Екологічним паспортом Черкаської області* [29] та *Регіональною доповіддю про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2024 році*

[30], станом на 01.01.2025 р. природно-заповідний фонд Черкаської області налічував 598 об'єктів ПЗФ загальною площею понад 83,1 тис. га (фактична площа — 70,5 тис. га). Показник заповідності (питома вага площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду до площі області) становив до 3,4%. Черкаський район Черкаської області утворено відповідно до Постанови Верховної Ради України № 807-ІХ від 17 липня 2020 року, з адміністративним центром у м. Черкаси. Загальна площа району становить 6878,0 км² (32,9% площі області).

У Кіровоградській області, за даними *Екологічного паспорту Кіровоградської області* [31] та *Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Кіровоградській області у 2024 році* [32], налічується 248 територій та об'єктів ПЗФ загальною площею 102 549,6081 га, при цьому показник заповідності становить 4,17%. Кропивницький район Кіровоградської області утворено відповідно до Постанови Верховної Ради України № 807-ІХ від 17 липня 2020 року, з адміністративним центром у м. Кропивницький. Загальна площа району — 9 723,2 км² (39,5% площі області).

Для подальшого аналізу розміщення природоохоронних об'єктів у межах досліджуваних

районів проведено визначення таких показників, як категорії територій і об'єктів, рівень заповідності, щільність природно-заповідного фонду та індекс розчленованості (інсуляризованості):

- *Оцінка заповідності території* — відношення площ земельних ділянок під об'єктами ПЗФ до загальної площі території адміністративно-територіальних утворень, на яких вони розташовані.
- *Показник щільності об'єктів ПЗФ* — відношення загальної кількості природно-заповідних об'єктів до загальної площі певної території на 100 км².
- *Індекс (ступінь) розчленованості (інсуляризованості)* визначається як відношення площі відносно нестійких ПЗТ, що мають площу менше 50 га, до загальної площі району [33]. Варто зазначити, що значення індексу не завжди відповідає відсотку заповідності території. Чим вище значення індексу інсуляризованості, тим більшу роль у загальній території, що охороняється, відіграють нестійкі заповідні території, які не мають екологічної стабільності та часто є екологічно нестабільними через невелику площу.

Результати наведено в *табл. 1 і 2*.

Таблиця 1

Аналіз об'єктів ПЗФ Черкаського району за територіальними громадами

Назва ТГ	Площа ТГ (га)	Площа ПЗФ (га)	Кількість об'єктів ПЗФ	% заповідності	Щільність об'єктів ПЗФ на 100 км ²	Індекс розчленованості (інсуляризованості)
Балаклеївська СТГ	20 640	733,8	4	3,55	1,94	—
Березняківська СТГ	19 320	883,005	5	4,57	2,59	0,46
Білозірська СТГ	19 930	9,6	4	0,05	2,01	1,0
Бобринська СТГ	39 950	5 687,61	25	14,24	6,26	0,49
Будищенська СТГ	14 880	3 537,02	7	23,77	4,70	0,48
Городищенська МТГ	36 350	269,1	13	0,74	3,58	0,48
Кам'янська МТГ	49 140	1 576,459	15	3,21	3,05	0,48
Канівська МТГ	24 670	8 793,79	27	35,65	10,94	0,47
Корсунь-Шевченківська МТГ	17 370	4 167,751	17	23,9	9,79	0,39
Леськівська СТГ	21 730	3,01	2	0,01	0,92	1,0
Ліпльвівська СТГ	27 940	55,4	5	0,20	1,79	1,0
Медведівська СТГ	20 830	3 530,88	15	16,95	7,20	0,47
Михайлівська СТГ	11 030	2 321,31	7	21,04	6,34	0,43
Мліївська СТГ	20 130	114,7	2	0,6	0,99	0,31
Мошнівська СТГ	46 030	1 881,23	17	4,09	3,69	0,38
Набутівська СТГ	21 780	16,0	2	0,07	0,92	1,0
Ротмістрівська СТГ	31 050	35,64	5	0,11	1,61	1,0
Руськополянська СТГ	27 400	477,23	13	1,75	4,74	0,47
Сагунівська СТГ	19 450	0	0	0	0	—
Смілянська МТГ	12 324	1 041,94	8	8,45	6,49	0,45

Закінчення таблиці 1

Назва ТГ	Площа ТГ (га)	Площа ПЗФ (га)	Кількість об'єктів ПЗФ	% заповідності	Щільність об'єктів ПЗФ на 100 км ²	Індекс розчленованості (інсуляризованості)
Степанецька СТГ	36 770	1 577,46	22	4,29	5,98	0,45
Степанківська СТГ	13 490	165,0	3	1,22	2,22	0,5
Тернівська СТГ	15 570	25,41	2	0,16	1,28	1,0
Червонослобідська СТГ	17 640	0	0	0	0	—
Черкаська МТГ	7 680	908,8692	39	11,83	50,78	0,49
Чигиринська МТГ	90 170	407,6376	9	0,45	0,99	0,29

Джерело: сформовано авторами на основі [29].

Таблиця 2

Аналіз об'єктів ПЗФ Кропивницького району за територіальними громадами

Назва ТГ	Площа ТГ (га)	Площа ПЗФ (га)	Кількість об'єктів ПЗФ	% заповідності	Щільність об'єктів ПЗФ на 100 км ²	Індекс розчленованості (інсуляризованості)
Аджамська СТГ	29 140	67,4	1	0,23	0,34	1,0
Бобринецька МТГ	19 470	103,2	2	0,53	1,02	0,46
Великосеверинівська СТГ	22 370	24,0	2	0,11	0,89	1,0
Гурівська СТГ	62 870	1 105,8	16	1,76	2,54	0,52
Дмитрівська СТГ	54 570	35,0	3	0,06	0,55	1,0
Долинська МТГ	64 960	17 124,5496	8	26,36	1,23	0,33
Знам'янська МТГ	11 310	9,8	2	0,09	1,77	1,0
Катеринівська СТГ	29 370	116,9	4	0,4	1,36	0,52
Кетрисанівська СТГ	130 180	1 019,232	25	0,78	1,92	0,36
Компаніївська СТГ	96 780	800,71	14	0,83	1,45	0,49
Кропивницька МТГ	1 050	128,3523	6	12,22	5,71	1,0
Кам'янецька СТГ	99 610	655,1	12	0,66	1,20	0,39
Олександрівська СТГ	115 530	822,24	12	0,71	1,04	0,39
Первозванівська СТГ	38 250	5,0	1	0,01	0,26	1,0
Соколівська СТГ	39 990	10,0	1	0,02	0,25	1,0
Суботцівська СТГ	53 260	3 600,9	5	6,76	0,94	0,34
Устинівська СТГ	94 160	891,1	15	0,94	1,59	0,39

Джерело: сформовано авторами на основі [31].

У Черкаському районі розташовані дрібні об'єкти (нестійкі заповідні території) площею менше 50 га: їх налічується 223, загальна площа становить 1 312,3921 га, а середня — 5,89 га, діапазон площ коливається від 0,4 до 245,8692 га.

У Кропивницькому районі нараховується 78 дрібних об'єктів загальною площею 2 071,4346 га, середня площа яких становить 26,56 га, діапазон площ — від 5,0 до 268,1 га.

Хоча така кількість дрібних об'єктів не може повною мірою забезпечити оптимальні умови для перебування флори й фауни, вони

відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття.

Здійснено групування територіальних громад Черкаського району за кількістю об'єктів ПЗФ: відсутні — Сагунівська СТГ, Червонослобідська СТГ; 1–5 об'єктів — Балаклівська СТГ, Білозірська СТГ, Леськівська СТГ, Ліпльавська СТГ, Мліївська СТГ, Набутівська СТГ, Ротмістрівська СТГ, Степанківська СТГ, Тернівська СТГ; 6–10 — Березняківська СТГ, Михайлівська СТГ, Смілянська МТГ, Чигиринська МТГ; 11–15 — Городищенська МТГ, Кам'янська МТГ, Медведів-

ська СТГ, Руськополянська СТГ; 16–20 — Корсунь-Шевченківська МТГ, Мошнівська СТГ; 21–25 — Бобринська СТГ, Степанецька СТГ; 36–40 об'єктів — Черкаська МТГ (рис. 1).

Найбільша кількість об'єктів ПЗФ розташована на території Черкаської МТГ. Серед них — *загальнодержавного значення*: зоологічний парк і парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва; *місцевого значення*: заказники — 1 ботанічний, 1 ландшафтний; пам'ятки природи — 5 ботанічних, 2 зоологічні; парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва — 28.

Здійснено групування територіальних громад Кропивницького району за кількістю об'єктів ПЗФ: 1–5 об'єктів — Аджамська СТГ, Бобринська МТГ, Великосевринівська СТГ, Дмитрівська СТГ, Знам'янська МТГ, Катеринівська СТГ, Первозванівська СТГ, Соколівська СТГ, Суботцівська СТГ; 6–10 — Долинська МТГ, Кропивницька МТГ; 11–16 — Гурівська СТГ, Олександрівська СТГ, Компаніївська СТГ, Кам'янецька СТГ, Устинівська СТГ; 21–25 об'єктів — Кетрисанівська СТГ (рис. 2).

Найбільша кількість об'єктів ПЗФ Кропивницького району — 25 — розташована на території Кетрисанівської СТГ. Серед них — *загальнодержавного значення*: ландшафтний заказник — 1; *місцевого значення*: заказники — 2 ботанічні, 12 ландшафтних; пам'ятки природи — 3 ботанічні, 1 геологічна, 1 комплексна; заповідні урочища — 5.

Згідно із Законом “Про природно-заповідний фонд України”, в Україні виділяють 11 ка-

тегорій ПЗФ. У Черкаському районі представлені 8 категорій, відсутні 3 (дендрологічний парк, біосферний заповідник, ботанічний сад), тоді як у Кропивницькому районі наявні 6 категорій, а 5 відсутні (природний заповідник, НПП, зоологічний парк, біосферний заповідник, ботанічний сад).

На території Черкаського району розташовані об'єкти ПЗФ: *загальнодержавного значення*: природний заповідник — 1; національний природний парк — 1; заказник — 1 ботанічний; пам'ятки природи — 1 ботанічна, 1 комплексна; зоологічний парк — 1; ППСІМ — 3; *місцевого значення*: регіональний ландшафтний парк — 1; заказники — 32 ботанічних, 10 гідрологічних, 2 ентомологічні, 7 загальнозоологічних, 1 іхтіологічний, 10 ландшафтних, 1 лісовий; пам'ятки природи — 67 ботанічних, 20 геологічних, 25 гідрологічних, 1 зоологічна, 7 комплексних; заповідні урочища — 34; ППСІМ — 39 (рис. 3).

На території Кропивницького району розташовані об'єкти ПЗФ: *загальнодержавного значення*: заказники — 5 ботанічних, 4 ландшафтні, 1 загальнозоологічний, 1 орнітологічний; пам'ятки природи — 1 комплексна, 1 гідрологічна; дендрологічний парк — 1; ППСІМ — 1; *місцевого значення*: заказники — 16 ботанічних, 2 орнітологічні, 2 зоологічні, 36 ландшафтні; пам'ятки природи — 17 ботанічних, 2 геологічні, 5 гідрологічних, 2 комплексні; заповідні урочища — 25; ППСІМ — 5 (рис. 3).

Найбільша кількість об'єктів у Черкаському районі — це пам'ятки природи (122) і заказ-

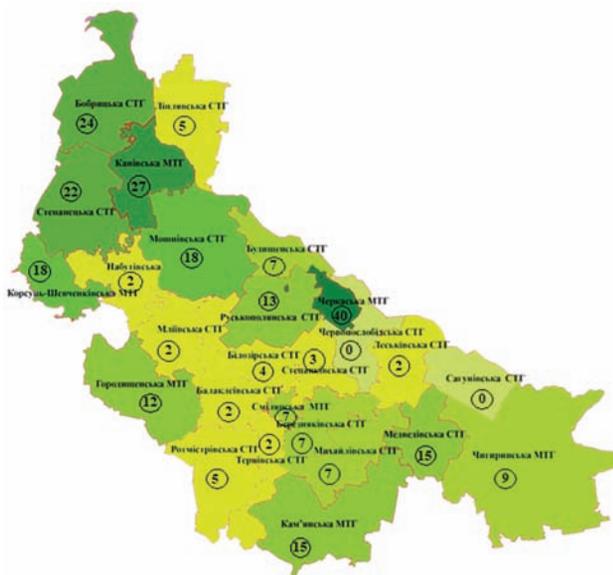


Рис. 1. Розподіл територіальних громад Черкаського району за кількістю об'єктів ПЗФ

Джерело: виконано авторами на основі [29].



Рис. 2. Розподіл територіальних громад Кропивницького району за кількістю об'єктів ПЗФ

Джерело: виконано авторами на основі [31].

Аналіз земель природно-заповідного фонду Черкаського та Кропивницького районів



Рис. 3. Кількісний розподіл категорій об’єктів ПЗФ Кропивницького та Черкаського районів
Джерело: виконано авторами на основі [29; 31].

ники (64), тоді як у Кропивницькому — заказники (67).

У 2023 році громадською організацією “Українська природоохоронна група” проведено наукові дослідження з метою створення НПП “Чорнолісько-Боковенківський” на території Знам’янської МТГ, Суботцівської СТГ, Олександрівської СТГ, Дмитрівської СТГ, Долинської МТГ та Гурівської СТГ Кропивницького району Кіровоградської області на загальній площі 28 074,5 га, із яких 14 969,37 га вже входять до існуючих об’єктів ПЗФ.

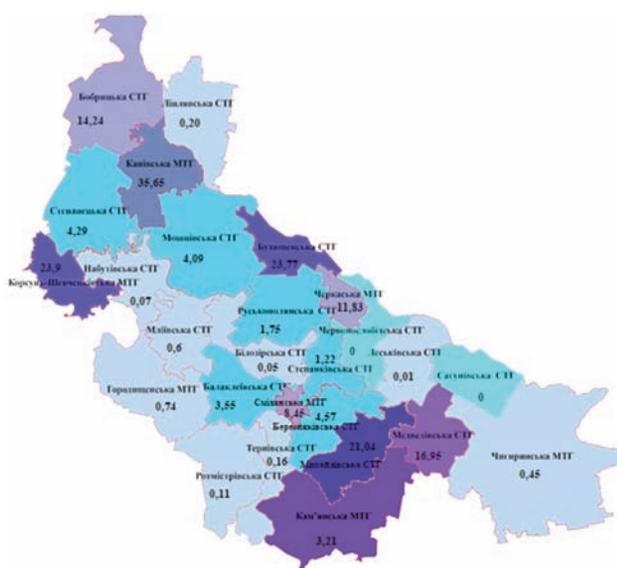


Рис. 4. Розподіл територіальних громад Черкаського району за відсотком заповідності
Джерело: виконано авторами на основі [29].

Результати групування за відсотком заповідності в Черкаському районі: відсутні об’єкти ПЗФ — Сагунівська СТГ, Червонослобідська СТГ; 0,01–1,0% — Білозірська СТГ, Городищенська МТГ, Леськівська СТГ, Ліпльавська СТГ, Млівська СТГ, Набутівська СТГ, Ротмістрівська СТГ, Тернівська СТГ, Чигиринська МТГ; 1,11–5,0 — Балаклівська СТГ, Березняківська СТГ, Кам’янська МТГ, Мошнівська СТГ, Руськополянська СТГ, Степанецька СТГ, Степанківська СТГ; 5,1–10,0 — Смілянська МТГ; 10,1–15,0 — Бобринська СТГ, Черкаська МТГ; 15,1–20,0 — Медведівська СТГ; 20,1–25,0 — Будищенська СТГ, Корсунь-Шевченківська МТГ, Михайлівська СТГ; 35,1–40,0% — Канівська МТГ (рис. 4).

Найбільша кількість територіальних громад Черкаського району — 10 — має відсоток заповідності в межах 0,01–1,0. Найбільший відсоток заповідності спостерігається в Канівській МТГ — 35,65, проте є громади, де відсутні об’єкти ПЗФ.

Результати групування за відсотком заповідності на території Кропивницького району: 0,01–1,0% — Аджамська СТГ, Бобринецька МТГ, Великосєверинівська СТГ, Дмитрівська СТГ, Знам’янська МТГ, Катеринівська СТГ, Кетрисанівська СТГ, Компаніївська СТГ, Кам’янецька СТГ, Олександрівська СТГ, Первозванівська СТГ, Соколівська СТГ, Устинівська СТГ; 1,11–5,0 — Гурівська СТГ; 5,11–10,0 — Суботцівська СТГ; 10,1–20,0 — Кропивницька МТГ; 20,1–30,0% — Долинська МТГ (рис. 5).

Найбільша кількість територіальних громад із відсотком заповідності у межах 0,01–1,0 становить 9 у Черкаському та 13 у Кропивницькому районах, тоді як максимальний від-

соток заповідності зафіксовано в Долинській МТГ — 26,36.

Станом на 01.01.2025 р. в Україні відсоток заповідності становив 6,94.

Відповідно до Стратегії збереження біорізноманіття, Україна до 2030 року має збільшити площу природно-заповідного фонду до 30% від загальної площі країни [34]. Наразі цей показник становить лише приблизно 1/5 необхідного. Згідно з Державною стратегією сталого розвитку, до 2030 року Україна має збільшити площу земель природно-заповідного фонду та досягти рівня заповідності 15% [35].

ВИСНОВКИ

На регіональному рівні природно-заповідний фонд формує важливі природні каркаси, які забезпечують стабільність екосистем і підтримують екологічні зв'язки між ландшафтами.

Аналіз земель ПЗФ територіальних громад досліджених районів у межах Центрального Придніпров'я показав нерівномірний розподіл об'єктів за кількістю — від повної відсутності до 40 об'єктів у Черкаському та до 25 об'єктів у Кропивницькому районах. Найбільші площі земель ПЗФ розташовані в Долинській МТГ (17 124,5496 га), Бобринській СТГ (5 687,61 га), Корсунь-Шевченківській МТГ (4 167,751 га) і Будищенській СТГ (3 537,02 га).

Проведений аналіз свідчить, що ПЗФ Черкаського та Кропивницького районів виконують ключову роль у збереженні біорізноманіття та підтриманні екологічної стійкості регіону. Водночас надмірне антропогенне навантаження,

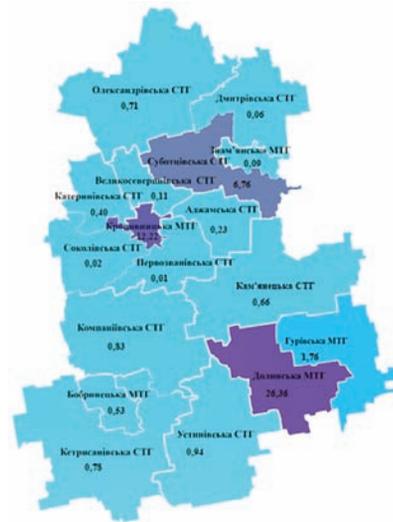


Рис. 5. Розподіл територіальних громад Кропивницького району за відсотком заповідності

Джерело: виконано авторами на основі [31].

зокрема розорювання земель, меліорація та вирубування лісів, призводить до деградації природних комплексів. Особливої уваги потребують болотні та заплавні екосистеми, які протягом останніх десятиліть зазнають гідрологічних трансформацій, а також степові екосистеми.

Дослідження підтверджує необхідність проведення заходів щодо збільшення площ малих об'єктів і підвищення зв'язності ПЗФ у Черкаському та Кропивницькому районах для зниження індексу розчленованості й посилення його ролі в регіональній екологічній мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 № 2456-ХІІ. *Відомості Верховної Ради України*. 1992. № 34. Ст. 502. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 10.08.2025).
2. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 № 2768-ІІІ. *Відомості Верховної Ради України*. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 10.08.2025).
3. Maxwell S. L., Cazalis V., Dudley N. et al. Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*. 2020. Vol. 586. P. 217–227. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>
4. Rodrigues A. S. L., Cazalis V. The multifaceted challenge of evaluating protected area effectiveness. *Nature Communications*. 2020. Vol. 11. 5147. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18989-2>
5. Ruppert V., Navarro L. M., Jones Y. et al. The global distribution of protected areas management strategies and their complementarity for biodiversity conservation. *Biological Conservation*. 2021. Vol. 256. 109014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109014>
6. Feng C.-T., Cao M., Liu F.-Z. et al. Improving protected area effectiveness through consideration of different human-pressure baselines. *Conservation Biology*. 2022. Vol. 36, iss. 4. e13887. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.13887>
7. Wang W., Russo I.-R., Sang W. et al. Editorial: Biodiversity conservation and sustainable development of protected areas. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2024. Vol. 12. 1454366. DOI: <https://doi.org/10.3389/978-2-8325-5182-0>
8. Гончар О. Ф., Бойко О. В., Гавриш О. М., Осокіна Т. Г. Природно-заповідні території Черкащини. *Scientific Collection "Interconf"*. 2022. № 96. С. 801–811. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18268> (дата звернення: 10.08.2025).
9. Башенко М. І., Гончар О. Ф. Стан природно-заповідного фонду Черкаської області та формування регіональної схеми екологічної мережі. *Пріоритети збалансованого (сталого) розвитку України: матеріали Українського екологічного конгресу (27–28 жовт. 2008 р.)*. Том. 2, вип. 2. С. 289–295.
10. Заповідна Черкащина / за заг. ред. М. Г. Чорного. Черкаси: Брама, 2012. 200 с.

11. Конякін С. М. Оцінка репрезентативності природно-заповідного фонду Черкаської області як основи функціонування регіональної екомережі. *Науковий вісник Чернівецького національного університету. Сер.: Географічні науки*. 2012. Вип. 614–615. С. 58–65.
12. Конякін С. М. Сучасний стан природно-заповідного фонду Центрального лісостепового району (в межах Черкаської та Кіровоградської областей). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Сер.: Географічні науки*. 2009. С. 86–91.
13. Конякін С. М., Чемерис І. А. Ландшафтно-фітоценотична репрезентативність регіональної екомережі Черкащини на території Лівобережного Придніпров'я. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 1–2. С. 33–41.
14. Куземко А. А. Перспективи оптимізації природно-заповідного фонду Черкаської, Вінницької та Кіровоградської областей. *Збірник наукових праць Полтавського державного педагогічного університету. Серія: Екологія. Біологічні науки*. 2008. № 5 (63). С. 135–142.
15. Заповідні куточки Кіровоградської землі / за заг. ред. Т. Л. Андрієнко. Київ: Арктур-А, 1999. 240 с.
16. Мирза-Сіденко В., Маслово Н. Природно-заповідний фонд Кіровоградської області: історія формування, сучасний стан, тенденції розвитку. *Раціональне природокористування і охорона природи. Наукові записки*. 2018. № 2. С. 198–206.
17. Дубровський В. Ю. Моніторинг земель природно-заповідного фонду Кіровоградської області. *Функціонування об'єктів природно-заповідного фонду України в умовах воєнного стану: шляхи відновлення та розвитку: збірка матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 4–5 лип. 2024 р.)*. Київ, 2024. С. 54–57.
18. Mikhno P. V., Kyselov Y. O., Bakharev V. S. et al. Nature reserve fund condition within Kirovohrad oblast in relation to regional development objectives. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2024. Vol. 3. P. 531–543. DOI: <https://doi.org/10.15421/112449>
19. Кириленко Т. М., Міхно П. Б. Аналіз структури природно-заповідного фонду Кіровоградської області. *Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства: матеріали XXX Міжнар. наук.-практ. конф. (20–21 квітня 2023 р.)*. Кременчук: КрНУ, 2023. С. 367–369. DOI: <https://doi.org/10.32782/2222-5099.2023.12.6>
20. Гайова Ю. Ю. Національний природний парк “Черкаський бір” — осередок збереження біорізноманіття Середнього Придніпров'я. *Збалансований (сталій) розвиток України — пріоритет національної політики: матеріали Всеукр. наук. конф. (26 жовтня 2010 р.)*. Київ, 2010. С. 168–171.
21. Гелевера О., Пістоль Я. Передумови створення Чорноліського національного природного парку. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер.: Географія*. 2020. № 2 (49). С. 211–219.
22. Мирза-Сіденко В. Чорний ліс як одна з найважливіших ботанічних територій в Україні. *Чорнолісся верхів'їв Інгульця: цінність, проблеми, перспективи: матеріали круглого столу (Кропивницький, 01 березня 2018 р.)*. Кропивницький-Харків: ФОП Озеров Г. В, 2018. С. 29–34.
23. Мирза-Сіденко В. М. Флора і рослинність Добровеличківсько-Олександрівського геоботанічного округу та їх созологічне значення: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05. Київ, 2003. 20 с.
24. Мирза-Сіденко В. М. Флора і рослинність Південного Правобережного Лісостепу на межиріччі Дніпра — Синюхи. Кіровоград, 2006. С. 132.
25. Шевцов А. О. Сучасний стан орнітофауни ландшафтного заказника “Бандурівські плавні”. *Екологічні проблеми сучасності та шляхи їх вирішення: матеріали II Регіон. наук.-практ. конф. (21 квітня 2016 р.)*. Кіровоград: КОД, 2016. С. 22–27.
26. Баранець М. О. Флора басейну р. Інгулець: сучасний стан, аутсозологічна оцінка: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05. Київ, 2021. 229 с.
27. Бармак І. М. Раритетна компонента флори Синюхо-Інгулецького степового межиріччя (в межах Кіровоградщини): популяційні та созологічні аспекти: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05. Київ, 2013. 315 с.
28. Кучеревський В. В., Баранець М. О., Ткачов С. В. Наукове обґрунтування щодо створення ландшафтного заказника місцевого значення “Балка Очеретяна”. *VI-й відкритий з'їзд фітобіологів Причорномор'я: зб. тез доп. (Херсон — Лазурне, 19 травня 2015 р.)*. Херсон: ХДУ, 2015. С. 60–62.
29. Екологічний паспорт Черкаської області. Черкаси, 2025. 259 с.
30. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2024 році. Черкаси, 2025. 244 с.
31. Екологічний паспорт Кіровоградської області. Кропивницький, 2025. 181 с.
32. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Кіровоградській області у 2024 році. Кропивницький, 2025. 295 с.
33. Злобін Ю. А., Панченко С. М., Скляр В. Г. Оцінка природно-заповідного фонду Сумської області. *Заповідна справа на межі тисячоліть (сучасний стан, проблеми і стратегія розвитку): матеріали Всеукраїнської загальногеографічної та науково-практичної конференції, присвяченої виконанню Державної програми перспективного розвитку заповідної справи в Україні “Заповідники”*. Канів, 1999. С. 51–54.
34. EU Biodiversity Strategy for 2030. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX:52020DC0380> (accessed: 01.10.2025).
35. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. *Відомості Верховної Ради*. 2019. № 16. Ст. 70. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 20.10.2025).

ANALYSIS OF THE LANDS OF THE NATURE RESERVE FUND OF THE CHERKASY AND KROPYVNYTSKYI DISTRICTS

Dubrovskiy V.

Postgraduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: viachesd@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3208-935X>

Demyanyuk O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

The nature reserve fund is a fundamental instrument for conserving biodiversity and ensuring ecological stability both at the national level and within specific regions of the Central Dnipro area. This study assesses key indicators, including the categories of protected areas and sites, the level of protected land, the density of the nature reserve fund, and the fragmentation (insularization) index. Cherkasy district is characterized by a substantial proportion of small-area protected sites, which are considered unstable due to their limited size. In total, the district comprises 223 nature reserve fund sites with a combined area of 1,312.3921 ha; the average site area is 5.89 ha, with values ranging from 0.4 to 245.8692 ha. A different pattern is observed in Kropyvnytskyi district, where the number of sites is lower, but their areas are significantly larger. The district contains 78 sites with a total area of 2,071.4346 ha, and an average area of 26.56 ha; individual sites range from 5.0 to 268.1 ha. The highest number of nature reserve fund sites is located within the Cherkasy territorial community. These include sites of national significance — a zoological park and a park-monument of landscape gardening — and sites of local significance: reserves (one botanical and one landscape), natural monuments (five botanical and two zoological), and parks-monuments of landscape gardening (28). Within Kropyvnytskyi district, the largest number of nature reserve fund sites (25) is concentrated in the Ketrysanivska rural territorial community. Among them, sites of national significance include one landscape reserve, while sites of local significance comprise reserves (two botanical and twelve landscape), natural monuments (three botanical, one geological, and one complex), and five protected tracts. An analysis of nature reserve fund lands within the territorial communities of Cherkasy and Kropyvnytskyi districts revealed an uneven distribution of sites by number, ranging from a complete absence to 40 sites in Cherkasy district and up to 25 sites in Kropyvnytskyi district. The largest areas of nature reserve fund lands are located within the Dolynska urban territorial community (17,124.5496 ha), the Bobrytska rural territorial community (5,682.61 ha), the Korsun-Shevchenkivska urban territorial community (4,167.751 ha), and the Budyshchenska rural territorial community (3,537.02 ha). The obtained indicators demonstrate a pronounced differentiation in the spatial structure of the nature reserve fund within the studied districts and provide an important analytical basis for further planning and development of the protected area network.

Keywords: protected areas, ecological network, nature conservation sites, biodiversity, Central Dnipro region, assessment of protected land, density indicator, fragmentation (degree of insularization) index.

REFERENCES

1. Law of Ukraine No. 2456-XII “On the Nature Reserve Fund of Ukraine”. (1992, June). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>
2. Land Code of Ukraine. (2001, October). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
3. Maxwell, S. L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A. S. L., Stolton, S., ... Watson, J. E. M. (2020). Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 586, 217–227. doi: 10.1038/s41586-020-2773-z
4. Rodrigues, A. S. L., & Cazalis, V. (2020). The multifaceted challenge of evaluating protected area effectiveness. *Nature Communications*, 11, article number 5147. doi: 10.1038/s41467-020-18989-2
5. Ruppert, V., Navarro, L. M., Jones, Y., Wolf, F., Le Moguédec, G., & Réjou-Méchain, M. (2021). The global distribution of protected areas management strategies and their complementarity for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 256, 109014. doi: 10.1016/j.biocon.2021.109014
6. Feng, C.-T., Cao, M., Liu, F.-Z., Zhou, Y., Du, J.-H., Zhang, L.-B., ... Wang, W. (2022). Improving protected area effectiveness through consideration of different human-pressure baselines. *Conservation Biology*, 36(4), e13887. doi: 10.1111/cobi.13887
7. Wang, W., Ma, T., Russo, I.-R., Sang, W., & Li, B. V. (2024). Editorial: Biodiversity conservation and sustainable development of protected areas. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, article number 1454366. doi: 10.3389/978-2-8325-5182-0
8. Honchar, O. F., Boiko, O. V., Havrysh, O. M., & Osokina, T. H. (2022). Protected areas of Cherkasy region. *Scientific Collection “Interconf”*, 96, 801–811. Retrieved from <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18268>
9. Bashchenko, M. I., & Honchar, O. F. (2008). State of the nature reserve fund of the Cherkasy region and formation of the regional ecological network scheme. In *Priorities of balanced (sustainable) development of Ukraine: Materials of the Ukrainian ecological congress* (Vol. 2, iss. 2, pp. 289–295).
10. Chornyi, M. H. (Ed.). (2012). *Protected Cherkasy region*. Cherkasy: Brama.

11. Koniakin, S. M. (2012). Assessment of representativeness of the nature reserve fund of Cherkasy region as a basis for the functioning of the regional ecological network. *Scientific Bulletin of Chernivtsi National University. Series: Geographical Sciences*, 614–615, 58–65.
12. Koniakin, S. M. (2009). Current state of the nature reserve fund of the Central Forest-Steppe region (within Cherkasy and Kirovohrad regions). *Human and Environment. Problems of Neoecology. Series: Geographical Sciences*, 86–91.
13. Koniakin, S. M., & Chemerys, I. A. (2013). Landscape-phytocoenotic representativeness of the regional ecological network of Cherkasy region in the Left-Bank Dnipro area. *Human and Environment. Problems of Neoecology*, 1–2, 33–41.
14. Kuzemko, A. A. (2008). Prospects for optimizing the nature reserve fund of Cherkasy, Vinnytsia, and Kirovohrad regions. *Collection of Scientific Works of Poltava State Pedagogical University. Series: Ecology. Biological Sciences*, 5(63), 135–142.
15. Andriienko, T. L. (Ed.). (1999). Protected corners of Kirovohrad land. Kyiv: Arktur-A.
16. Myrza-Sidenko, V., & Maslova, N. (2018). Nature reserve fund of Kirovohrad region: History of formation, current state, development trends. *Rational Nature Management and Environmental Protection. Scientific Notes*, 2, 198–206.
17. Dubrovskiy, V. Yu. (2024). Monitoring of lands of the nature reserve fund of Kirovohrad region. In *Functioning of the nature reserve fund of Ukraine under martial law: Ways of restoration and development: Collection of materials of the All-Ukrainian scientific-practical conference* (pp. 54–57). Kyiv.
18. Mikhno, P. B., Kyselov, Y. O., Bakharev, V. S., Halchenko, N. P., Shelkovska, I. M., & Kozar, V. I. (2024). Nature reserve fund condition within Kirovohrad oblast in relation to regional development objectives. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 3, 531–543. doi: 10.15421/112449
19. Kyrylenko, T. M., & Mikhno, P. B. (2023). Analysis of the structure of the nature reserve fund of Kirovohrad region. In *Actual problems of society's life: Materials of the XXX international scientific-practical conference* (pp. 367–369). Kremenchuk: Kremenchuk National University. doi: 10.32782/2222-5099.2023.12.6
20. Haiova, Yu. Yu. (2010). National Nature Park “Cherkaskyi Bir” — A center for biodiversity conservation in the Middle Dnipro region. In *Balanced (sustainable) development of Ukraine — A priority of national policy: Materials of the All-Ukrainian scientific conference* (pp. 168–171). Kyiv.
21. Helevera, O., & Pistol, Ya. (2020). Prerequisites for the creation of the Chornolysh National Nature Park. *Scientific Notes of the Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University. Ser.: Geography*, 2(49), 211–219.
22. Myrza-Sidenko, V. (2018). Chornyi Lis as one of the most important botanical territories in Ukraine. In *Chornolissia of the Upper Inhul: Value, problems, perspectives: Materials of the round table* (pp. 29–34). Kropyvnytskyi—Kharkiv: FOP Ozerov H. V.
23. Myrza-Sidenko, V. M. (2003). *Flora and vegetation of the Dobrovelychkivsko-Oleksandrivskiy geobotanical district and their zoogeological significance* (Candidate dissertation abstract, Institute of Botany of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine).
24. Myrza-Sidenko, V. M. (2006). *Flora and vegetation of the Southern Right-Bank Forest-Steppe in the interfluvium of the Dnipro — Syniukha*. Kirovohrad.
25. Shevtsov, A. O. (2016). Current state of the avifauna of the Bandurivski Plavni landscape reserve. In *Ecological problems of the present and ways to solve them: Materials of the II regional scientific-practical conference* (pp. 22–27). Kirovohrad: KOD.
26. Baranets, M. O. (2021). *Flora of the Inhulets River basin: Current state, autozoological assessment* (Candidate's dissertation, National Botanical Garden named after M. M. Hryshko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine).
27. Barmak, I. M. (2013). *The rare component of the flora of the Syniukha-Inhulets steppe interfluvium (within Kirovohrad region): Population and zoogeological aspects* (Candidate's dissertation, National Botanical Garden named after M. M. Hryshko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv).
28. Kucherevskiy, V. V., Baranets, M. O., & Tkachov, S. V. (2015). Scientific substantiation for the creation of the local landscape reserve “Balka Ocheretiana”. In *VI open congress of phytobiologists of the Black Sea region: Collection of abstracts* (pp. 60–62). Kherson: KSU.
29. Ecological passport of Cherkasy region. (2025). Cherkasy.
30. Regional report on the state of the environment in Cherkasy region in 2024. (2025). Cherkasy.
31. Ecological passport of Kirovohrad region. (2025). Kropyvnytskyi.
32. Regional report on the state of the environment in Kirovohrad region in 2024. (2025). Kropyvnytskyi.
33. Zlobin, Y. A., Panchenko, S. M., & Skliar, V. H. (1999). Assessment of the nature reserve fund of Sumy region. In *Reserved affairs at the turn of the millennium (Current state, problems and development strategy): Proceedings of the All-Ukrainian general-theoretical and scientific-practical conference dedicated to the implementation of the State Program for the prospective development of reserved affairs in Ukraine “Reserves”* (pp. 51–54). Kaniv.
34. European Commission. (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030. Retrieved from https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversitystrategy-2030_en
35. Law of Ukraine No. 2697-VIII “On the Main Principles (Strategy) of State Environmental Policy of Ukraine until 2030”. (2019, February). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ДУБРОВСЬКИЙ В'ячеслав Юрійович — аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: viachesd@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3208-935X>).

ДЕМ'ЯНЮК Олена Сергіївна — доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>).

РЕКРЕАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ "МЕЖИГІР'Я"

Д. С. Надвиничний

директор

ДУ "ППСПМЗЗ «Межигір'я»" (с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна)
e-mail: parkmezhihirya@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1820-1146>

О. І. Наумовська

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

начальник науково-дослідного відділу

ДУ "ППСПМЗЗ «Межигір'я»" (с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна)
e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

Г. А. Сербенюк

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

науковий співробітник

ДУ "ППСПМЗЗ «Межигір'я»" (с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна)
e-mail: bojruw@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-0623>

С. П. Паламарчук

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

науковий співробітник

ДУ "ППСПМЗЗ «Межигір'я»" (с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна)
e-mail: svitpalamar@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9083-6850>

І. В. Крижанівський

науковий співробітник

ДУ "ППСПМЗЗ «Межигір'я»" (с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна)
e-mail: valent.73@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5474-3876>

Інтенсифікація рекреаційного навантаження на приміські природоохоронні території зумовлює потребу в науково обґрунтованих підходах до їх сталого використання та охорони природних комплексів. Дослідження було спрямоване на аналіз динаміки рекреаційного навантаження на природні комплекси парку "Межигір'я" в просторово-часовому аспекті, оцінку його впливу на компоненти довкілля та розробку пропозицій щодо оптимізації використання території для запобігання деградації екосистем. Використано статистичні дані відвідуваності за 2024–2025 рр., проведено аналіз просторової структури парку з урахуванням функціональних зон, а також виконано розрахунки рекреаційного навантаження за формулами, що враховують кількість відвідувачів, площу локацій і тривалість перебування. Досліджено локації ландшафтних композицій, зелених зон і алей, оцінено сезонні коливання та вікові категорії рекреантів. Встановлено, що найвище рекреаційне навантаження припадає на весняний період, зокрема на алеї та доріжки (до 36 038 осіб), тоді як найнижче — узимку (6 592 особи). Локації ландшафтних композицій і гольф-поля мають подібне навантаження (~5–6 тис. осіб/га навесні). Максимально допустиме навантаження для газонної зони сягає 300 тис. осіб, для алей — 150 тис. осіб. Сезонність і погодні умови є ключовими чинниками, що впливають на відвідуваність. Парк "Межигір'я" має значний рекреаційний потенціал, але потребує посиленого екологічного моніторингу й контролю навантаження для збереження біорізноманіття та природних комплексів. Дослідження показників рекреаційного навантаження на території природно-заповідного фонду (ПЗФ) дають змогу впроваджувати природоохоронні й управлінські заходи, спрямовані на їх максимальне збереження та раціональне використання.

Ключові слова: природоохоронна діяльність, екологічне управління, рекреаційна діяльність, рекреант, антропогенний вплив, збереження компонентів довкілля.

ВСТУП

У сучасних умовах екологізбалансованого використання природних ресурсів територій природно-заповідного фонду питання рекреаційного навантаження набуває особливої актуальності та потребує ґрунтовних досліджень. Природні ландшафти, особливо ті, які мають природоохоронний статус, зазнають антропогенного впливу. Одним із найбільш чутливих індикаторів такого впливу є рекреаційне навантаження, яке відображає інтенсивність і характер використання біоресурсів ПЗФ. Як наслідок, це призводить до посилення процесів деградації екосистем, збіднення біорізноманіття, ущільнення ґрунту, витоπτування рослинного покриву та порушення умов зростання флори [1].

Популярність екологічного туризму, відпочинку на природі, активних видів туризму (велосипедного, пішого) потребує науково обґрунтованих підходів до планування, організації та моніторингу рекреаційної діяльності [2]. У багатьох регіонах України відсутні чіткі механізми контролю за інтенсивністю антропогенного тиску на природні комплекси, що ускладнює прийняття і впровадження управлінських рішень екологізбалансованого природокористування територій ПЗФ, наслідком чого є виникнення локальних екологічних ризиків для компонентів довкілля [3].

Окрім цього, актуальність дослідження показників рекреаційного навантаження на природні комплекси зумовлена імплементацією Україною низки міжнародних природоохоронних ініціатив, зокрема Конвенції про охорону біологічного різноманіття [4], Стратегії ЄС щодо сталого туризму [5] та Глобальних цілей сталого розвитку ООН [6]. В умовах посилення ролі територіальних громад важливим аспектом є формування місцевої політики сталого управління рекреаційними ресурсами та стратегії екологічного управління.

Мета дослідження — виявлення динаміки рекреаційного навантаження на природні комплекси парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення "Межигір'я" в просторово-часовому аспекті та оцінка його впливу на природні компоненти для обґрунтування напрямів оптимізації використання території й запобігання деградації компонентів довкілля. **Завдання дослідження** передбачали аналіз просторової структури території парку з урахуванням функціональних зон рекреаційного навантаження, систематизацію статистичних даних щодо сезонної відвідуваності різними категоріями рекреантів, а також оцінку рівня рекреаційного навантаження за кількісними та якісними показниками з метою подальшого обґрунтування шляхів його оптимізації.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У зоні впливу мегаполісів території ПЗФ відіграють надзвичайно важливу соціальну, екологічну, наукову й освітню роль, адже слугують ключовими осередками збереження природних ландшафтів, біорізноманіття та енергетичного балансу в антропогенно перетворених біогеоценозах, надають екосистемні послуги мешканцям міст і є прикладом щодо збереження й охорони компонентів довкілля та біорізноманіття [7]. У контексті вивчення питань змін клімату [8; 9], техногенного навантаження та густоти населення ПЗФ є своєрідними екологічними нішами в структурі урбоценозів [10]. З екологічної точки зору природоохоронні території є природними фільтрами, які поглинають пил, шум і викиди вуглекислого газу, сприяють зниженню температури та підвищенню вологості повітря, підтримують локальний мікроклімат, зменшують ефект "міського острова", сприяють очищенню повітря та водних ресурсів, а також виконують важливу водорегулюючу функцію поверхневого стоку [11]. Заповідні об'єкти в зоні впливу урбоекосистем виконують роль природних лабораторій для здійснення екологічної освіти та просвітництва, наукових досліджень, формуючи таким чином відповідальне ставлення до використання природних ресурсів і підвищуючи екологічну культуру громадян [12]. Водночас території ПЗФ слугують структурними елементами зеленого каркасу міст, зберігаючи історико-культурні цінності, унікальні об'єкти природних і штучно створених ландшафтів та підвищуючи естетичну привабливість міського й приміського середовищ [13].

Однією з основних функцій територій ПЗФ є забезпечення належних умов зростання та розмноження природної флори й фауни, що сприяє збереженню рідкісних і зникаючих видів. Вони також є важливими осередками екологічної мережі та виступають ключовими локаціями в екосистемному плануванні урбанізованих територій [14].

Варто зазначити, що, окрім формування екологічної свідомості громадян, функції територій ПЗФ сприяють комфортному та активному відпочинку мешканців міст, фізичній активності, пізнанню природи та формуванню стабільних екосистемних функцій [9]. Одночасно з цими процесами зростає показник рекреаційного навантаження на природні комплекси, вивчення якого є важливим інструментом ефективного управління та збереження зазначених територій [2; 3].

Отже, об'єкти ПЗФ виконують системну багатофункціональну роль, поєднуючи охорону природи, оздоровлення населення, підтримку

екологічної рівноваги та формування сталого міського, антропогенно перетвореного середовища. В умовах посилення процесів урбанізації та зміни клімату роль ПЗФ у зонах впливу мегаполісів лише зростатиме, що потребує підвищеної уваги до їх збереження, охорони, розширення й інтеграції в стратегії розвитку населених пунктів. Це також пов'язано з формуванням екосистемних послуг і функцій зелених насаджень. Дослідження показників рекреаційного навантаження на території ПЗФ дають змогу впроваджувати природоохоронні та управлінські заходи, спрямовані на їх максимальне збереження та раціональне використання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, рекреаційними ресурсами є об'єкти, явища і процеси природного та антропогенного походження, які можуть бути використані для організації рекреаційної діяльності. Рекреантом виступає фізична особа, яка тимчасово перебуває в межах території або об'єкта ПЗФ і відновлює свої розумові, духовні та фізичні сили, а рекреаційною ділянкою виступає спеціально відведена ділянка в межах території та об'єкта ПЗФ, облаштована елементами рекреаційної інфраструктури для відпочинку та задоволення особистих потреб рекреантів [15].

Під час наукових досліджень описано характеристику основних місцевих та інтродукованих (зокрема декоративних) деревних насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення (ППС ПМЗЗ) "Межигір'я" за їхнім походженням, біо-екологічними особливостями, ландшафтною та рекреаційною роллю. Просторовий і рекреаційний потенціал парку "Межигір'я" було порівняно з Національним дендрологічним парком "Софіївка" та Національним природним парком "Синевир".

Рекреаційне навантаження визначали як ступінь впливу рекреаційної діяльності (відві-

дувачів, інфраструктури, транспортного забезпечення) на природне середовище на одиницю площі або часу. Цей показник розраховували з метою екологічного контролю антропогенного впливу на навколишнє середовище, планування раціонального природокористування та збереження довкілля. Для оцінки рекреаційного навантаження на рекреаційні локації парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення "Межигір'я" було використано формулу:

$$РН = K/P, \quad (1)$$

де РН — рекреаційне навантаження, осіб; К — загальна кількість відвідувачів за місяць; П — площа локації, що використовується для рекреації, га [16].

Розрахунок максимально допустимого рекреаційного навантаження виконано за формулою:

$$МДРН = (T \cdot K_3 \cdot K_m) / t, \quad (2)$$

де Т — тривалість світлового дня (12 год); t — середня тривалість перебування одного відвідувача, год (прийнято за 6 год); K_3 — коефіцієнт змінності потоків відвідувачів (прийнято за 2 — інтенсивне відвідування); K_m — коефіцієнт стійкості природного комплексу (прийнято за 0,5 — поєднання штучних насаджень із природними комплексами) [16].

Для розрахунку рекреаційного навантаження було обрано локації ландшафтних композицій (30 га), зеленої зони (гольф-поле, 10 га) та алей і доріжок (0,24 га). Саме ці локації були відібрані через їхню значну функціональну рекреаційну активність, доступність, наявність інфраструктури та високий потік відвідувачів. Локації *Нонка* та велодоріжки були виключені з основного розрахунку через їхню відмінну функціональну специфіку: музей *Нонка* має низький рівень відвідуваності та здебільшого виконує культурно-експозиційну функцію, тоді як велодоріжки не забезпечують масового тривалого перебування рекреантів. Облік інтенсивності рекреаційного навантаження здійснювався з використанням програмного забезпечення <https://event.net.ua/> із врахуванням вікової категорії та сезону відвідування рекреантами

Таблиця 1

Класифікація рівня рекреаційного навантаження

Ступінь рекреаційного навантаження	Осіб/га/доба	Характеристика впливу
Низький	<10	Мінімальний вплив на компоненти довкілля
Помірний	10–50	Часткове витоптування, ерозія та ущільнення ґрунтового покриву
Високий	50–100	Витоптування, ерозія та ущільнення ґрунтового покриву
Критичний	>100	Деградація компонентів довкілля, потреба в обмеженні відвідування

Джерело: сформовано авторами на основі [17].

локацій парку. Визначення ступеня рекреаційного навантаження проведено відповідно до наведеної класифікації (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

ППСПМЗЗ "Межигір'я" розташований у селищі Нові Петрівці Вишгородського району Київської області, на правобережжі ґрунтово-кліматичної зони Полісся. Його територія охоплює 140 га. Клімат помірно континентальний, із м'якою зимою та теплим літнім сезоном. Середньорічна температура коливається в межах +7–8 °С, річна сума опадів становить 552–700 мм, а безморозний період триває 160–180 дб. Наземний покрив представлений дерново-підзолистими, сірими лісовими та торфово-болотними ґрунтами (переважно в низинних і заболочених ділянках рельєфу). Парк отримав природоохоронний статус як пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення у 2017 році. У 2023 році було прийнято Закон України

"Про створення парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" від 14 липня 2023 року № 3264-ІХ, у якому наведено перелік земельних ділянок державної власності, наданих у постійне користування парку. ППСПМЗЗ "Межигір'я" підпорядковується Міністерству економіки, довкілля та сільського господарства [19].

Парк характеризується багатим біорізноманіттям зелених насаджень, складною геоморфологічною та ландшафтною структурою, значною кількістю штучно створених та інтегрованих у природне середовище об'єктів. Насадження парку представлені понад 300 видами дерев і кущів, серед яких є інтродуковані та рідкісні. Серед типових деревних порід присутні дуб звичайний (*Quercus robur* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), ялина європейська (*Picea abies* (L.) H. Karst.) та інші (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика основних деревних насаджень (зокрема декоративних) ППСПМЗЗ "Межигір'я"

Вид	Походження	Біоекологічна характеристика деревних насаджень	Ландшафтна та рекреаційна роль
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	Місцевий вид	Довговічне, потужне дерево. Тіньовитривале, стійке до вітру. Рoste на глибоких, родючих ґрунтах	Формує основу лісових масивів, надає природності композиціям
Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	Місцевий вид	Швидкорослий, морозостійкий, добре переносить міські умови	Алеї, групові посадки, тінь, осіннє забарвлення
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	Місцевий вид	Декоративна, ароматна, медонос. Добре переносить стрижку	Регулярні алеї, створення затінення
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	Місцевий вид	Світлолюбна, швидко росте на піщаних ґрунтах	Лісові ділянки, фонові композиції, стабілізація ґрунтів
Ялина європейська (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Місцевий вид	Вологолюбна, тіньовитривала, декоративна. Чутлива до спеки	Партерні групи, солітери, новорічна символіка
Гіркокаштан звичайний (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	Балканський півострів (Албанія, Північна Македонія, Греція)	Має помірну здатність очищувати повітря. Успішно використовується для формування тіні, зменшення шуму, зниження температури в місті	Формування тіні, зниження рівня шуму та температури в населених пунктах
Модрина європейська (<i>Larix decidua</i> Mill.)	Автохтонний вид гір Центральної Європи	Світлолюбива, не переносить затінення, помірно вологолюбна, не переносить заболочених ґрунтів, вибаглива до родючості ґрунтів	Формує вертикальні композиції в пейзажних алеях, групових або одиночних посадках, адаптується до урбанізованих умов, зберігає естетичну привабливість у складних кліматичних умовах

Продовження таблиці 2

Вид	Походження	Біоекологічна характеристика деревних насаджень	Ландшафтна та рекреаційна роль
Болотяний кипарис дворядний (<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.)	Південно-східна частина Північної Америки (природний ареал охоплює узбережжя Мексиканської затоки, долини річок Міссісіпі, Огайо, Алабама, Техас, Флорида, Луїзіана, Південна Кароліна)	Світлолюбний, дуже вологолюбний, зростає на кислих, глеуватих, алювіальних ґрунтах	Облаштування ландшафтних композицій, набережних, ставків, сприяє очищенню повітря, підвищенню вологості. Як реліктовий листопадний хвойний вид є цінним для екологічних стежок, дендрологічних колекцій
Ялиця одноколірна (<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.)	Західна частина Північної Америки: Скелясті гори, Каліфорнія, Аризона, Невада	Тіньовитривала в молодому віці, світлолюбна в дорослому віці, помірно вологолюбна, вибаглива до родючості ґрунту, стійка до урбанізованого середовища, хвороб і шкідників	Використовується в одиночних і групових насадженнях, зберігає декоративні властивості протягом року, виділяє фітонциди, сприяє зниженню температури та запиленості повітря
Робінія псевдоакація (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Північна Америка	Світлолюбна, посухостійка, невибаглива до ґрунтів, добре переносить міське середовище, загазованість атмосферного повітря та ущільнення ґрунту	Володіє бактерицидними властивостями, агресивною кореневою парослю, інвазивністю. Використовується як акцентна чи кулісна порода, підлягає контролю через надмірне поширення
Горобина звичайна (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Помірна зона Європи та Західної Азії (від Іспанії до Уралу та Сибіру)	Світлолюбна, але добре переносить затінення, вологолюбна, зимостійка, медоносна, сприяє збагаченню біорізноманіття, підтримуючи популяції комах-запилювачів	Використовується на екологічних стежках як місцевий вид, володіє широким спектром екосистемних послуг
Магнолія (<i>Magnolia</i>)	Східна Азія, Північна та Центральна Америка	Теплолюбна, потребує захищених місць, вибаглива до родючих ґрунтів і реакції ґрунтового середовища	Приваблює декоративністю, під час цвітіння є окрасою парку, деякі види володіють фітонцидними властивостями
Паротія перська залізне дерево перське (<i>Parrotia persica</i>)	Іран, південні райони Кавказу	Стійка до урбанізованого середовища, шкідників і збудників хвороб	Сприяє створенню естетичності ландшафту парку в усі пори року, використовується в екологічних стежках
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth)	Європа, Західний Сибір, Кавказ, Україна (Лісостепова зона)	Помірно вологолюбна, чутлива до загазованості повітря, невибаглива до ґрунтів і затінення, швидкоростуча порода, виділяє фітонциди	Естетично приваблива порода, використовується в алеях, куртинах і групових насадженнях, створює елегантність ландшафту, знижує бактеріальний рівень повітря
Тис звичайний, або тис ягідний (<i>Taxus baccata</i> L.)	Європа, Північна Африка, Кавказ, в Україні — Карпати, Поділля	Занесений до Червоної книги, вічнозелене дерево. Тіньовитривалий, чутливий до родючості ґрунтів	Формує затінені простори, забезпечує звукоізоляцію, фітонцидне дерево, створює рекреаційний затишок маршрутів
Туя західна (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	Північна Америка, Канада, в Європі інтродукована у XVII ст.	Вічнозелене дерево, світлолюбне, але гарно витримує тінь, не переносить перезволоження, морозостійке, має	Вічнозелена крона структурує композиції ландшафту, використовується для розділення зон простору парку

Вид	Походження	Біоекологічна характеристика деревних насаджень	Ландшафтна та рекреаційна роль
		здатність очищувати повітря	та в солітерних акцентах у композиціях, володіє стабільністю форми крони
Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Європа, Кавказ, в Україні — Полісся, Лісостеп, Карпати	Світлолюбне і помірно тіньовитривале, стійке до вітроломів, посухи, добре переносить обрізку, вразливе до грибкових хвороб	Формує високі акценти в паркових композиціях, використовується в алеях, рутинах, солітерних посадках
Тюльпанове дерево (<i>Liriodendron tulipifera</i>)	Північна Америка	Дерево з великим листям і тюльпано-подібними квітками. Любить вологі ґрунти, світлолюбне	Рідкісна прикраса парку, цінна екзотика
Платан кленолистий (<i>Platanus acerifolia</i>)	Середземномор'я/гібрид	Витривалий до міських умов, велике листя, мальовничий стовбур	Алеї, одиночні посадки, ефектність кори
Гінкго дволопатеве (<i>Ginkgo biloba</i>)	Східна Азія	Реліктовий вид, витривалий, повільно росте. Восени має яскраво-жовте листя	Символічне та декоративне дерево, акцент у композиціях
Сакура японська (<i>Prunus serrulata</i>)	Японія	Середньоросле дерево, цвіте навесні рясно. Чутливе до морозів	Весняна декоративність, емоційне наповнення пейзажу

Джерело: [18].

Функціональне використання території ППСМЗЗ "Межигір'я" передбачає зонування, а саме: рекреаційну зону (відвідування), освітній та еколого-просвітницький майданчик (екскурсії, фестивалі, освітні заходи) і наукові об'єкти (ландшафтна архітектура, біорізноманіття, зелені насадження). Для відвідувачів є кілька маршрутів, адаптованих до різних вікових і цільових категорій (табл. 3).

Отже, ППСМЗЗ "Межигір'я" є унікальним природно-культурним комплексом, що поєднує ландшафтні експозиції та екологічну функціональність території. Його охорона, збереження та сталий розвиток є важливими для реалізації цілей державної екологічної політики, ефективного управління територіями ПЗФ й екологічної освіти населення. Просторовий і рекреаційний потенціал ППСМЗЗ "Межигір'я" відрізняється від інших парків, обраних для

порівняння, завдяки багатофункціональному призначенню, що поєднує відвідування музею *Нонка*, об'єктів ландшафтного мистецтва, активні види відпочинку, збереження біорізноманіття тощо (табл. 4).

Водночас рекреаційне навантаження парків характеризується інтенсивністю, яка здебільшого залежить від сезону року, зонування територій та економічної моделі управління об'єктом ПЗФ. Під час виконання досліджень було вивчено показники динаміки відвідування рекреантами природних і штучно створених локацій ППСМЗЗ "Межигір'я" впродовж 2024–2025 рр. (рис. 1). Варто зазначити, що відкриття музею *Нонка* відбулося лише навесні 2025 року [19]. Отримані результати показують, що переважно на інтенсивність відвідування відкритих локацій впливав сезон року, при цьому найвищі показники зафіксовано на алеях та організова-

Таблиця 3

Основні маршрути територією ППСМЗЗ "Межигір'я", 2025 рік

Тип маршруту	Протяжність, км	Зміст маршруту
Короткий	3	Теплиця, зоопарк, <i>Нонка</i> , озеро лебедів, гольф-поле, декоративні насадження
Середній	6	"Руїни Парфенону", дебаркадер, пішохідні зони та "Оглядові майданчики"
Довгий	8	Уся територія

Джерело: [19].

Таблиця 4

Порівняльний аналіз просторового та рекреаційного потенціалу об'єктів ПЗФ України

Показники	ППСПМЗЗ "Межигір'я"	Національний дендрологічний парк "Софіївка"	Національний природний парк "Синевир"
Площа, га	≈140	≈180	≈40 400
Тип зонування	Мультизональний	Дендропарк	Національний парк
Рекреаційне навантаження (середньостатистичне)	≈10 000/місяць	12 500/місяць	10 250/місяць

Джерело: [19–21].

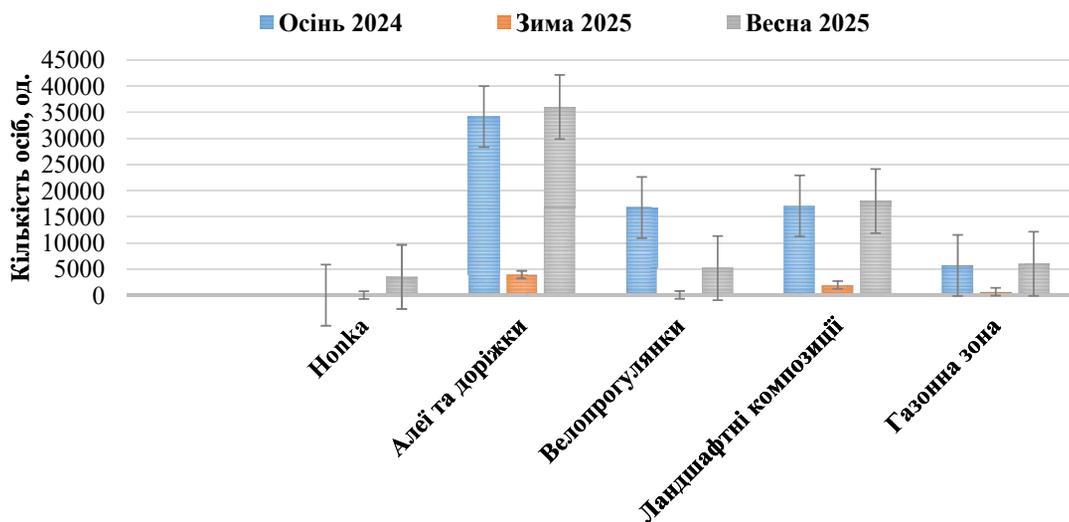


Рис. 1. Динаміка відвідування рекреантами локацій ППСМЗЗ "Межигір'я" (2024–2025 рр.)

Джерело: [19].

них доріжках навесні 2025 року — 36 038 осіб. Це свідчить про естетичну привабливість цієї зони та насиченість її рідкісними об'єктами біорізноманіття, які є як аборигенними, так і інтродукованими.

У весняний період фіксуються найвищі показники відвідування парку в більшості зон, тоді як найменша рекреаційна активність спостерігається в зимовий період. Найпопулярнішими об'єктами є алеї та доріжки, велодоріжки та ландшафтні композиції. Найменше навантаження припадає на музей Нонка. Загалом за всіма локаціями, без урахування організованих екскурсій, в осінній період 2024 року зафіксовано 73 738 відвідувачів, узимку цей показник був найнижчим і становив 6 592 особи, що пов'язано із сезонними умовами. Навесні відвідуваність зросла до 65 247 осіб. Отже, одним із визначальних чинників відвідування парку рекреантами є сезонні умови довкілля. Аналіз рекреаційного відвідування музею Нонка залежно від сезону показав, що відвідуваність залишається

стабільно низькою за всіма віковими групами; найінтенсивніше цю локацію відвідують студенти та доросле населення, показники для яких коливаються в межах 2–4 тис. осіб (рис. 2).

У зимовий період закономірно фіксується зниження відвідуваності серед студентів — 58 осіб, тоді як серед дорослих відвідувачів показник був найвищим — 5 593 осіб. У весняний період спостерігається зростання відвідуваності: найнижчий показник — серед дітей віком 1–7 років, найвищий — серед дорослих (46 899 осіб). Дані щодо відвідувачів різних вікових категорій і соціальних груп у зелених зонах парку (ландшафтні композиції та гольф-поле) у 2024–2025 рр. наведено на рис. 3. Найбільша кількість відвідувачів (12 000 осіб) спостерігалася серед дорослої категорії навесні 2025 року, із помітним зниженням узимку. Організовані екскурсії для відвідувачів віком 7–18 років (здебільшого школярів) мали стабільні показники протягом осіннього періоду та весни — 3–4 тис. осіб.

Рекреаційний потенціал парку-пам'ятки загальнодержавного значення "Межигір'я"

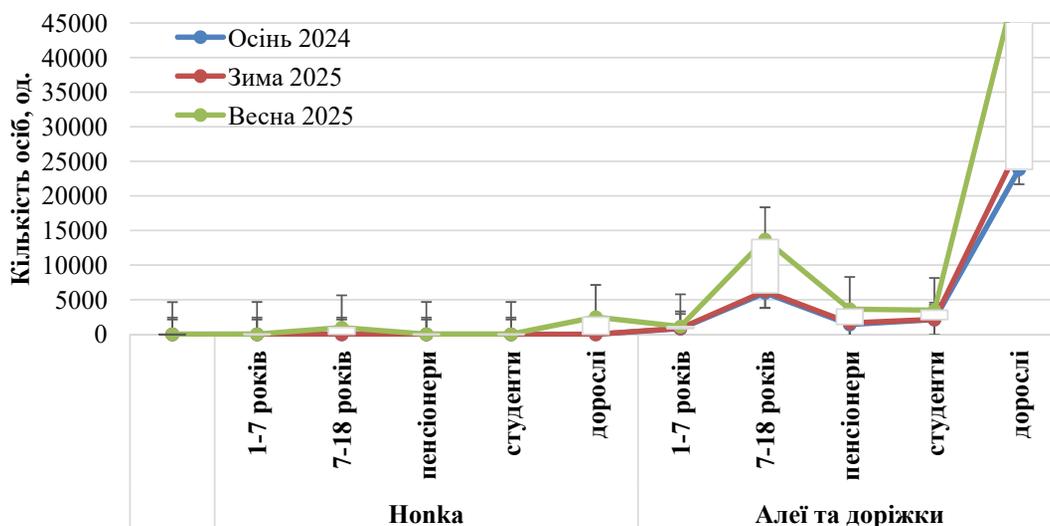


Рис. 2. Динаміка відвідування штучно створених локацій ППСМЗЗ "Межигір'я" рекреантами за віковими категоріями (2024–2025 рр.)

Джерело: [19].

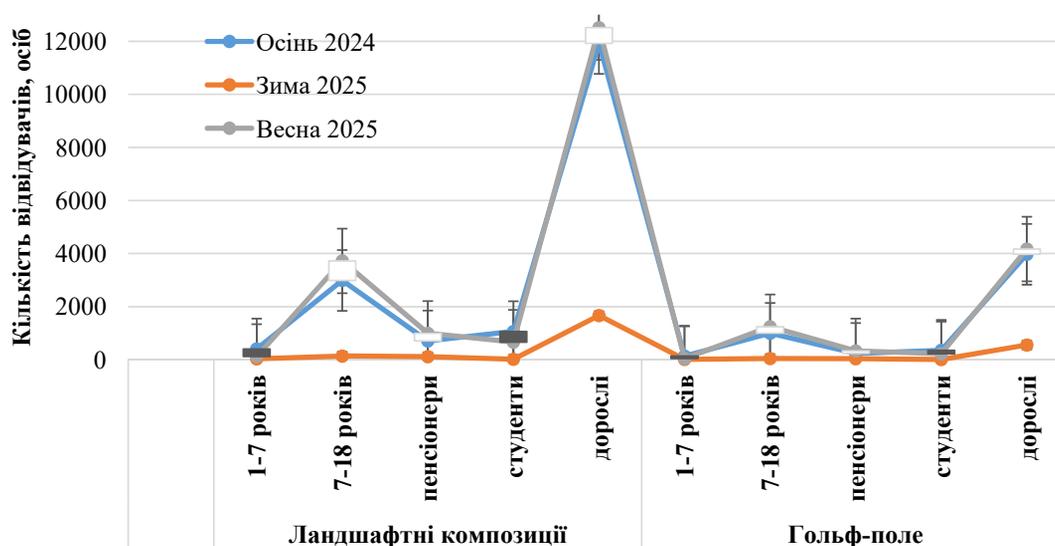


Рис. 3. Динаміка відвідування зон зелених насаджень ППСМЗЗ "Межигір'я" рекреантами за віковими категоріями (2024–2025 рр.)

Джерело: [19].

Інші категорії відвідувачів парку (діти віком 1–7 років, пенсіонери та студенти) характеризуються помірним рівнем відвідувань із незначним сезонним коливанням, що проявляється в зниженні показників у зимовий період. Найвища активність відвідувачів у зоні гольф-поля спостерігається серед дорослих, особливо навесні 2025 року — 4 тис. осіб. Діти віком 1–7 років і пенсіонери беруть значно меншу участь в організованих і неорганізованих відвідуваннях

зеленої зони, і взимку показники знижуються до нульових. Для студентів і підлітків віком 7–18 років характерний підвищений інтерес до цієї зони навесні.

Отже, сезонність року та погодні умови є визначальними чинниками, що впливають на активність відвідування зон парку, зайнятих зеленими насадженнями. Серед сезонів найбільш популярною є весна, особливо серед дорослих відвідувачів. Ландшафтні композиції з їхніми

унікальними зеленими насадженнями приваблюють відвідувачів усіх вікових категорій. Під час проведених розрахунків із використанням формули 1 встановлено, що найбільш навантаженою зоною рекреантами є алеї та доріжки — маршрутна зона досліджуваного парку, яка приймає максимальний потік відвідувачів (рис. 4). Показник рекреаційного навантаження суттєво змінюється залежно від сезону року, при цьому весняний період є найбільш активним. Локації ландшафтних композицій і гольф-поля мають подібний рівень навантаження навесні (≈5–6 тис. осіб/га), що свідчить про однакову привабливість цих зон.

У результаті проведених розрахунків із використанням формули 2 встановлено, що найвища межа максимально можливого рекреаційного навантаження припадала на весну 2025 року і за локаціями становила: гольф-поле — понад 300 тис. осіб (абсолютний максимум), алеї та доріжки — понад 150 тис. осіб, ландшафтні композиції — близько 50 тис. осіб (рис. 5).

Загалом цей показник корелюється з попередніми розрахунками. Осінній період характеризується нижчими значеннями за локаціями: гольф-поле — близько 275 тис. осіб, алеї та доріжки — понад 120 тис. осіб, ландшафтні

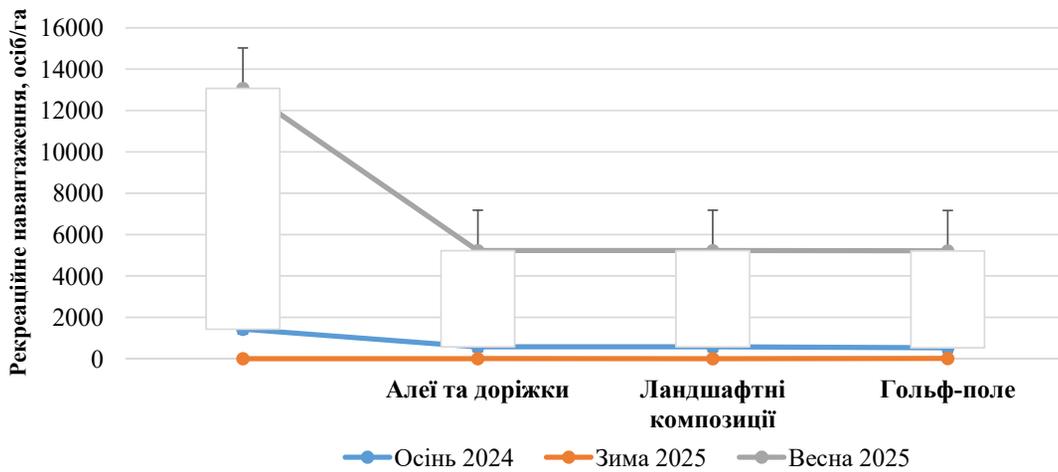


Рис. 4. Рекреаційне навантаження на площу окремих локацій ППСПМЗЗ "Межигір'я" (2024–2025 рр.)

Джерело: [19].

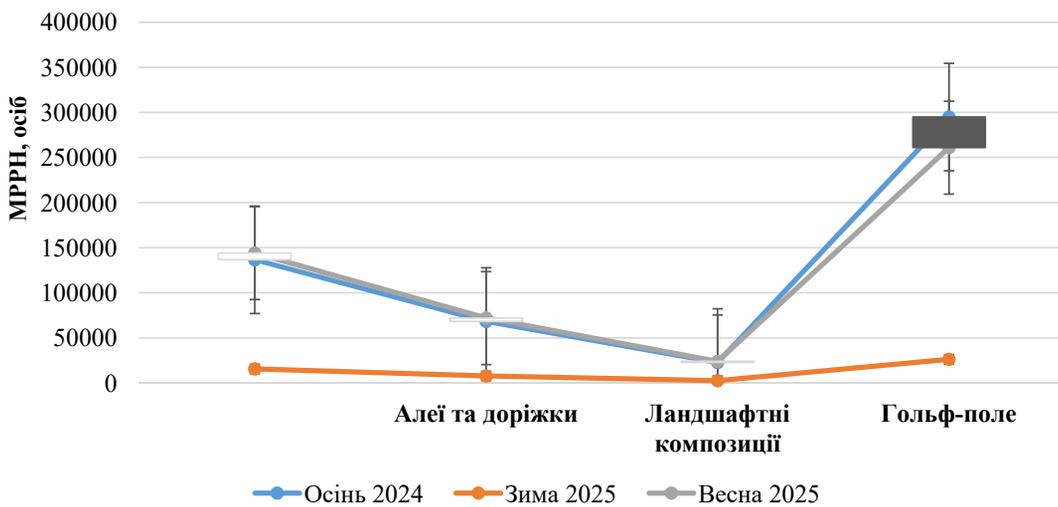


Рис. 5. Максимально допустиме рекреаційне навантаження на окремі локації ППСПМЗЗ "Межигір'я" (2025–2025 рр.)

Джерело: [19].

композиції — менше 50 тис. осіб. Найнижчі значення спостерігаються в зимовий період.

Отже, гольф-поле має найвищий потенціал для рекреаційного навантаження, особливо навесні. Локації алей і доріжок стабільно приваблюють значну кількість відвідувачів восени та весною. Очікувано, що взимку спостерігається значне зниження потенціалу рекреаційного навантаження через сезонність.

ВИСНОВКИ

Територія ППСМЗЗ "Межигір'я" характеризується значним рекреаційним потенціалом, тому екологічне управління рекреаційною діяльністю є одним із основних напрямів діяльності парку з метою збереження та охорони компонентів навколишнього середовища — зелених насаджень, біорізноманіття, природних і штучно створених комплексів. Масштаб здійснення рекреаційної діяльності в контексті ефективного та природоохоронного використання природних ресурсів потребує: проведення

екологічного контролю рекреаційного навантаження на компоненти й локації парку відповідно до нормативних показників; збереження повноцінного функціонування та максимальної різноманітності (біорізноманіття) екосистем природних комплексів, приділяючи увагу не лише окремим локаціям, а й усій території, з урахуванням близького розташування парку до м. Києва; проведення екологічного моніторингу можливих джерел надходження забруднюючих речовин та інших чинників, які можуть впливати на стан об'єкта; здійснення екологічного моніторингу стану компонентів довкілля парку з використанням сучасних методик та інструментів наукових досліджень; проведення на постійній основі роз'яснювальної та виховної роботи з відвідувачами щодо збереження довкілля; формування екологічно орієнтованого світогляду усіх вікових категорій населення, поєднуючи сталий баланс екологічної свідомості та якісного відпочинку рекреантів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zeng Y., Zhong L., Yu H. et al. Impact of protected area management on local communities: a perspective of recreational ecosystem services. *Environmental Development*. 2023. Vol. 45. DOI: doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100804
2. Данильченко О. Розширення території природно-заповідного фонду України як запорука сталого розвитку держави. *Theoretical and Applied Aspects of Sustainable Development of Ukrainian Regions: scientific monograph*. Riga: Baltija Publishing. 2025. Vol. 1. P. 222–259.
3. Jalkanen J., Vierikko K., Kujala H. et al. Identifying priority urban green areas for biodiversity conservation and equitable recreational accessibility using spatial prioritization. *Landscape and Urban Planning*. 2025. Vol. 259. 105356. DOI: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105356
4. The Convention on Biological Diversity. 1992. URL: <https://www.cbd.int/convention> (accessed: 12.08.2025).
5. Стратегія сталого розвитку: Європейські горизонти: підручник / І. Л. Якименко, Л. П. Петрашко, Т. М. Димань та ін. Київ: НУХТ, 2022. 337 с. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/7990/1/stratehiia_staloho.pdf (дата звернення: 12.08.2025).
6. Цілі сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення: 12.08.2025).
7. Федонюк В. В., Іванців В. В., Жадько О. А. та ін. Екологічна оцінка стану біоценозів природно-заповідних об'єктів Луцька. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Сільськогосподарські науки: зб. наук. пр.* 2023. Вип. 4, № 104. С. 186–204. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202315>
8. Смалійчук А., Шубер П. Зміна клімату в межах лісової зони України: біосферні резервати ЮНЕСКО як модельні території. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2020. Вип. 54. С. 115–130. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2020.54.11826>
9. Фещенко Р., Ковбаса Я., Маташук Р. та ін. Поточний приріст екосистемних послуг на постійних пробних ділянках у межах лісових насаджень парку-пам'ятки "Феофанія". *Український журнал лісознавства та деревообробки*. 2023. Вип. 14 (4), С. 88–102. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.88>
10. Sales L., Hayward M., Loyola R. What do you mean by "niche"? Modern ecological theories are not coherent on rhetoric about the niche concept. *Acta Oecologica*. 2021. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103701>
11. Zhou W., Zheng B., Zhang Z. et al. The role of eco-tourism in ecological conservation in giant panda nature reserve. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113077>
12. Shi H., Sun H., Ali M. et al. Exploring public preferences for ecosystem service improvements regarding nature reserve restoration. *Ecological Indicators*. 2023. Vol. 156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111121>
13. Janpeter S., Pinzón C., Froese R. et al. All we have left is to defend our reserve: social structures and community resistance to large-scale gold mining in the Manuripi Wildlife Reserve in northern Bolivia. *The Extractive Industries and Society*. 2024. Vol. 20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101574>
14. Powers S. L., Pitas N. A., Rice W. L. Applying location quotient methodology to urban park settings with mobile location data: implications for equity and park planning. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024. Vol. 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128418>
15. Про затвердження Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України: Наказ Міндовкілля від 26.07.2022, № 256. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/>

- pro-zatverdzhennya-polozhennya-pro-rekreatsijnu-diyalnist-u-mezhah-terytorij-ta-ob-yektiv-pryrodno-zapovidnogo-fondu-ukrayiny/ (дата звернення: 12.08.2025).
16. В'юн В. Г., Іванов А. М. Методика визначення рекреаційного навантаження на охоронні території. *Економіка та управління*. 2010. № 5. С. 82–85.
 17. Свіркова Є. М. Оцінка впливу рекреаційних навантажень на природні екосистеми. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2006. Т. 54. С. 43–46. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/7876>
 18. *Літопис ППСМЗЗ "Межигір'я"*. 2024. Т. 1. 67 с.
 19. Офіційний вебсайт державної установи "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»". URL: <https://mezhyhiria.merg.gov.ua/> (дата звернення: 12.08.2025).
 20. Офіційний вебсайт Національного дендрологічного парку "Софіївка" Національної академії наук України. URL: <https://www.sofievka.org/park/> (дата звернення: 12.08.2025).
 21. Офіційний вебсайт Національного природного парку "Синеvir". URL: <https://synevyr-park.in.ua/en/> (дата звернення: 12.08.2025).

RECREATIONAL POTENTIAL OF THE PARK-MONUMENT OF NATIONAL IMPORTANCE "MEZHYHIRIA"

Nadvynychnyi D.

Director

State Institution "Park-Monument of Landscape Art of the National Importance «Mezhyhiria»"
(Novi Petrivtsi, Kyiv region, Ukraine)

e-mail: parkmezhyhirya@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1820-1146>

Naumovska O.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Head of the Research Department

State Institution "Park-Monument of Landscape Art of the National Importance «Mezhyhiria»"
(Novi Petrivtsi, Kyiv region, Ukraine)

e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

Serbeniuk H.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Researcher

State Institution "Park-Monument of Landscape Art of the National Importance «Mezhyhiria»"
(Novi Petrivtsi, Kyiv region, Ukraine)

e-mail: bojruw@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-0623>

Palamarchuk S.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

Researcher

State Institution "Park-Monument of Landscape Art of the National Importance «Mezhyhiria»"
(Novi Petrivtsi, Kyiv region, Ukraine)

e-mail: svitpalamar@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9083-6850>

Kryzhanivskiy I.

Researcher

State Institution "Park-Monument of Landscape Art of the National Importance «Mezhyhiria»"
(Novi Petrivtsi, Kyiv region, Ukraine)

e-mail: valent.73@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5474-3876>

The intensification of recreational load on suburban nature reserves necessitates scientifically based approaches to their sustainable use and protection of natural complexes. The study was aimed at analyzing the dynamics of recreational load on the natural complexes of the Mezhyhiria Park in a spatio-temporal aspect, assessing its impact on environmental components, and developing proposals for optimizing the use of the territory to prevent ecosystem degradation. Statistical data on attendance for 2024–2025 were used, an analysis of the spatial structure of the park taking into account functional zones, as well as calculations of recreational load using formulas that take into account the number of visitors, the area of locations (2024–2025), and the duration of stay. The locations of landscape compositions, green areas, and alleys were studied, seasonal fluctuations and age categories of recreationists were assessed. It was established that the highest recreational load falls on spring season, in particular on alleys and paths (up to 36,038 people), while the lowest is in winter (6,592 people). Landscape areas and golf courses have similar traffic loads (~5–6 thousand people/ha in spring). The

maximum allowable traffic load for the lawn area is 300 thousand people, for the alleys — 150 thousand people. Seasonality and weather conditions are key factors affecting attendance. Mezhyhiria Park has significant recreational potential, but requires enhanced environmental monitoring and load control to preserve biodiversity and natural complexes. Research into recreational load indicators on the territory of the nature reserve fund makes it possible to implement environmental protection and management measures aimed at their maximum preservation and rational use.

Keywords: environmental protection activities, environmental management, recreational activities, recreationist, anthropogenic impact, preservation of environmental components.

REFERENCES

- Zeng, Y., Zhong, L., Yu, H., Deng, J., & Wang, L. (2023). Impact of protected area management on local communities: A perspective of recreational ecosystem services. *Environmental Development*, 45. doi: 10.1016/j.envdev.2023.100804
- Danylchenko, O. (2025). Expansion of the territory of the nature reserve fund of Ukraine as a guarantee of sustainable state development. In *Theoretical and applied aspects of sustainable development of Ukrainian regions: Scientific monograph* (Vol. 1, pp. 222–259). Riga: Baltija Publishing.
- Jalkanen, J., Vierikko, K., Kujala, H., Kivistö, I., Kohonen, I., Lehtinen, P., Toivonen, T., Virtanen, E., & Moilanen, A. (2025). Identifying priority urban green areas for biodiversity conservation and equitable recreational accessibility using spatial prioritization. *Landscape and Urban Planning*, 259, 105356. doi: 10.1016/j.landurbplan.2025.105356
- Convention on Biological Diversity. (1992). *The Convention on Biological Diversity*. Retrieved from <https://www.cbd.int/convention>
- Yakymenko, I. L., Petrashko, L. P., Dyman, T. M., Salavor, O. M., Shapovalov, Ye. B., Halaburda, M. A., Nychyk, O. V., & Martyniuk, O. V. (2022). *Strategy for sustainable development: European horizons*. Kyiv: NUHT. Retrieved from https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/7990/1/stratehiia_staloho.pdf
- Sustainable Development Goals. (n.d.). Retrieved from <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
- Fedoniuk, V. V., Ivantsiv, V. V., Zhadko, O. A., Fedoniuk, M. A., Pankevych, S. H., & Zaleskyi, I. I. (2023). Ecological assessment of biocenoses of nature reserve sites in Lutsk. *Visnyk of the National University of Water Management and Nature Management. Series: Agricultural Sciences: Collection of Scientific Works*, 4(104), 186–204. doi: 10.31713/vs4202315
- Smaliichuk, A., & Shuber, P. (2020). Climate change within the forest zone of Ukraine: UNESCO biosphere reserves as model territories. *Visnyk of Lviv University. Geographical Series*, 54, 115–130. doi: 10.30970/vgg.2020.54.11826
- Feschenko, R., Kovbasa, Y., Matashuk, R., Bilous, S., Naumovska, O., & Bilous, A. (2023). Current increase of ecosystem services in permanent sample plots within forest plantations of the Feofaniya park-monument. *Ukrainian Journal of Forestry and Wood Processing*, 14(4), 88–102. doi: 10.31548/forest/4.2023.88
- Sales, L., Hayward, M., & Loyola, R. (2021). What do you mean by “niche”? Modern ecological theories are not coherent on rhetoric about the niche concept. *Acta Oecologica*, 11. doi: 10.1016/j.actao.2020.103701
- Zhou, W., Zheng, B., Zhang, Z., Song, Z., & Duan, W. (2021). The role of eco-tourism in ecological conservation in giant panda nature reserve. *Journal of Environmental Management*, 295. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113077
- Shi, H., Sun, H., Ali, M. A. S., & Mao, H. (2023). Exploring public preferences for ecosystem service improvements regarding nature reserve restoration. *Ecological Indicators*, 156. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.111121
- Janpeter, S., Pinzón, C., Froese, R., Figueroa, D., Villavicencio, M., Werland, L., & Schönenberg, R. (2024). All we have left is to defend our reserve: Social structures and community resistance to large-scale gold mining in the Manuripi Wildlife Reserve in northern Bolivia. *The Extractive Industries and Society*, 20. doi: 10.1016/j.exis.2024.101574
- Powers, S. L., Pitas, N. A., & Rice, W. L. (2024). Applying location quotient methodology to urban park settings with mobile location data: Implications for equity and park planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 98. doi: 10.1016/j.ufug.2024.128418
- Order of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No. 256 “On Approval of the Regulation on Recreational Activities within the Territories and Objects of the Nature Reserve Fund of Ukraine”. (2022, July). Retrieved from <https://mepr.gov.ua/documents/pro-zatverdzhennya-polozhennya-pro-rekreatsijnu-diyalnist-u-mezhah-terytorij-ta-ob-yektiv-pryrodno-zapovidnogo-fondu-ukrayiny/>
- Viun, V. H., & Ivanov, A. M. (2010). Methodology for determining recreational load on protected territories. *Economics and Management*, 5, 82–85.
- Svirikova, E. M. (2006). Assessment of the impact of recreational load on natural ecosystems. *Scientific Notes of NaUKMA. Biology and Ecology*, 54, 43–46. Retrieved from <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/7876>
- Chronicle of the Park-Monument of Landscape Gardening Art of National Importance “Mezhyhiria”. (2024). (Vol. 1).
- State Institution “Park-Monument of Landscape Gardening Art of National Importance ‘Mezhyhiria’”. (n.d.). Retrieved from <https://mezhyhiria.mepr.gov.ua/>
- National Dendrological Park “Sofiiivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. (n.d.). Retrieved from <https://www.sofievka.org/park/>
- Synevyr National Nature Park. (n.d.). Retrieved from <https://synevyr-park.in.ua/en/>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

НАДВИНИЧНИЙ Дмитро Степанович — директор, ДУ "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" (вул. Івана Франка, 19, с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна, 07354; e-mail: parkmezhihirya@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1820-1146>).

НАУМОВСЬКА Олена Іванівна — начальник науково-дослідного відділу, ДУ "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" (вул. Івана Франка, 19, с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна, 07354); кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю, НУБіП України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>).

СЕРБЕНЮК Ганна Анатоліївна — науковий співробітник науково-дослідного відділу, ДУ "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" (вул. Івана Франка, 19, с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна, 07354); кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю, НУБіП України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: bojruw@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-0623>).

ПАЛАМАРЧУК Світлана Петрівна — науковий співробітник науково-дослідного відділу, ДУ "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" (вул. Івана Франка, 19, с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна, 07354); кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю, НУБіП України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: svitpalamar@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9083-6850>).

КРИЖАНІВСЬКИЙ Ігор Валентинович — науковий співробітник науково-дослідного відділу, ДУ "Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Межигір'я»" (вул. Івана Франка, 19, с. Нові Петрівці, Київська обл., Україна, 07354; e-mail: valent.73@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5474-3876>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

У Бразилії стартує COP30. У фокусі — реальні дії для стримування кліматичних змін. З 10 до 21 листопада у бразильському Белені триватиме Конференція ООН з питань зміни клімату COP30. Переговори зберуть делегатів з усього світу, які зосередяться на подоланні кліматичної кризи завдяки конкретним діям. У звіті Програма ООН із навколишнього середовища (UNEP) зазначено, що підвищення глобальної температури на 1,5°C відбудеться вже наступного десятиліття. Державам доведеться докласти додаткових зусиль для досягнення цілей Паризької кліматичної угоди. Тож на цьогорічній COP30 планують говорити більш предметно, а не на рівні декларацій добрих намірів. У повідомленні Рамкової конвенції ООН про зміни клімату (UNFCCC) зазначено: *"Акцент змістився до реального виконання зобов'язань — перевтілення НВВ на конкретні заходи, які пришвидшать перехід до чистої енергії, зміцнять інститути та принесуть відчутну користь людям і планеті"*. Світове лідерство у кліматичній політиці утримує Європейський Союз. До 2040 року планується скорочення викидів на 90% порівняно з рівнем 1990 року. Україна оприлюднила Національно визначений внесок: до 2035 року скоротити викиди парникових газів більш ніж на 65% від рівня 1990 року.

ГІДРОЛОГІЧНА ДИНАМІКА СТАЦІОНАРУ “МЕРТВЕ ОЗЕРО” ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЕКОСИСТЕМИ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА “ДРЕВЛЯНСЬКИЙ”

В. В. Мартиненко

доктор філософії з екології

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>

І. В. Шумигай

кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>

Стаціонар “Мертве озеро”, розташований на території природного заповідника “Древлянський”, є унікальним природним об’єктом, що поєднує в собі підтримання гідрологічного балансу та біологічного різноманіття природоохоронної території. Останніми роками спостерігаються суттєві кліматичні зміни, які характеризуються значним збільшенням середньодобової температури повітря та зменшенням кількості вологи, що, своєю чергою, призводять до зменшення площі водного дзеркала території. Основою для здійснення моніторингу є картографічні матеріали (дані дистанційного зондування Землі), метеорологічні дані та польові дослідження. Згідно з дослідженням встановлено, що площа водного дзеркала пробної ділянки “Мертве озеро” протягом 2017–2025 рр. зазнала істотних сезонних і міжрічних коливань, зумовлених кількістю атмосферних опадів та температурним режимом. Максимальні показники площі водного дзеркала почали фіксуватися з березня–квітня 2023 року, а повне затоплення відбулося навесні 2024 року (2,46–3,09 га), що пов’язано з інтенсивним водопіллям. У літній період фіксувалося поступове зменшення площі водойми через підвищення температури повітря та випаровування. Виявлено також трансформацію рослинного покриву: зникнення окремих гідрофільних видів і переважання мезофітної рослинності за умов тимчасового пересихання озера. З’ясовано, що гідрологічна динаміка озера впливає на просторово-часову організацію екосистем території його розташування. У дослідженні покладено початок проведенню системного моніторингу стану водного плеса стаціонару та його фіторізноманіття з метою розроблення менеджмент-плану відновлення гідрологічного режиму заповідної території в контексті кліматичних змін й оптимізації управління природоохоронними територіями. Згідно з проведеним дослідженням можна зробити висновок, що гідрологічний режим стаціонару “Мертве озеро” тісно пов’язаний із загальною екологічною ситуацією на всій території природного заповідника “Древлянський” і є приводом для активного вивчення й охорони малих водних об’єктів зони Полісся.

Ключові слова: водний баланс, зміна клімату, моніторинг водойм, гідрофільна рослинність, болотні екосистеми.

ВСТУП

Гідрологічна ситуація на певній території відіграє дуже важливу роль у функціонуванні природних екосистем, адже саме гідрологічні процеси формують умови розвитку та існування біоценозів, розташованих поруч, регулюють біогеохімічні цикли та підтримують біорізноманіття [1]. В Україні зона Полісся характеризується значними площами заболоченої місцевості, густою мережею річок і великими площами озер, що вказує на суттєвий вплив гідрологічного чинника на підтримання екологічної ситуації в регіоні [2].

Стан збереження водно-болотного угіддя визначає стійкість природного комплексу, його

здатність до самовідновлення та опору зовнішнім негативним впливам [3]. Водний режим території виступає регулятором екологічних процесів — від формування ґрунтового-гідрологічних умов до створення умов місцезростання рідкісних видів флори, які мають вузький ареал поширення [4]. Таким чином, динаміка водного режиму стає ключовою у вивченні та розумінні природних процесів і прогнозуванні змін за сучасних умов [5].

Вивчення гідрологічної динаміки є важливим для оцінки сучасної екологічної ситуації. Коливання температури повітря та зменшення кількості опадів призводять до збільшення кількості посух, а нетипові та екстремальні гідро-

метеорологічні явища — до трансформаційно-сукцесійних процесів водно-болотних угідь [6–8]. Додатковим фактором змін у ґрунтово-гідрологічних процесах є масштабні пожежі, які на Поліссі за останні роки стали дуже частим явищем [9]. Зміни у водному балансі території передусім відображаються на структурі та видовому складі рослинного покриву: замість вологолюбних рослин з'являються види, здатні адаптуватися до посухостійких умов місцезростання [10]. Такі процеси впливають на екологічну стійкість екосистем до зовнішніх факторів та їх відновлення [11].

Актуальність нашого дослідження зумовлена необхідністю оцінити вплив гідрологічних процесів на збереження та стабільність екосистем в умовах антропогенного навантаження і кліматичних змін в екосистемах Полісся.

Мета роботи — аналіз гідрологічної ситуації на стаціонарі “Мертве озеро” та визначення його впливу на стан і функціонування екосистем заповідної території.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Останніми роками дослідження гідрологічного напрямку водноболотних угідь Полісся стали актуальними та висвітлюються як у вітчизняних, так і в міжнародних фахових виданнях. Так, на території природного заповідника “Древлянський” проводилися гідро-хімічні дослідження річок заповідної території в межах науково-дослідної роботи та програми “Літопис природи” [12–14], результати яких стали основою для продовження моніторингу стану річкової мережі території дослідження.

Також в українських збірниках наявні статті щодо вивчення екологічного значення боліт і торфовищ Полісся [17], які мають підвищені ризики пірогенного пошкодження, а вивчення їхніх екологічних особливостей тісно пов'язане із застосуванням даних дистанційного зондування Землі для визначення вологоємності [15; 16]. За допомогою метеорологічних даних і матеріалів дистанційного зондування вологоємності за минулі та сучасний періоди можливо прогнозувати ймовірний розвиток пожежі та напрямки її поширення.

Гідробіонти є надчутливим індикатором якості води, адже їхня видова структура, чисельність і розподіл реагують на зміни фізико-хімічного складу водного середовища та трофності, а також на антропогенне навантаження [18]. На відміну від лабораторних досліджень якості води за допомогою хімічних аналізів, які дають результат тільки на конкретний момент, гідробіонти дають змогу оцінювати якість води за довготривалий проміжок часу [19]. Використання водних живих організмів дає змогу довготривало відслідковувати тенденції трансформації водойм, що робить їх ключовими та перспективними видами фізико-хімічного складу води [20].

Велика кількість напрацювань у сфері відновлення гідрологічного режиму річок втілюється на території природного заповідника “Древлянський”. Головною метою цього процесу є відновлення гідрологічного режиму території для зменшення можливого пірогенного пошкодження та для збереження раритетного біорізноманіття [21; 22]. Адже у разі виникнення пожеж на таких територіях їх буде вкрай складно ліквідувати за короткий термін, а сухостійна рослинність сприятиме швидкому розповсюдженню вогню на велику площу, що завдасть значних збитків екології природоохоронної території та навколишніх земель.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

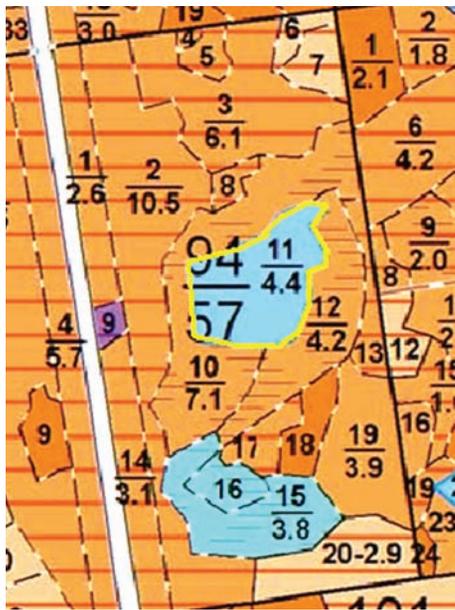
Дослідження проводилося на постійній пробній площі (ППП) “Мертве озеро”, яка розташована на території природного заповідника “Древлянський” у 94-му кварталі 11-го виділу Народицького природоохоронного науково-дослідного відділення (51.135496, 29.106766) [23] (рис. 1). Територія охоплює озеро, що починає заростати деревною рослинністю.

Дослідження на стаціонарі здійснювалися впродовж 2017–2025 рр. Вони охоплювали моніторинг зміни площі водного дзеркала за допомогою матеріалів супутникового знімання [24], проведення геоботанічних описів змін рослинності [25] залежно від вологості території та фіксування заростання деревною рослинністю [24].

Дані кліматичних показників бралися з Літописів природи природного заповідника “Древлянський” за 2017–2025 рр. [26]. Вони містили інформацію про температуру повітря та кількість опадів, що давало змогу встановити залежність між кількістю опадів або температурою повітря та площею водного дзеркала.

Для визначення площ водного дзеркала використовувалися дані дистанційного зондування Землі, зокрема супутникові знімки Sentinel-2. Знімки відбиралася з хмарністю до 10%, щоб чітко був видимий периметр пробної площі в липні протягом періоду дослідження (дата закладання ділянки — липень 2017 р.) [27]. Обробка та аналіз супутникових даних виконувалися за допомогою програмного забезпечення QGIS, що дало змогу побудувати карти річних змін площ водної поверхні озера.

Геоботанічний аналіз стану рослинності охоплював опис території з фіксуванням видового та кількісного складу, еколого-ценотичної



а



б

Рис. 1. Розташування ППП “Мертве озеро” на території природного заповідника “Древлянський”: а — на лісотаксаційній карті; б — на супутниковій карті

Джерело: виконано авторами.

структури в різні гідрологічні фази. Опис проводився за стандартною схемою на площі 100 м² із фіксуванням кожного виду та його проєктивного покриття [28]. Завдяки такому підходу вдавалося виявити закономірності змін рослинного покриття в різні гідрологічні фази стаціонару.

Поєднання натурних геоботанічних описів, спостереження за кліматичними показниками та GIS-аналізу дало змогу започаткувати спостереження за ботано-гідрологічною ситуацією на постійній пробній площі “Мертве озеро” та оцінити її вплив на суміжні екосистеми в природному заповіднику “Древлянський”.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Динаміка змін площі водної поверхні пробної площі “Мертве озеро” природного заповідника “Древлянський” вказує на тісний взаємозв'язок між кількістю опадів і гідрологічним режимом території (табл. 1). Водночас формування водної поверхні досліджуваної території залежить також від температури повітря, рівня ґрунтових вод та антропогенного навантаження.

Весняна частина досліджуваного періоду характеризується найбільш чітким формуванням водної поверхні території. У березні 2024 р. було зафіксовано найбільшу площу водної поверхні озера — 2,46 га (48 мм опадів). У квітні в

різні роки площа водної поверхні також значно змінювалася. У 2019 р. вона становила 0,7 га, у 2020 р. — волога на стаціонарі була повністю відсутня, у 2021 р. — 1,02 га, у 2023 р. — 1,99 га, у 2024 р. — 2,09 га, а у 2025 р. — 1,50 га. Водночас збільшувалася кількість атмосферних опадів — від 11 мм у 2019 р. до 100 мм у 2024 р., що сприяло заповненню всієї площі стаціонару водним дзеркалом. У травні площа озера була практично стабільною протягом періоду дослідження: 1,82 га — у 2017 р. (33 мм опадів), 2,18 га — у 2018 р. (1 мм), 1,4 га — у 2022 р. (43 мм), 1,72 га — у 2023 р. (52 мм), 2,31 га — у 2024 р. (17 мм) та 1,65 га — у 2025 р. (70 мм опадів), що свідчить про відкладений ефект весняного водопілля.

У літні місяці відбувалися значні коливання площі водного дзеркала стаціонару. Так, у червні площа змінювалася від 0,81 га у 2018 р. до 0,14 га у 2020 р., а максимальна площа (2,15 га) була зафіксована у 2024 р. Подібними показниками характеризується й липень, коли у 2017 р. площа становила 1,21 га і досягла максимальних значень (2,25 га) у 2024 р. У серпні площа коливалася між 0,52 га у 2017 р. та 1,85 га у 2024 р., а у 2025 р. становила 1,63 га. Це відображає взаємодію опадів і накопиченої вологи.

Восени провідним чинником виступали попередні гідрологічні умови. У вересні 2024 та 2025 рр. водойма мала площу 1,7 і 1,63 га, тоді як у жовтні вона коливалася від 0,04 га

Таблиця 1

Показники кількості атмосферних опадів і площі водної поверхні постійної пробної площі “Мертве озеро” за місяцями, 2017–2025 рр.

Рік Показники Місяць	2017		2018		2019		2020		2021	
	Опади, мм	Площа, га								
Січень	33	0	41	0	25	0	11	0	66	0
Лютий	37	0	34	0	6	0	9	0	57	0
Березень	17	0	18	0	14	1,35	3	0	50	1,16
Квітень	25	0	0	0	11	0,7	5	0	49	1,02
Травень	33	1,82	1	2,18	8	0	57	0	46	0,99
Червень	28	0	31	0,81	31	0,67	40	0,14	36	1,57
Липень	12	1,21	1	1,23	60	0	28	0	32	1,5
Серпень	58	0,52	17	0,99	9	0	14	0	37	0
Вересень	30	0	13	0	5	0	30	0	45	0
Жовтень	81	1,04	22	0,16	2	0	61	0	25	0
Листопад	46	0	10	0,09	4	0	8	0	61	0
Грудень	91	0	41	0	4	0	32	0	56	0

Продовження таблиці 1

Рік Показники Місяць	2022		2023		2024		2025	
	Опади, мм	Площа, га	Опади, мм	Площа, га	Опади, мм	Площа, га	Опади, мм	Площа, га
Січень	79	0	28	0	56	0	28	0
Лютий	42	0	26	0	65	0	27	0
Березень	70	1,23	29	0	48	2,46	31	1,34
Квітень	40	0	38	1,99	100	2,09	31	1,5
Травень	43	1,4	52	1,72	17	2,31	70	1,65
Червень	23	0	68	0	71	2,15	62	1,64
Липень	30	0	79	0	30	2,25	45	1,64
Серпень	20	0	67	1,27	23	1,85	26	1,63
Вересень	30	0	49	0	23	1,7	18	1,63
Жовтень	35	0,04	44	0	18	1,43	*	*
Листопад	70	0	41	0	38	0	*	*
Грудень	64	0	32	0	60	0	*	*

Джерело: площа водного дзеркала отримана шляхом обробки фотознімків супутника Sentinel-2, кількість опадів — з Літописів природи природного заповідника “Древлянський”.

Примітки: 0 — дані космознімка відсутні або на стаціонарі відсутня волога; * — на момент написання статті дані відсутні.

у 2022 р. до 1,43 га у 2024 р., що підтверджує залежність не лише від поточних опадів.

Порівняння в різні роки та місяці площ водного дзеркала ділянки “Мертве озеро” засвідчило, що основним чинником його формування є кількість атмосферних опадів у вигляді дощу, однак визначальними факторами є сезонність їх розподілу та температура повітря в певні періоди. Саме у весняний період спостерігається найбільше наповнення водного дзеркала завдяки таненню снігового покриву та великій кількості атмосферних опадів. У літній

період зміни відбувалися зазвичай у перші роки та через високі температури повітря, а осінній період, як правило, характеризувався процесом відновлення гідрологічного режиму.

Подібні твердження викладено в працях вітчизняних учених [29; 30], у яких підкреслено вплив погодно-кліматичного фактора на гідроекосистеми. Дані дослідження є подібними до прогнозів Міжурядової групи експертів із питань зміни клімату, де йдеться про збільшення літніх посух і зменшення кількості водойм малої площі [31].



Рис. 2. Екологічний стан постійної пробної площі (стаціонару) “Мертве озеро”:
а — 2017 р.; б — 2019 р.; в — 2025 р.

Автори фото: а, б — О. О. Орлов, в — В. В. Мартиненко.

Окрім досліджень змін гідрологічного режиму, на постійній пробній площі також здійснюються спостереження за змінами рослинності залежно від ступеня зволоженості озера. У 2017 році, під час оформлення паспорту досліджуваної території, було зафіксовано значні площі зростання характерних гідрофільних і мезогідрофільних видів: росички проміжної (*Drosera intermedia* Hayne) і ситника бульбистого (*Juncus bulbosus* L.), а також п'яти формацій: осоки високої (*Caricetum melatae*), молінії голубої (*Molinietum caeruleae*), гібрида між *Juncus bulbosus* та *J. articulatus* (*Juncetum bulbosum* × *articulatus*), очеретянки звичайної (*Phalaroidetum arundinaceae*), ринхоспори білої (*Rhynchosporietum albae*). На місцях, де ще були залишки водного дзеркала, спостерігалось зростання латаття сніжно-білого (*Nymphaea candida* J. Presl) (рис. 1, а).

При поступових змінах клімату, пов'язаних із пересиханням озера і зміною гідрологічного режиму, фізіологічний та екологічний стан видів рослин й угруповань почав стрімко погіршуватися: частина видів зникла, а в інших випадках відбулося зменшення кількості екземплярів певного виду. Наприклад, при зне-

водненні території росичка проміжна почала пригнічуватися в рості та місцями зникала повністю, а там, де раніше зростав ситник бульбистий (*Juncus bulbosus* L.), залишилися лише пригнічені кореневища (рис. 2, б). Починаючи з 2023 року і донині (2025 р.), коли стаціонар став повноводним, дослідження вищезазначених формацій стало неможливим, а над водним дзеркалом можна лише зафіксувати зростання молінії голубої (*Molinia caerulea* (L.) Moench) (рис. 2, в).

ВИСНОВКИ

Моніторинг постійної пробної площі “Мертве озеро”, розташованої на території природного заповідника “Древлянський”, наочно демонструє чутливість до кліматичних змін, що відображається на динаміці площі водної поверхні стаціонару. У весняний період площа водного дзеркала в середньому становила 1,5–2,0 га (максимальна — 2,46 га — у 2024 р., а мінімальна — 0,1 га — у 2020 р., коли стаціонар повністю висох).

Нестабільна наявність вологи визначила характер змін у рослинному покриві. Так, з 2017 до 2023 р. відбулося поступове скорочення

чисельності гідрофільної рослинності, серед якої *Drosera intermedia*, а також пригнічення *Juncus bulbosus*. Однак такий вид, як *Molinia caerulea*, продемонстрував толерантність до змін вологості стаціонару.

Встановлено три основні напрями трансформації стаціонару: 1 — порушення гідрологічного режиму; 2 — зміна структури та складу трав'яного покриву; 3 — початок заростання деревостану деревними видами рослинності. Як

наслідок, відбувається утворення нової лісової території замість відкритої місцевості.

“Мертве озеро” є показовою територією, де можна прослідкувати кліматичну деградацію водних (болотних) екосистем Центрального Полісся. Враховуючи, що стаціонар розташований посеред лісу, існує велика ймовірність, що через декілька десятиліть ця площа може трансформуватися в березовий або сосновий ліс природного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хільчевський В. К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 1 (59). С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.1>
2. Ботьбот Г. В., Гребінь В. В. Аналітичний огляд досліджень впливу кліматичних змін на стік води річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4 (55). С. 64–73. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.5>
3. Осадчий В. І., Осадчий В. І. Кліматичні зміни та водні ресурси басейну Десни до середини XXI століття. *Звіти Національної академії наук України*. 2021. № 2. С. 71–82. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovid1.2021.02.071>
4. Рибалова О. В., Коробкіна К. М. Вплив лісових пожеж на стан водних екосистем. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: збірник матеріалів 5-го Міжнародного конгресу* (м. Львів, 26–29 вересня 2018 р.). Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 199.
5. Осадчий В. І., Скриник О. А., Паламарчук Л. В. та ін. Аналіз трендів температури повітря та атмосферних опадів в Україні на основі даних спостережень та кліматичних прогнозів СМІР6. *Метеорологія. Гідрологія. Моніторинг навколишнього середовища*. 2025. № 2 (8). С. 124–135. DOI: <http://doi.org/10.15407/Meteorology.2025.08.124>
6. Кузярін О. Т., Жижин М. П. Раритетні фітоценози Шацького національного природного парку. *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку: матеріали наукової конференції* (12–15 вересня 2013 р., смт Шацьк). Львів: СПОЛОМ, 2013. С. 39–41.
7. Карпюк З. К., Фесюк В. О., Антипюк О. В., Качаровський Р. Є. Охорона болотних екосистем у мережі природно-заповідного фонду Волинської області. *Шацьке поозер'я в контексті змін клімату: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 70-річчю від дня нар. проф. Петліна В. М.* (с. Світязь, 1–3 жовтня 2021 р.) / за заг. ред. В. О. Фесюка. Луцьк: Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2021. С. 15–21.
8. Ященко П., Корусь М., Матейчик В., Турич В. Сильватизація боліт Шацького національного природного парку і шляхи їхнього збереження. *Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій: матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої пам'яті члена-кореспондента НАН України, доктора біологічних наук, директора Інституту екології Карпат НАН України Козловського М. П.* (м. Львів 10–13 вер. 2020 р.). Львів: СПОЛОМ, 2020. С. 115–120.
9. Мартинюк В. О. Гідрографічні особливості поверхневих вод Верхньоприп'ятського фізико-географічного району (Волинське Полісся). *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Географічні науки*. 2019. Вип. 11. С. 114–123. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2019-11-15>
10. Горбачова Л. О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*. 2015. № 3. С. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2015.03.016>
11. Смілій П. М., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Житомирського Полісся. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 2 (60). С. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.5>
12. Konishchuk V., Shumyhai I., Martynenko V. Ecological and hydrochemical analysis of the rivers Drevlianskyi nature reserve (Ukraine). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Ser.: Geology. Geography. Ecology*. 2023. Vol. 58. P. 336–349. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-25>
13. Шумиґай І. В. Фоновий гідрохімічний моніторинг водойм природно-заповідного фонду Полісся в умовах трансформаційних змін: звіт (заключний) про науково-дослідну роботу / Інститут агроєкології і природокористування НААН. Київ, 2024. 105 с.
14. Літопис природи природного заповідника “Древлянський”. Т. 9. Част. 1 / за ред. М. Коминар. Народичі, 2022. 273 с.
15. Іванов Є. А., Блажко Н. Б., Пилипович О. В. Болота Малого Полісся та їх геоєкологічне значення. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2022. № 3 (65). С. 15–23. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.2>
16. Ліщенко Л. П., Шевчук Р. М., Філіпович В. Є. Методика супутникового моніторингу торфовищ з метою вивчення їх пожежонебезпечного стану та оцінювання ризиків виникнення пожеж на них. *Український журнал дистанційного зондування землі*. 2022. Том 9, № 1. С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.1.210>
17. Фесюк В., Чижевська Л., Полянський С. та ін. Озеро Кримне: природні особливості, сучасний гідроекологічний стан, заходи раціонального використання. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2024. № 4. С. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2024.4.04>

18. Гапонова Л. Особливості видового різноманіття циклопідних колепод природно-заповідних об'єктів Українського Полісся. *Biota. Human. Technology*. 2024. № 2. С. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.24.4>
19. Ляшенко А. В., Щербак В. І., Семенюк Н. Є., Зоріна-Сахарова К. Є. Континуальність і дискретність угруповань гідробіонтів у лотично-лентичній гідроекосистемі дельти Дунаю: донні безхребетні. *Гідробіологічний журнал*. 2024. Т. 60, № 1. С. 3–26.
20. Шевченко Т. Ф., Клоченко П. Д., Серета Т. М. Річна динаміка та екологічні характеристики фітопланктону р. Ірпінь (Україна) до початку воєнних дій. *Гідробіологічний журнал*. 2024. Т. 60, № 1. С. 27–46.
21. Юсковець М., Рабик І., Кузярін О., Данилик І. Болотні оселища масиву Сира Погоня Рівненського ПЗ та їхня соціологічна оцінка. *Вісник Львівського університету. Сер. біологічна*. 2023. Вип. 90, № 4. С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.30970/vlubs.2023.90.03>
22. Мартиненко В. В. Процес обводнення прирічкових територій як механізм збереження біологічного різноманіття та протидія екологічній катастрофі (на прикладі ПЗ “Древлянський”). *Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації”: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ, 3–4 лист. 2022 р.). Київ: ДІА, 2022. С. 134–135.
23. Орлов О. О. Паспорт на ботанічну пробну площу № 8 “Мертве озеро”. Народичі, 2017. 21 с.
24. Азімов О. Т., Томченко О. В., Шевченко О. Л., Кіреєв С. І. Моніторинг гідроресурсів радіаційно забруднених осушувальних систем за комплексом даних космічних зніманих і наземних спостережень (у контексті регіональних змін клімату). *Космічна наука і технологія*. 2024. № 2 (147). С. 69–92. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2024.02.069>
25. Braun-Blanquet J. *Grundzüge der Vegetationskunde. Pflanzensoziologie* / ed. by J. Braun-Blanquet. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1964. 865 p.
26. Про затвердження Програми Літопису природи: Наказ Міністерства екології і природних ресурсів України, Національної академії наук України від 25.11.2002 № 465/430. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465_737-02#Text (дата звернення: 10.10.2025).
27. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. *Journal of Sensors*. Vol. 2017. 1353691. 17 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
28. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre, 2011. 176 p.
29. Mykhailyk O. River ecosystems of Polissya: nature, causes of degradation, methods of urban planning and land regeneration. *Grail of Science*. 2022. № 12–13. P. 711–718. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.04.2022.129>
30. Kovalenko P., Rokochinskiy A., Jeznach J. et al. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it. *Journal of Water and Land Development*. 2019. No. 41 (IV–VI). P. 77–82. DOI: <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0030>
31. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (accessed: 20.10.2025).

HYDROLOGICAL DYNAMICS OF THE DEAD LAKE (MERTVE OZERO) STATION AND ITS IMPACT ON THE ECOSYSTEMS OF THE DREVLANSKYI NATURE RESERVE

Martynenko V.

Doctor of Philosophy in Ecology

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>

Shumyhai I.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>

The Mertve Ozero monitoring site, located within the Drevlianskyi Nature Reserve, is a unique natural object that combines the maintenance of the hydrological balance and the biological diversity of the protected area. In recent years, significant climatic changes have been observed, characterized by a marked increase in mean daily air temperature and a decrease in moisture availability, which in turn have led to a reduction in the area of the water surface. The basis for monitoring includes cartographic materials (Earth remote sensing data), meteorological records, and field investigations. According to the study, the area of the water surface at the Mertve Ozero test plot during 2017–2025 experienced substantial seasonal and interannual fluctuations driven by the amount of atmospheric precipitation and the thermal regime. Maximum water-surface areas began to be recorded in March–April 2023, while complete inundation occurred in spring 2024 (2.46–3.09 ha), associated with intensive spring flooding. During the summer period, a gradual decrease in the lake area was observed due to rising air temperatures and enhanced evaporation. Transformations of the vegetation cover were also identified, including the disappearance of certain hydrophilous species and the predominance of mesophytic vegetation under conditions of temporary lake desiccation. It was established that the hydrological dynamics of the lake affect the

spatiotemporal organization of ecosystems within its surrounding area. The study lays the groundwork for the implementation of systematic monitoring of the water surface of the site and its phytodiversity, with the aim of developing a management plan for restoring the hydrological regime of the protected area in the context of climate change and optimizing the management of nature conservation areas. Based on the conducted research, it can be concluded that the hydrological regime of the Mertve Ozero site is closely linked to the overall ecological situation across the entire Drevlianskyi Nature Reserve and serves as a rationale for the active study and protection of small water bodies in the Polissia region.

Keywords: water balance, climate change, waterbody monitoring, hydrophilous vegetation, wetland ecosystems.

REFERENCES

1. Khilchevskiy, V. K. (2021). Characteristics of water resources of Ukraine based on the database of the global information system FAO Aquastat. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 1(59), 6–16. doi: 10.17721/2306-5680.2021.1.1
2. Bolbot, H. V., & Grebin, V. V. (2019). Analytical review of investigations of the climate change impact on river water flow. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 4(55), 64–73. doi: 10.17721/2306-5680.2019.4.5
3. Osadchyi, V. I., & Osadchyi, V. I. (2021). Climate change and water resources of the Desna basin by the middle of the 21st century. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 71–82. DOI: 10.15407/dopovidi2021.02.071
4. Rybalova, O. V., & Korobkina K. M. (2018). The impact of forest fires on the state of aquatic ecosystems. *Environmental protection. Energy Efficiency. Balanced Nature Management: Collection of materials of the 5th international congress* (Lviv, September 26–29, 2018) (p. 199). Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House.
5. Osadchyi, V. I., Skrynyk, O. A., Palamarchuk, L. V., Sidenko, V. P., Oshurok, D. O., & Skrynyk, O. Y. (2025). Trend analysis of air temperature and atmospheric precipitation in Ukraine based on observational data and CMIP6 climate projections. *Meteorology. Hydrology. Environmental Monitoring*, 2(8), 124–135. doi: 10.15407/Meteorology 2025.08.124
6. Kuzyarın, O. T., & Zhyzhyn M. P. (2013). Rare phytocenoses of the Shatsk National Nature Park. *State and Biodiversity of Ecosystems of the Shatsk National Nature Park: Materials of the scientific conference* (September 12–15, 2013, Shatsk) (pp. 39–41). Lviv: SPOLOM, 2013.
7. Karpyuk, Z. K., Fesyuk, V. O., Antipyuk, O. V., & Kacharovskiy, R. E. (2021). Protection of swamp ecosystems in the network of the nature reserve fund of the Volyn region. In V. O. Fesyuk (Ed.), *Shatsk Lake District in the Context of Climate Change: Materials of the VI International scientific and practical conference, dedicated to the 70th anniversary of the birth of Prof. Petlin V. M.* (Svityaz, October 1–3, 2021) (pp. 15–21). Lutsk: Volyn National University named after Lesya Ukrainka.
8. Yashchenko, P., Korus, M., Mateychyk, V., & Turich, V. (2020). Sylvatization of swamps of the Shatsk national nature park and ways to preserve them. *State and Biodiversity of Ecosystems of the Shatsk National Nature Park and Other Protected Areas: Materials of the International scientific conference dedicated to the memory of the corresponding member of the NAS of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Director of the Institute of Ecology of the Carpathians of the NAS of Ukraine Kozlovskiy M. P.* (Lviv, September 10–13, 2020) (pp. 115–120). Lviv: SPOLOM.
9. Martyniuk, V. O. (2019). Hydrographic peculiarities of surface waters of Verhnoprypiatskyi physical and geographical area (Volyn Polissia). *Scientific Bulletin of Kherson State University. Ser.: Geographical Sciences*, 11, 114–123. doi: 10.32999/ksu2413-7391/2019-11-15
10. Gorbacheva, L. O. (2015). Modern intra-annual distribution of water runoff in Ukraine’s rivers. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 16–23. doi: 10.15407/ugz2015.03.016
11. Smilii, P. M., Gopchak, I. V., & Basiuk, T. O. (2021). Environmental assessment of surface water quality Zhytomyr Polesie. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 2(60), 41–48. doi: 10.17721/2306-5680.2021.2.5
12. 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. Ser.: Geology. Geography. Ecology*, 58, 336–349. doi: 10.26565/2410-7360-2023-58-25
13. Shumyhai, I. V. (2024). *Background hydrochemical monitoring of water bodies of the nature reserve fund of Polissia in conditions of transformational changes* [Final report of the research work]. Kyiv: Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS.
14. Kominar, M. (Ed.). (2022). *Chronicle of nature of the Drevlianskyi Nature Reserve* (Vol. 9, Part 1). Narodychi.
15. Ivanov, E. A., Blazhko, N. B., & Pylypovych, O. V. (2022). Swamps of Male Polissia and their geocological significance. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 3(65), 15–23. doi: 10.17721/2306-5680.2022.3.2
16. Lishchenko, L. P., Shevchuk, R. M., & Filipovych, V. E. (2022). The technique for satellite monitoring of peatlands in order to determinate their fire hazard and combustion risks. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*, 9(1), 16–25. doi: 10.36023/ujrs.2022.9.1.210
17. Fesiun, V., Chyzhevska, L., Polyanskiy, S., Moroz, I., & Poznanska, Yu. (2024). Lake Krymne: Natural features, current hydroecological state, measures for rational use and protection. *Geographical Journal of the Lesya Ukrainka Volyn National University*, 4(4), 44–52. doi: 10.32782/geochasvnu.2024.4.04
18. Gaponova, L. (2024). Features of species diversity of cyclopoid copepods in nature reserves of Ukrainian Polesie. *Biota. Human. Technology*, 2, 49–55. doi: 10.58407/bht.2.24.4
19. Liashenko, A. V., Shcherbak, V. I., Semenyuk, N. Ye., & Zorina-Sakharova, K. Ye. (2024). Continuity and discreteness of aquatic communities in lotic-lentic ecosystem of the Danube Delta: Bottom invertebrates. *Hydrobiological Journal*, 60(1), 3–26.

20. Shevchenko, T. F., Klochenko, P. D., & Sereda, T. M. (2024). Phytoplankton annual dynamics and ecological characteristics in the Irpin River (Ukraine) prior to hostilities. *Hydrobiological Journal*, 60(1), 27–46.
21. Yuskovets, M., Rabyk, I., Kuzyarin, O., & Danylyk, I. (2023). Peatland habitats of the Syra Pogonia massif of the Rivnenskyi Nature Reserve and their zoological assessment. *Visnyk of Lviv University. Biological Series*, 90(4), 30–38. doi: 10.30970/vlubs.2023.90.03
22. Martynenko, V. V. (2022). The process of flooding riparian areas as a mechanism for preserving biological diversity and counteracting ecological catastrophe (on the example of the Drevlyanskyi Nature Reserve). In *Balanced Environmental Management: Traditions, Prospects and Innovations: Materials of the International scientific and practical conference* (pp. 134–135). Kyiv: DIA.
23. Orlov, O. O. (2017). *Passport for botanical test plot No. 8 “Dead Lake”*. Narodychi.
24. Azimov, O. T., Tomchenko, O. V., Shevchenko, O. L., & Kireev, S. I. (2024). Water resource monitoring for the drainage systems contaminated by radiation based on the complex of satellite imaging and ground observations (in the context of regional climate changes). *Space Science and Technology*, 2(147), 69–92. doi: 10.15407/knit2024.02.069
25. Braun-Blanquet, J. (Ed.). (1964). *Grundzüge der Vegetationskunde*. In *Pflanzensoziologie*. Berlin: Verlag von Julius Springer.
26. Order No. 465/430 “On approval of the Chronicle of Nature Program”. (2002, November). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465_737-02#Text
27. Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of Sensors*, article number 1353691, 17. doi: 10.1155/2017/1353691
28. Didukh, Ya. P. (2011). *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre.
29. Mykhailyk, O. (2022). River ecosystems of Polissya: Nature, causes of degradation, methods of urban planning and land regeneration. *Grail of Science*, 12–13, 711–718. doi: 10.36074/grail-of-science.29.04.2022.129
30. Kovalenko, P., Rokochinskiy, A., Jeznach, J., Koptyuk, R., Volk, P., Prykhodko, N., & Tyhenko, R. (2019). Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it. *Journal of Water and Land Development*, 41(IV–VI), 77–82. doi: 10.2478/jwld-2019-0030
31. IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

МАРТИНЕНКО Василь Валентинович — доктор філософії з екології, старший науковий співробітник відділу охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>).

ШУМИГАЙ Інна Вікторівна — кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>).

ВПЛИВ ДЕЯКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ШАВЛІЇ ЛІКАРСЬКОЇ НА ПОШИРЕННЯ І РОЗВИТОК ПЕРОНОСПОРОЗУ

О. М. Тимошенко

аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: ttlife25082017@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5061-9474>

Л. М. Тимошенко

кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: pion060917@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4648-8307>

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.) є цінною ефіроолійною та лікарською культурою, вирощування якої має важливе економічне й фармакологічне значення. Однак однією з головних проблем при її культивуванні залишається пероноспороз — небезпечне грибне захворювання, спричинене збудником *Peronospora latii* A. Braun. Спалах і розвиток хвороби безпосередньо залежать від метеорологічних умов і технологічних прийомів, які застосовуються в агротехнології. Патоген активно розвивається у вологих і прохолодних умовах, уражаючи надземні органи рослин, що призводить до зниження врожайності та якості сировини — *Folia Salviae*. У роботі представлено результати багаторічних досліджень, проведених на дослідних полях Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН, спрямованих на встановлення впливу площі живлення (ширини міжряддя) та доз азотних добрив на розвиток і поширення пероноспорозу шавлії лікарської. Під час досліджень з'ясовано, що ширина міжрядь є визначальним чинником у формуванні фітосанітарного стану плантацій. Оптимальна відстань між рядами (70 см) сприяє покращенню аерації посівів, зменшує тривалість зволоження листкової поверхні та, відповідно, знижує рівень розвитку хвороби на 13–27% порівняно з традиційною шириною міжрядь (45 см). Поширення хвороби при такій густоті стояння не перевищувало 47,4%, тоді як у загущених посівах воно сягало понад 60%. Доведено, що внесення азотних добрив у дозах понад 60 кг/га (N60) стимулює ріст вегетативної маси, але водночас створює сприятливі умови для розвитку патогену, особливо за надмірної густоти стояння рослин. Це може спричинити різке підвищення ризику епіфітотій і значне погіршення якості лікарської сировини. На основі отриманих даних рекомендовано впроваджувати технологічну схему вирощування шавлії лікарської з використанням міжрядь шириною 70 см і низьких доз азотних добрив (N30). Такий підхід дає змогу ефективно стримувати розвиток пероноспорозу, знижуючи рівень захворювання до 6,4–7,9%, що є передумовою стабільного виробництва якісної лікарської рослинної сировини. Результати дослідження мають практичне значення для екологічно сталого вирощування шавлії лікарської в умовах кліматичних змін. Вони доводять, що регулювання густоти посівів і раціональне удобрення сприяють підвищенню фітосанітарної стійкості агроценозів, збереженню врожайності та забезпеченню стабільного виробництва високоякісної лікарської рослинної сировини.

Ключові слова: якість, лікарська рослинна сировина, хвороби, патогени, ширина міжряддя, азотні добрива, доза внесення.

ВСТУП

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.) — напівкущ або кущ заввишки 50–80 см, що походить із Середземномор'я. Культивують цей вид, його різноманітні форми й сорти як ефіроолійну, лікарську та декоративну рослину.

Офіційною сировиною є листя шавлії лікарської (*Folia Salviae*), яке збирають у два терміни: у червні (період бутонізації) та у вересні (другий підріст). Основними біологічно активними речовинами культури є фенольні

сполуки (зокрема, до 3% флавоноїдів і дубильні речовини) та терпеноїди. З надземної частини були виділені антоціан сальванін, 3,5-диглікозид ціанідину, дельфінідину та пеларгонідину, флавоноїдні аглікони генкванін, 6-метоксигенкванін, гіспідулін, лютеолін, 6-метоксилютеолін, цирзиліол та інші, а з глікозидів — лише цинарозид. У складі ефірної олії (1,5–2,5%) багато біциклічних монотерпеноїдів, а саме: туйону (22–37%), цнеолу (8–15%) і камфори (у деяких сортах її вміст сягає 30%), є також борнеол (5–8%), бор-

нілацетат, β -пінен та камфен. Крім того, листя містить ди- і тритерпеноїди. Одним із перших було виділено біциклічний дитерпеноїд склареол, пізніше — карнозол і розманол. Гіркою смаку сировині надає дитерпен пікросальвін. Склад тритерпеноїдів різноманітний: багато розмаринової кислоти (2–3%), олеанолова та урсолова кислоти, бетулін, бетуленова кислота, анагادیол, лупеол, уваол і дегідроваол [1–5].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Багатий хімічний склад рослини зумовлює її фармакологічну активність. Листя шавлії застосовують як в'яжучу, бактерицидну та проти-запальну лікарську рослину сировину. Відомі сечогінний і лактогінний ефекти фітопрепаратів, виготовлених на основі шавлії лікарської. Препарат Сальвін призначають, зокрема, при запаленнях слизової оболонки ротової порожнини у вигляді зрошень, промивань, аплікацій. Листя входить до складу збору за прописом М. М. Здренка для лікування деяких злоякісних утворень. Ефірна олія або деякі її компоненти використовуються в складі парфумів, кремів та еліксирів. Активно застосовується шавлія лікарська також у гомеопатії та ветеринарії [6; 7].

Серед чинників, які негативно впливають на якість сировини шавлії лікарської під час її культивування та спричиняють недобір урожаю, важлива роль належить шкідливим організмам, зокрема тим, що викликають її захворювання.

Серед хвороб, які вражають усі види шавлії, відомі такі: плямистість листя, збуд-

ником якої є *Ovblaria ovata* (Fuck) Sacc.; септоріоз (дрібна плямистість шавлії), викликаний *Septoria salvia* Pass. var *sclareae* Mass.; борошнеста роса шавлії, яку спричиняє *Erysiphe ladiatarum* Chev. f. *salvia* Jacz.; пероноспороз шавлії (несправжня борошнеста роса шавлії), збудником якого є *Peronospora lamii* A. Braun (син. *Peronospora Swinglei* Ellis et Kell). Для деяких хвороб, що спостерігаються на плантаціях шавлії, встановлено збудників та особливості перебігу захворювань, зокрема дуплистості коренів та обвуглювання суцвіть [8; 9].

На сьогодні важливим завданням залишається вивчення умов поширення та розвитку деяких хвороб шавлії лікарської залежно від застосованих технологічних прийомів вирощування, зокрема пероноспорозу шавлії (*Peronospora lamii* A. Braun).

Пероноспороз, за нашими спостереженнями, щорічно уражав значну кількість рослин (рис. 1). В окремі роки прояв хвороби мав характер епіфітотії. Однак дані щодо поширення й розвитку пероноспорозу шавлії в доступних інформаційних джерелах відсутні. Відомо, що пероноспороз для багатьох сільськогосподарських культур є небезпечною хворобою, яка потребує постійного контролю. Ця хвороба може призвести до значних втрат урожаю овочевих культур, особливо огірків, капусти та цибулі. Захворювання може знизити врожайність горюдини на 50–80%, впливаючи на ріст, розвиток рослин і якість овочевої продукції [10; 11].

У зв'язку з цим метою наших досліджень було вивчення впливу деяких технологічних прийомів вирощування шавлії лікарської на поширення та розвиток пероноспорозу.



Рис. 1. Ураження листя шавлії лікарської пероноспорозом (*Peronospora lamii* A. Braun)

Джерело: виконано авторами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися на дослідних полях відділу технології вирощування лікарських культур Дослідної станції лікарських культур Інституту агроєкології і природокористування НААН у с. Березоточа Полтавської області.

Обліки на ураження рослин пероноспорозом на плантаціях шавлії лікарської здійснювали у фазах сходів, бутонізації та цвітіння, а кількість уражених рослин і ступінь ураження визначали у відсотках [12].

Кількість облікових рослин на кожній ділянці польового дослідження становила від 20 до 50. Проби відбирали рівномірно по всій ділянці, охоплюючи крайні рядки. Ступінь розвитку захворювання визначали за 4-бальною шкалою:

- 0 — ураження відсутнє;
- 1 — ураження слабе: плямами вкрито від 6 до 25% поверхні листків;
- 2 — ураження середнє: плямами вкрито від 26 до 50% поверхні листків;
- 3 — ураження сильне: більше 50% поверхні листків і стебел вкрито плямами, на окремих ділянках плями зливаються.

Поширення хвороби на площі (кількість уражених рослин, %) та середній ступінь ураження (розвиток захворювання, %) визначали за загальноприйнятими формулами [13; 14]. Зокрема, для оцінки стійкості до збудника на природному інфекційному фоні застосовували середньозважений відсоток поширення хвороби з використанням формули:

$$R = \frac{\sum(R \cdot n)}{N} \% , \quad (1)$$

де $\sum(R \cdot n)$ — сума добутків показників розвитку хвороби на відповідне число рослин у пробі; N — сума облікових рослин.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Пероноспороз шавлії проявляється переважно наприкінці весни (у середині травня) та практично зникає влітку. Симптоми хвороби, що вражає здебільшого надземні частини рослини, виявляються появою на верхній стороні листя хлоротичних плям, обмежених жилками, які згодом набувають коричневого й чорного забарвлення. Подібні плями можна також спостерігати на стеблах.

Найбільш уражене листя майже повністю чорніє та некротизується. Тканини втрачають тургор, листя повністю в'яне, але вкрай рідко відокремлюється від рослини. Нижня сторона листової пластинки за сприятливих для роз-

витку гриба умов вкрита сіруватим пухнастим нальотом (спороношення збудника). За сильного ураження пероноспорозом, крім листя, можуть уражатися також пагони, особливо молоді. У молодому листі швидко некротизуються тканини, після чого вони чорніють і рослини гинуть. Зимуює грибок у вигляді спор, які формуються в тканинах ураженого листя і зберігають життєздатність упродовж 3–4 років.

Результати проведених спостережень свідчать, що кількість листків при ураженні, оціненому в 1 бал, зменшувалася на 14,2% порівняно зі здоровими рослинами. При зростанні показника ураження листків до 50% їх кількість зменшувалася на 33,2%, а при ступені ураження понад 50% їх було менше на 47,4%. Розмір листових пластинок зменшувався залежно від ступеня ураження — від 6,2 до 18,4% (рис. 2).

Упродовж досліджень спостерігався різний рівень ураження рослин шавлії лікарської пероноспорозом. Це пов'язано як із кліматичними особливостями року досліджень, так і з деякими технологічними процесами вирощування культури. Під час проведення досліджень виявлено суттєвий вплив агротехнічних чинників на розвиток пероноспорозу шавлії (*Peronospora lamii* A. Braun). Дані свідчать, що ширина міжряддя та доза азотних добрив статистично значуще ($p < 0,05$) впливають на поширення і розвиток хвороби (табл. 1).

Аналіз експериментальних даних вказує на те, що ширина міжряддя (фактор А) істотно впливає на розвиток хвороби. Так, ширина міжряддя 70 см забезпечує оптимальну вентиляцію, знижуючи середній рівень поширення хвороби до 47,4%, тоді як за ширини міжряддя 45 см по-



Рис. 2. Зменшення розмірів листових пластинок шавлії лікарської при ураженні *Peronospora lamii* A. Braun

Джерело: виконано авторами.

Поширення і розвиток пероноспорозу на шавлії лікарській залежно від ширини міжряддя та різних доз внесення азотних добрив

Фактор А	Фактор Б	Поширення хвороби, %	Розвиток хвороби, %
Ширина міжряддя 45 см	N ₀	51,3	8,2
	N ₃₀	51,8	8,4
	N ₆₀	63,4	9,3
	N ₉₀	64,5	10,4
	N ₁₂₀	70,2	12,6
Ширина міжряддя 70 см	N ₀	44,5	6,5
	N ₃₀	44,9	6,4
	N ₆₀	47,6	7,6
	N ₉₀	48,1	7,9
	N ₁₂₀	51,8	8,8

Джерело: сформовано авторами.

ширення хвороби було на рівні 60,2%. Розвиток хвороби також мав нижчі показники (до 7,4%) за ширини міжряддя 70 см, а за ширини міжряддя 45 см цей показник зростає до 9,8%. Ця різниця добре помітна на контрольній ділянці за відсутності впливу азотних добрив (N₀), де поширення хвороби зростає на 6,8% при зменшенні ширини міжряддя до 45 см, а розвиток хвороби — на 1,7% відповідно.

Загущені плантації з шириною міжряддя 45 см подовжують тривалість зволоження листових пластинок і створюють сприятливі умови для розвитку й поширення патогену. За таких умов збудник утворює спорангіофори, які виходять із тканин рослини через продихи. Після дозрівання на їхніх кінцях утворюються спорангії. Найвність цих структур на нижній стороні листя проявляється як сіруватий, іноді сірувато-фіолетовий пухнастий наліт, що складається з органів конідиального спорношення гриба. Спори майже кулясті, фіолетові. Вони утворюються за високої відносної вологості та масово вивільняються вранці, коли відносна вологість знижується. Спори розносяться вітром, краплями вологи й повітряними потоками та спричиняють ураження здорових рослин. Потрапивши на рослину-хазяїна, вони проростають, утворюючи зародкову трубку, та спричиняють вторинні зараження.

Отримані результати доводять, що внесення азотних добрив (фактор Б) є не менш впливовим чинником. Підвищення дози внесення азотних добрив із N₀ до N₁₂₀ посилює ураження шавлії лікарської *Peronospora lamii* A. Braun. Так, за ширини міжряддя 45 см поширення хвороби зростає на 19%, а розвиток — на 4,4%, тоді як за ширини міжряддя 70 см ці

показники становлять 7,3% та 2,3% відповідно. Внесення азотних добрив має позитивний вплив на ріст і розвиток рослин шавлії лікарської та збільшує їхню вегетативну масу і, відповідно, урожайність культури. Однак дози понад N₆₀ (60 кг/га діючої речовини) суттєво підвищують ризик розвитку хвороби. Так, за ширини міжряддя 45 см і внесення азотних добрив у дозі N₁₂₀ поширення хвороби сягає 70,2%. Поєднання вищенаведених чинників у технологічному процесі є вкрай ризикованим. У цьому випадку очевидним є синергетичний ефект, коли загущення — зменшення площі живлення (міжряддя — 45 см) — посилюється застосуванням високих доз азотних добрив, які також сприяють загущенню. Перехід від N₀ до N₁₂₀ за ширини міжряддя 45 см сприяє збільшенню показника поширення хвороби на 19%, тоді як за міжряддя 70 см перехід від N₀ до N₁₂₀ зростає лише на 7,3%.

Отже, за сприятливих умов пероноспороз (несправжня борошниста роса) шавлії лікарської може завдати значних збитків: за дуже короткий час хвороба здатна знищити від 40 до 90% молодих рослин. Рівень втрат часто залежить від погодних умов — тривалості періодів високої вологості, які поєднуються з відносно низькими температурами. За вологої та прохолодної погоди поширення *Peronospora lamii* A. Braun. часто стає неконтрольованим процесом. Гриб активно споронить, швидко поширюється, зумовлюючи численні вторинні зараження. Його поширення слабшає і припиняється лише тоді, коли погода стає теплою та сухою.

Застосування певних технологічних прийомів вирощування шавлії лікарської може як

послабити, так і сприяти розвитку й поширенню хвороби.

Доведено, що високі дози внесення азотних добрив (N_{120}) за загущення посівів (міжряддя — 45 см) знижують якість сировини на 25–30% через масове пошкодження листя. Водночас формування плантацій шавлії лікарської з шириною міжрядь 70 см і внесенням низьких доз азотних добрив (N_{30}) сприяє зростанню урожаю листя з мінімальними показниками розвитку хвороби (6,4–6,5%), що не впливає на якість сировини — *Folia Salviae*.

Беручи до уваги отримані експериментальні дані, оптимальні умови росту й розвитку рослин шавлії лікарської, які забезпечують зростання врожаю сировини та збереження її якості, досягаються за ширини міжряддя до 70 см для покращення аерації та обмеження норми внесення азотних добрив до 30 кг/га (N_{30}) діючої речовини. За необхідності підживлення плантації слід використовувати калійно-фосфорні комплекси для підвищення стійкості рослин до патогенів. Зважаючи на значні зміни погодних умов, у період максимального ризику (за температури 15–20°C і рясних опадів) необхідною умовою отримання якісної сировини є фітопатологічний моніторинг.

ВИСНОВКИ

З огляду на отримані результати встановлено, що пероноспороз шавлії лікарської, спричинений збудником — грибом *Peronospora*

lamii A. Braun, є однією з небезпечних хвороб, поширення та розвиток якої залежать від погодних умов і технологічних прийомів, застосовуваних під час вирощування цієї цінної ефіроолійної й лікарської культури.

Визначено, що збільшення площі живлення рослини (ширина міжряддя — 70 см) знижує показник поширення хвороби на 13–27% порівняно зі стандартною площею живлення (ширина — 45 см). Такий ефект досягається завдяки кращій аерації насаджень і зменшенню тривалості зволоження листя. Застосування азотних добрив у дозах понад 60 кг/га (N_{60}) сприяє збільшенню вегетативної маси та поширенню збудника, особливо в щільних посадках. Тому використання цього технологічного прийому має супроводжуватися фітопатологічним моніторингом, щоб уникнути стрімкого та неконтрольованого поширення патогену.

Для забезпечення оптимальних умов вирощування шавлії лікарської необхідно формувати плантації зі збільшеною площею живлення (ширина міжрядь — 70 см) та застосовувати низькі дози внесення азотних добрив (N_{30}), що, своєю чергою, впливає на розвиток хвороби, знижуючи цей показник до 6,4–7,9%. Це є визначальним чинником стабільного виробництва сировини шавлії лікарської.

Серед питань, які потребують подальших досліджень, є вивчення впливу мікробіологічних препаратів у комбінації з агротехнічними заходами на якість сировини шавлії лікарської.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ніженковська І. В., Цуркан О. О., Седько К. В. Шавлія лікарська — сучасні аспекти застосування (Огляд літератури). *Фітотерапія. Часопис*. 2014. № 2. С. 58–61.
2. Шанайда М. І. Визначення якісного складу та кількісного вмісту вуглеводів у траві представників родини *Lamiaceae* Juss. *Фармацевтичний часопис*. 2015. № 4. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2015.4.5550>
3. Kharazian N. Identification of flavonoids in leaves of seven wild growing *Salvia* L. (*Lamiaceae*) species from Iran. *Progress in Biological Sciences*. 2013. Vol. 3, no. 2. P. 81–98.
4. Гудзь Н. І., Шанайда М. І., Дармограй Р. Є. Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.): перспективи використання сировини як джерела рослинних препаратів антиоксидантної та антимікробної дії. *Вісник фармації*. 2020. № 2 (100). С. 11–19. DOI: <https://doi.org/10.24959/nphj.20.27>
5. Шелудько Л. П., Куценко Н. І. Лікарські рослини (селекція і насінництво). Полтава: ТОВ “Копі-центр”. 2013. 257 с.
6. Hernandez-Saavedra D., Perez-Ramirez I. F., Ramos-Gomez M. et al. Phytochemical characterization and effect of *Calendula officinalis*, *Hypericum perforatum*, and *Salvia officinalis* infusions on obesity-associated cardiovascular risk. *Medical Chemistry Research*. 2016. Vol. 25. P. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00044-015-1454-1>
7. Velickovic D. T., Rancelovic N. V., Ristic M. S. et al. Chemical constituents and antimicrobial activity of the ethanol extracts obtained from the flower, leaf and stem of *Salvia officinalis* L. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2003. Vol. 68, iss. 1. P. 17–24. URL: <https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2003/0352-51390301017V.pdf> (accessed: 18.08.2025).
8. Хвороби лікарських рослин: навчальний посібник / І. Л. Марков, О. В. Башта, Н. М. Волощук та ін. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. 2023. 343 с.
9. Глушенко Л. А. Поширення та шкідливість захворювань лікарських рослин. *Агроєкологічний журнал*. 2013. № 2. С. 91–94.
10. Бондаренко С. В., Станкевич С. В. Поширеність і шкідливість основних захворювань огірків та імунітет культури. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 21–38. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.4>

11. Гіль Л. С., Дяченко В. І., Суліма Л. Т. Сучасне промислове виробництво овочів і картоплі з використанням систем краплинного зрошення і фертигації. Житомир: Рута, 2007. 390 с.
12. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур / Й. Т. Покозій, В. М. Писаренко, С. В. Довгань та ін. Київ: Аграрна освіта, 2010. 223 с. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9be5eb60-8a12-433e-9057-7024d20abafa/content> (дата звернення: 13.09.2025).
13. Корнійчук М. С. Моніторинг фітосанітарного стану польових культур в технологічних дослідах. *Землеробство*. 2017. № 1. С. 93–99.
14. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костоґриз, В. П. Опришко. Вінниця: ПП “ТД “Едельвейс і К””. 2014. 332 с.

IMPACT OF SOME TECHNOLOGICAL METHODS OF GROWING SAGE ON THE SPREAD AND DEVELOPMENT OF PERONOSPOROSIS

Тymoshenko O.

Postgraduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: tttlife25082017@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5061-9474>

Тymoshenko L.

Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: pion060917@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4648-8307>

Common sage (Salvia officinalis L.) is a valuable essential oil-bearing and medicinal crop whose cultivation has significant economic and pharmacological importance. However, one of the major constraints in its production remains downy mildew, a dangerous fungal disease caused by Peronospora lamii A. Braun. The outbreak and progression of the disease are directly dependent on meteorological conditions and agronomic practices applied in cultivation technologies. The pathogen develops actively under cool and humid conditions, infecting the aboveground plant organs, which leads to a reduction in yield and deterioration in the quality of the raw material, Folia Salviae. The paper presents the results of long-term studies conducted at the experimental fields of the Research Station of Medicinal Plants of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, aimed at determining the effects of plant nutrition area (row spacing) and nitrogen fertilizer rates on the development and spread of downy mildew in common sage. The studies demonstrated that row spacing is a key factor in shaping the phytosanitary status of sage plantations. An optimal inter-row distance of 70 cm improves crop aeration, reduces the duration of leaf surface wetness, and consequently decreases disease development by 13–27% compared with the conventional row spacing of 45 cm. Under this plant density, disease incidence did not exceed 47.4%, whereas in dense stands it exceeded 60%. It was demonstrated that the application of high nitrogen fertilizer rates exceeding 60 kg/ha (N60) stimulates vegetative growth but simultaneously creates favorable conditions for pathogen development, particularly under excessive plant density. This may result in a sharp increase in the risk of epiphytotics and a significant deterioration in the quality of medicinal raw material. Based on the obtained data, a cultivation technology for common sage is recommended that involves a row spacing of 70 cm combined with low nitrogen fertilizer rates (N30). This approach effectively restrains the development of downy mildew, reducing disease incidence to 6.4–7.9%, which is a prerequisite for the stable production of high-quality medicinal plant raw material. The research results have practical significance for the environmentally sustainable cultivation of common sage under conditions of climate change. They demonstrate that regulating crop density and applying rational fertilization practices enhance the phytosanitary resilience of agroecosystems, maintain yield levels, and ensure the stable production of high-quality medicinal plant raw material.

Keywords: quality, medicinal plant raw material, diseases, pathogens, row spacing, nitrogen fertilizers, application rate.

REFERENCES

1. Nizhenkovska, I. V., Tsurkan, O. O., & Sedko, K. V. (2014). Common sage — modern aspects of application (Review of literature). *Phytotherapy Journal*, 2, 58–61.
2. Shanayda, M. I. (2015). Determination of qualitative composition and quantitative content of carbohydrates in the herb of the species belonging to *Lamiaceae* family. *Pharmaceutical Review*, 4, 13–18. doi: 10.11603/2312-0967.2015.4.5550
3. Kharazian, N. (2013). Identification of flavonoids in leaves of seven wild growing *Salvia* L. (*Lamiaceae*) species from Iran. *Progress in Biological Sciences*, 3(2), 81–98.
4. Hudz, N. I., Shanayda, M. I., Darmogray, R. Ye. (2020). *Salvia officinalis* L.: Prospects of using the raw material as a source of herbal medicines with the antioxidant and antimicrobial activity. *News of Pharmacy*, 2(100), 11–19. doi: 10.24959/nphj.20.27
5. Sheludko, L. P., & Kutsenko, N. I. (2013). *Medicinal plants (breeding and seed production)*. Poltava: TOV “Kopi-Centr”.

6. Hernandez-Saavedra, D., Perez-Ramirez, I. F., Ramos-Gomez, M., Mendoza-Diaz, S., Loarca-Pina, G., & Reynoso-Camacho, R. (2016). Phytochemical characterization and effect of *Calendula officinalis*, *Hypericum perforatum*, and *Salvia officinalis* infusions on obesity-associated cardiovascular risk. *Medicinal Chemistry Research*, 25, 163–172. doi: 10.1007/s00044-015-1454-1
7. Velickovic, D. T., Rancelovic, N. V., Ristic, M. S., Velickovic, A. S., & Smelcerovic, A. A. (2003). Chemical constituents and antimicrobial activity of the ethanol extracts obtained from the flower, leaf and stem of *Salvia officinalis* L. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 68(1), 17–24. Retrieved from <https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2003/0352-51390301017V.pdf>
8. Markov, I. L., Bashta, O. V., Voloshchuk, N. M., Hentosh, D. T., & Hlushchenko, L. A. (2023). *Diseases of medicinal plants*. Kyiv: Editorial and Publishing Department of NULES of Ukraine.
9. Hlushchenko, L. A. (2013). Distribution and harmfulness of medicinal plant diseases. *Agroekological Journal*, 2, 91–94.
10. Bondarenko, S. V., & Stankevych, S. V. (2021). Prevalence and harmfulness of the main cucumber diseases and crop immunity. *Taurida Scientific Herald*, 118, 21–38. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.4
11. Hil, L. S., Diachenko, V. I., & Sulima, L. T. (2007). *Modern industrial production of vegetables and potatoes using drip irrigation and fertigation systems*. Zhytomyr: Ruta.
12. Pokozii, Y. T., Pysarenko, V. M., Dovhan, S. V., Dolia, M. M., Pysarenko, P. V., Mamchur, R. M., & Pasichnyk, L. P. (2010). *Monitoring of Pests in Agricultural Crops*. Kyiv: Agrarian Education. Retrieved from <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9be5eb60-8a12-433e-9057-7024d20a6afa/content>
13. Korneychuk, M. S. (2017). Monitoring of the phytosanitary status of field crops in technological research. *Agriculture*, 1, 93–99.
14. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Vinnytsia: PE “TD Edelweiss and Co”.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ТИМОШЕНКО Олег Михайлович — аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: ttmlife25082017@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5061-9474>).

ТИМОШЕНКО Людмила Михайлівна — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу лісових екосистем і агролісомеліорації, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: pion060917@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4648-8307>).

ПОДЯКА

Автори висловлюють щирю подяку Дослідній станції лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН, зокрема **Приведенюку Н. В.**, канд. с.-г. наук, та **Глуценко Л. А.**, канд. біол. наук, за вагому науково-методичну підтримку та сприяння в організації й проведенні експериментальних досліджень.

СВІТОВИЙ РИНОК ВИРОБНИЦТВА ЯБЛУК: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ

О. С. Дем'янюк

*доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>*

Д. І. Синенко

*аспірант
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: d.s.bud98@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>*

Глобальний ринок свіжих яблук посідає провідне місце в аграрній економіці світу, адже має значні обсяги виробництва та вагоме значення в міжнародній торгівлі, а яблуню вирощують у різних регіонах світу. Яблука мають високу продовольчу та економічну цінність, формуючи значну частку експорту для низки країн і забезпечуючи стабільний попит на внутрішніх ринках. Дослідження тенденцій розвитку ринку свіжих яблук є важливим для оцінки конкурентних переваг, формування стратегій підвищення ефективності виробництва та визначення його ролі у світовій економіці. Аналіз світових статистичних даних показав зростання виробництва яблук, що пов'язано як із розширенням площ під насадженнями яблуні, так і з впровадженням інтенсивних технологій. Основними виробниками яблук у світі у 2024/2025 маркетинговому році (МР) були Китай (57% світового виробництва), країни ЄС-27 (13%), США (6%), Туреччина (5%) та Індія (3%). Україна посідає дев'яту позицію у світовому рейтингу, виробляючи 1,13 млн тонн, що становить 1,3% світового виробництва. Незважаючи на війну та пов'язані з нею політичні й соціально-економічні проблеми в сільському господарстві, Україна у 2022–2023 рр. щороку виробляла 1129,1–1172,8 тис. тонн і була постачальником на ринки Європи та Південно-Східної Азії. Водночас продуктивність українських яблуневих садів є невисокою: із середньою врожайністю 15,15 тонн/га Україна посідає 44-те місце у світовому рейтингу. Проте, незважаючи на низьку продуктивність садів і скорочення площ яблуневих насаджень в Україні, виробництво продовжує зростати. Стратегічною метою розвитку вітчизняного садівництва є формування високорентабельної галузі через упровадження інноваційних ресурсозберігальних технологій, зокрема шляхом закладання нових інтенсивних садів, стабілізацію і збільшення виробництва якісної продукції.

Ключові слова: продовольча безпека, садівництво, світовий ринок яблук, обсяг виробництва, тенденції розвитку ринку, світовий рейтинг країн, експортний потенціал.

ВСТУП

Садівництво є стратегічно важливим сектором аграрної економіки [1], що забезпечує населення високоякісними продуктами харчування, багатими на вітаміни, мінеральні речовини та біологічно активні сполуки. Водночас воно виступає одним із пріоритетних напрямів формування продовольчої безпеки та вагомим чинником зміцнення економічного потенціалу країни.

Економічне значення виробництва фруктів і ягід полягає не лише в забезпеченні внутрішніх потреб, а й у створенні доданої вартості через розвиток переробної промисловості, формування експортного потенціалу та підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору на світових ринках. Галузь характеризується високою трудомісткістю, що формує ринок зайнятості населення в сільських регіонах

і сприяє розвитку місцевої соціальної інфраструктури.

За сучасних глобальних викликів (зміни клімату, воєнних загроз, нестабільності на світових аграрних ринках) особливого значення набувають питання підвищення продуктивності садівництва України та розроблення ефективних механізмів державної підтримки галузі для збереження її потенціалу та місця на міжнародних ринках [2].

Глобальний ринок свіжих яблук характеризується значною динамікою: з одного боку, він залежить від природно-кліматичних чинників, рівня технологічного розвитку та структурної організації виробництва, з іншого — від тенденцій міжнародної торгівлі, попиту споживачів і політики державної підтримки аграрного сектору. Свіжі яблука формують важливу частку аграрного експорту для низки країн,

забезпечуючи надходження валютних ресурсів, розвиток переробної промисловості та розширення ринків збуту. У контексті глобалізації та інтеграції світових аграрних ринків вивчення сучасного стану й перспектив розвитку ринку свіжих яблук має особливе значення. Це дає змогу оцінити конкурентні переваги, визначити стратегічні напрями підвищення ефективності виробництва і торгівлі та усвідомити роль галузі в досягненні сталого розвитку.

Метою роботи було проаналізувати динаміку виробництва яблук і площ насаджень, урожайність і валовий збір у світі та в Україні за 2000–2024 рр., визначити місце України у світовому виробництві свіжих яблук і перспективи розвитку вітчизняної галузі.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За допомогою методів порівняння та узагальнення проведено аналіз статистичних даних ФАО, Міністерства сільського господарства США (USDA), Державної служби статистики України та наукових публікацій, зокрема щодо динаміки площ насаджень яблуні, врожайності та валових зборів яблук у світі та Україні. Обробку статистичних даних виконано з використанням сучасних комп'ютерних програм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Багаторічні плодові культури вирощують у всьому світі, вони мають ключове значення в соціально-економічному розвитку багатьох регіонів і світової торгівлі. Серед таких культур особливе місце займає яблуня (*Malus × domestica* Borkh.). Завдяки високій поживній цінності яблук, широкому використанню в харчовій і переробній промисловості, стійкому попиту на внутрішніх і зовнішніх ринках виробництво свіжих яблук на глобальному рівні серед фруктів посідає друге місце після бананів. Але за загальним прибутком і прибутком з 1 га виробництво яблук значно випереджає виробництво бананів [3].

Згідно з даними FAOSTAT, яблука стабільно входять до трійки провідних плодів світу

поряд із бананами та кавунами, формуючи близько 10% загального виробництва фруктів і відіграючи значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки світу [4].

Яблуню вирощують уже понад 4 тис. років у всьому світі за різних ґрунтово-кліматичних умов. Розгалужена географія вирощування яблуні, зокрема завдяки створенню нових сортів і змінам у структурі дерева, охоплює країни з різними умовами, що забезпечує стабільність і динамічний розвиток глобального ринку й дає можливість задовольняти потреби населення протягом усього року.

У світовому масштабі виробництво яблук постійно зростає, що зумовлено як розширенням площ під насадженнями яблуні, так і впровадженням інтенсивних технологій. За даними світової статистики, у 2023 р. виробництво яблук становило 97,34 млн тонн (табл. 1). За прогнозами міжнародних експертів, ринок свіжих яблук у грошовому вираженні зростатиме в середньому на 3,9% (CAGR) щороку і до 2030 р. досягне 130,1 млрд дол. США порівняно з 107,2 млрд дол. США у 2025 р. [5]. Зростання ринку підтримується збільшенням попиту на здорове харчування, технологічним прогресом в управлінні садами та географічним розширенням виробничих площ для пом'якшення ризиків, пов'язаних зі змінами клімату.

Як свідчать дані табл. 1, світове виробництво яблук динамічно розвивалося протягом останніх 20 років. Між 2000 і 2020 рр. світове виробництво свіжих яблук зросло на 53%. Проте з 2020 р. темпи зростання сповільнилися: у 2021–2023 рр. обсяг виробництва стабілізувався на рівні 93,7–97,3 млн тонн щороку.

У країнах Європейського Союзу (ЄС-27), як і загалом у Європі, спостерігалось поступове нарощування обсягів виробництва плодів яблук починаючи з 2010 р. Зокрема, у Європі за 2010–2015 рр. виробництво свіжих яблук зросло на 24%, тоді як у країнах ЄС-27 — лише на 19,5%, і до 2023 р. воно не мало стабільного рівня, коливаючись від 11,96 до 12,56 млн тонн на рік. Обсяг виробництва яблук у ЄС-27 досяг піку у 2018/2019 МР, становивши близько 14,8 млн тонн.

Таблиця 1

Статистика світового виробництва плодів яблук, 2000–2023 рр., млн тонн

Виробник	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023
Світ	59,13	61,90	71,19	82,37	90,61	93,70	95,61	97,34
Європа	17,70	14,96	13,87	17,21	17,81	18,27	18,50	18,50
ЄС-27	13,93	11,15	10,31	12,32	11,96	12,41	12,56	12,06
Україна	0,6582	0,7198	0,8970	1,18	1,11	1,28	1,13	1,17

Джерело: сформовано авторами за даними [6].

Країни ЄС-27 у виробництві продуктів харчування, зокрема фруктів, орієнтовані на впровадження сталих практик, визначених у двох ключових ініціативах: Європейський зелений курс та стратегія “Від ферми до виделки” [7]. Ці документи спрямовані на сприяння екологічному виробництву агропродукції, овочів і фруктів, одночасно забезпечуючи продовольчу безпеку та наголошуючи на збереженні біорізноманіття, з метою зменшення використання пестицидів і пов'язаних із цим ризиків на 50% до 2030 року [8]. Прикладом є Німеччина, де майже 18% виробництва свіжих яблук здійснюється за органічними технологіями, що охоплюють біологічні методи контролю шкідників і збудників хвороб, водоефективні системи поливу тощо.

Водночас фахівці зазначають, що для задоволення зростаючого попиту на яблука нові інвестиції в яблуневі сади мають базуватися на надінтенсивних технологіях. Слід наголосити, що ця система пропонує кращу основу для сталого розвитку бізнесу [9].

Такі країни, як Польща, Італія та Франція, є провідними виробниками яблук у ЄС-27, причому Польщу часто називають “садом Європи” через її великі площі садів (приблизно 1/3 загальної площі, відведеної під сади в Європі) і вражаючі експортні показники [10]. У 2023 р. виробництво яблук у Польщі зросло на 13,1% порівняно з 2022 р. і досягло майже 3,8 млн тонн. Цей значний обсяг виробництва зміцнює позиції Польщі як провідного експортера яблук у ЄС — приблизно у 76 країн світу, обсяг експорту яких перевищує 800 тис. тонн. Свіжі яблука експортуються не лише на європейський ринок (зокрема до Німеччини, Румунії, Іспанії) чи ринки Близького Сходу (до Єгипту та Йорданії), але й у більш віддалені куточки світу (Казахстан, Індію, Бангладеш, Таїланд, Коста-Ріку та Колумбію).

Італія посідає друге місце в Європі за виробництвом яблук із щорічним обсягом близько 2 млн тонн, а під яблуневі сади відведено майже 55 тис. га (11% європейської площі). Крім того, Італія є одним із найважливіших європейських експортерів яблук, причому понад 50% вироблених яблук (у середньому 1,2 млн тонн на рік) експортується на зовнішні ринки: насамперед до Великої Британії, Німеччини, Іспанії та Франції. Варто зазначити, що останнім часом країни Близького Сходу, Південно-Східної Азії та Південної Америки також набувають значення як перспективні напрямки італійського експорту.

Франція входить до трійки найбільших європейських виробників яблук із річним обсягом виробництва 1,5 млн тонн і площею насаджень

приблизно як в Італії. У середньому щороку екпортується 350 тис. тонн французьких яблук, переважно на ринки Великої Британії, Об'єднаних Арабських Еміратів, В'єтнаму, Колумбії та Таїланду.

Український ринок виробництва яблук стрімко зростає до 2015 р. — обсяг виробництва збільшився в 1,8 раза (або на 0,52 млн тонн) порівняно з 2000 р. У 2016–2020 рр. спостерігалось зниження виробництва яблук до 1,11 млн тонн на рік і поступове відновлення цього сектору, яке, незважаючи на воєнну агресію, уже у 2023 р. зросло до 1,17 млн тонн на рік, що становило 1,2% світового обсягу виробництва яблук.

Аналіз даних світового виробництва яблук та їх експорту показує, що близько 10% зібраного врожаю екпортується у вигляді свіжих яблук [4; 11]. Невелика кількість країн постачає основну частку яблук на міжнародні ринки, керуючись конкурентоспроможністю виробництва та наявною інфраструктурою для експорту [12].

За даними USDA, у 2024/2025 МР основними виробниками яблук у світі були Китай (57% світового виробництва), країни ЄС-27 (13%), США (6%), Туреччина (5%) та Індія (3%). Україна посідає дев'яте місце, виробляючи 1,13 млн тонн, що становить 1,3% світового виробництва (рис. 1) [13].

Китай упродовж багатьох років посідає провідне місце у світовому виробництві яблук, виробляючи майже 48 млн тонн щорічно, і до 2020 р. виробництво свіжих яблук становило 53,2% від світового обсягу. Ця галузь стала невід'ємною частиною національної фруктової промисловості країни та основної галузі розвитку сільського господарства, основним джерелом доходу для фермерів у більшості регіонів Китаю, де вирощується яблуня. Хоча яблуні вирощують у різних регіонах країни, основні виробничі площі зосереджені в Бохайській затоці та на Лесовому плато. На ці два регіони припадає приблизно 80% площі насаджень у країні та 90% виробництва свіжих яблук. Крім того, Китай посідає перше місце як за виробництвом, так і за експортом свіжих яблук й соку [11].

У США яблука є другим за популярністю фруктом, їх вирощують майже в усіх штатах. У рейтингу виробників яблук у 2024/2025 МР США посідають третє місце з обсягом виробництва близько 4,89 млн тонн. Найбільшим штатом-виробником є Вашингтон, на який припадає приблизно 70% яблук у США. До інших основних штатів-виробників належать Нью-Йорк, Мічиган, Пенсильванія, Каліфорнія та Вірджинія.

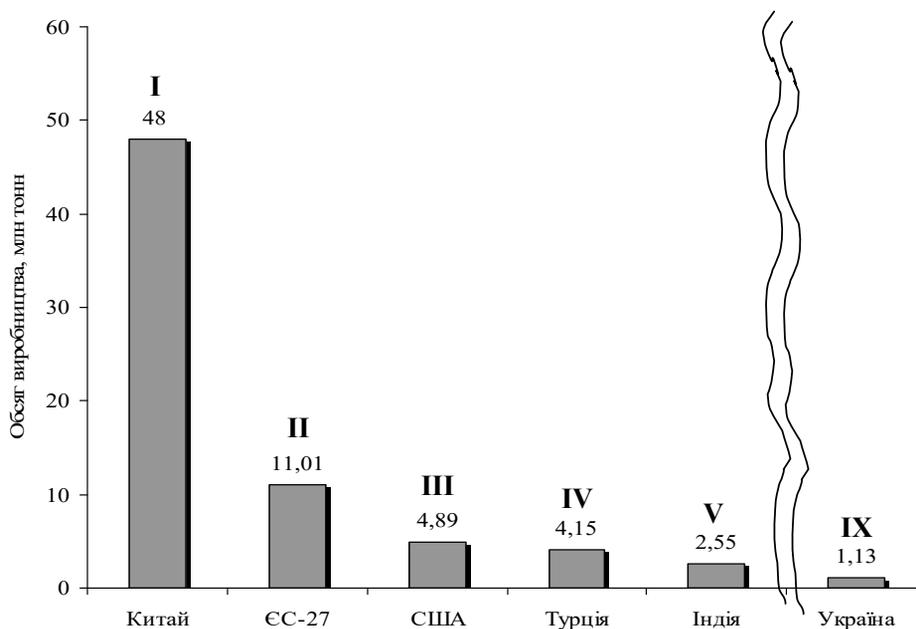


Рис. 1. П'ять провідних виробників свіжих яблук у 2024/2025 МР та позиція України у світовому рейтингу, млн тонн

Джерело: побудовано авторами за даними [13].

Значний внесок у світове виробництво яблук робить Туреччина. Вирощування яблук поширене по всій країні, проте основні виробничі площі зосереджені в центральних Анатолійських регіонах. Провінції Іспарта, Караман і Нігде добре відомі своїми продуктивними яблуневими садами, причому лише на Іспарту припадає значна частина національного виробництва. Сприятливий клімат у поєднанні із сучасними методами ведення сільського господарства забезпечив Туреччині можливість задовольнити внутрішній попит і стати важливим гравцем на міжнародному ринку яблук. Вирощування яблук у країні є життєво важливою складовою сільської економіки, що підтримує як тисячі дрібних фермерів, так і великі підприємства.

Серед світових провідних виробників яблук Україна посідає належне місце (табл. 2, рис. 2). За даними Державної служби статистики України, протягом 2022–2023 рр., незважаючи на війну та пов'язані з нею політичні й соціально-економічні проблеми в сільському господарстві, країна щороку виробляла 1129,1–1172,8 тис. тонн і була постачальником на ринки Європи та Південно-Східної Азії [14].

У січні — червні 2024 р. основними країнами збуту українських яблук були: ОАЕ — 5,9 тис. т, Саудівська Аравія — 4,1 тис. т, Ірак — 3,2 тис. т, Грузія — 2,6 тис. т, Узбекистан — 2,4 тис. т, Туреччина — 2,4 тис. т, Румунія — 1,8 тис. т, Швеція — 0,9 тис. т. Зазначають, що несприятливі погодні умови 2024 р. вплинули на врожайність яблук, що призвело до змен-

Таблиця 2

Місце України у світовому рейтингу країн-виробників яблук за показниками 2021/2022 МР

	Показники			
	Виробництво плодів, тис. тонн	Виробництво на людину, кг	Площа насаджень, тис. га	Врожайність, тис. кг/га
Україна	$\frac{1\,278,87}{12}$	$\frac{30,259}{20}$	$\frac{84,40}{9}$	$\frac{15,15}{44}$
Країна-лідер	Китай — 45 984,86	Молдова — 182,404	Китай — 2 092,51	Нова Зеландія — 57,95

Джерело: сформовано авторами за даними сайту AtlasBig [15].

Примітка: чисельник — фактичний показник, знаменник — місце у світовому рейтингу.

шення обсягів експорту. Водночас високі ціни на яблука, зумовлені дефіцитом поставок, дали змогу українським фермерам отримати значні доходи навіть за низьких обсягів поставок. Однак продуктивність українських садів є невисокою: порівняно з Новою Зеландією врожайність нижча у 3,8 раза. Із середньою врожайністю 15,15 тонн/га Україна посідає 44 місце у світовому рейтингу. За показником виробництва плодів на одну людину Україна перебуває на 20-й позиції світового рейтингу, виробляючи трохи більше 30 кг яблук щороку. Споживання яблук також залишається на низькому рівні (22–24 кг/особу/рік), що становить лише 44–50% від рекомендованої норми їх споживання — 50 кг.

Незважаючи на низьку продуктивність садів і скорочення площ яблуневих насаджень в Україні, обсяги виробництва яблук продовжують зростати (рис. 2).

Зростання обсягів виробництва яблук в Україні пов'язане з інтенсифікацією виробничих процесів і введенням в обіг нових інтенсивних садів, що забезпечує підвищення врожайності. Водночас спостерігається тенденція до скорочення площ під яблуневими садами — з 227,6 тис. га у 2000 р. до 84,4 тис. га у 2021 р., тобто у 2,7 раза. Таке зменшення пов'язане з вирубкою застарілих і неефективних садів із низькою врожайністю. Одночасно в Україні відбувається закладання нових інтенсивних садів, які, хоча й займають менше площі, дають змогу збільшити обсяги виробництва свіжих яблук завдяки вищій урожайності та інноваційним технологіям.

Також скорочення площ під насадженнями яблунь пов'язують із воєнною агресією. Площа яблуневих садів до повномасштабного вторгнення РФ становила майже 40% від загальної площі під плодовими та ягідними культурами (84,4 тис. га). Загалом у 2022–2023 рр. площі під насадженнями яблуні зменшилися на 8,8 тис. га, що становить понад 10% від площі 2021 р. Більшість яблуневих садів зосереджена в центральній і західній частинах України, зокрема у Вінницькій, Хмельницькій, Чернівецькій, Закарпатській і Львівській областях, які не зазнали прямих бойових дій. Водночас скорочення площ у цих регіонах наклалося на зменшення площ насаджень у регіонах, постраждалих від боїв та окупації.

Стратегічною метою розвитку вітчизняного садівництва є формування високорентабельної галузі шляхом впровадження інноваційних ресурсозберігальних технологій, зокрема закладання нових інтенсивних садів, стабілізації та збільшення виробництва якісної продукції тощо. Однак навіть при застосуванні сучасних технологій вирощування нових інтенсивних сортів ефективність виробництва свіжих яблук залишається низькою, а сільгоспвиробники зазнають збитків [16]. На жаль, доволі часто під час закладання нового саду на місці розкорчованих багаторічних плодових насаджень, тобто за тривалого повторного вирощування плодових культур, не враховуються екологічний стан ґрунту та його основні фізико-хімічні й біологічні властивості [17–19].

Підвищення ефективності плодових насаджень і виробництва яблук є ключовою пе-



Рис. 2. Динаміка площ насаджень яблуневих садів і валового збору яблук в Україні, 2000–2023 рр. Джерело: побудовано авторами за даними [14].

редумовою економічного розвитку, важливим рушієм соціальної стабільності та стратегічною основою економіки. Проблеми, що виникають через мінливість клімату, підвищений ризик зараження шкідниками, соціально-економічні фактори та постійне виснаження природних ресурсів, викликають серйозні занепокоєння щодо сталості виробництва яблук і його стійкості до зовнішніх чинників, особливо за умов постійного скорочення генетичного різноманіття [20]. Стале виробництво свіжих яблук передбачає впровадження альтернативних методів стійкого управління садами [21–23]. Особливу увагу приділяють стану ґрунту, збереженню біорізноманіття, скороченню пестицидного навантаження та зниженню викидів CO₂.

ВИСНОВКИ

1. Глобальне виробництво яблук стабілізувалося після стрімкого зростання у 2000–

2020 рр. і наразі утримується на рівні 93–97 млн тонн щорічно.

2. Україна посідає 9-те місце у світі за виробництвом яблук, забезпечуючи понад 1,1 млн тонн щорічно навіть в умовах війни.

3. Попри скорочення площ яблуневих садів і воєнні виклики, українське садівництво має потенціал розвитку завдяки інтенсивним технологіям і виходу на нові експортні ринки. В умовах війни експорт яблук залишається важливим джерелом валютних надходжень, підтримує аграрний сектор і сприяє економічній стійкості України.

4. Стратегічною метою вітчизняного садівництва є підвищення врожайності та рентабельності шляхом модернізації садів, упровадження ресурсозберігаючих технологій та орієнтації на екологічне виробництво.

ЛІТЕРАТУРА

1. Височанська М. Я., Зубченко В. В. Еколого-економічні основи збалансованості розвитку садівництва України. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 18–29. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287760>
2. Галат Л. М. Державна фінансова підтримка галузі садівництва як фактор підвищення її конкурентоспроможності. *Таврійський науковий вісник. Сер.: Економіка*. 2021. Вип. 6. С. 44–55. DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.6.5>
3. O'Rourke D. Economic importance of the world apple industry. *The apple genome*. Switzerland: Springer, 2021. P. 1–18. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74682-7_1
4. FAOStat. URL: <http://www.fao.org/faostat> (accessed: 13.08.2025).
5. Fresh apple market size & share analysis — Growth trends & forecasts (2025–2030). *Mordor Intelligence*. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/fresh-apples-market> (accessed: 10.08.2025).
6. Apple production — UN FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations — with major processing by Our World in Data*. URL: https://ourworldindata.org/grapher/apple-production?tab=line&country=European+Union~UKR~OWID_EUR~OWID_WRL~JPN~OWID_EU27 (accessed: 06.08.2025).
7. Schebesta H., Bernaz N., Macchi C. The European Union farm to fork strategy: sustainability and responsible business in the food supply chain. *European Food and Feed Law Review*. 2020. Vol. 15. P. 420–427. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3809931>
8. Communication EU Biodiversity Strategy for 2030: bringing nature back into our lives. *European Commission*. COM(2020)380. URL: <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vl8tqb8jwtyu> (accessed: 13.08.2025).
9. Badiu D., Arion F. H., Muresan I. C. et al. Evaluation of economic efficiency of apple orchard investments. *Sustainability*. 2015. Vol. 7, iss. 8. P. 10521–10533. DOI: <https://doi.org/10.3390/su70810521>
10. Sector. *Time for Apples from Europe*. URL: <https://applesfromeurope.eu/sector/> (accessed: 20.08.2025).
11. UN Comtrade Database. 2020. *UN Comtrade*. URL: <https://comtrade.un.org/data/> (accessed: 13.09.2025).
12. Muder A., Garming H., Dreisiebner-Lanz S. et al. Apple production and apple value chains in Europe. *European Journal of Horticultural Science*. 2022. Vol. 87, iss. 6. DOI: <https://doi.org/10.17660/eJHS.2022/059>
13. Production — Apples. *FAS USDA*. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0574000> (accessed: 23.08.2025).
14. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 10.09.2025).
15. World apple production by country. *AtlasBig*. URL: <https://www.atlasbig.com/countries-by-apple-production> (accessed: 23.08.2025).
16. Cavael U., Tost P., Diehl K. et al. Correlations of soil fungi, soil structure and tree vigour on an apple orchard with replant soil. *Soil Systems*. 2020. Vol. 4, iss. 4. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/soilsystems4040070>
17. Яковенко Р. В., Дем'янюк О. С., Синенко Д. І. та ін. Проблема ґрунтовтоми в монокультурі яблуні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287826>
18. Дем'янюк О. С., Синенко Д. І. Грибний патогенний комплекс ґрунту за тривалого вирощування яблуні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2024. Вип. 39. С. 49–59. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.39.49-59>
19. Синенко Д. І., Дем'янюк О. С., Яковенко Р. В., Фоменко О. О. Сучасні підходи оздоровлення ґрунту в агроecosystemі плодового саду. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 89–104. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-89-104>

20. Aoun M. Unlocking heirloom diversity: a pathway to bridging global challenges in modern apple cultivation. *Frontiers Horticulture*. 2024. Vol. 2. 1268970. DOI: <https://doi.org/10.3389/fhort.2023.1268970>
21. Fenta L., Mekonnen H. Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: current perspectives and research directions. *Scientifica (Cairo)*. 2024. Vol. 2024. 5322696. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/5322696>
22. Mehla M. K. Reducing reliance on chemical pesticides and promoting sustainable agriculture: role of integrated pest management strategies in horticulture. *Multidisciplinary Approach: Enhanced Agriculture Production in a Sustainable way*. Shweta Sharma, 2023. Chapter 16. P. 175–183.
23. Zawadzka K., Oszust K., Pylak M. et al. Beneath the apple trees — exploring soil microbial properties under *Malus domestica* concerning various land management practices. *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 203. 105642. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105642>

THE GLOBAL APPLE PRODUCTION MARKET: CURRENT TRENDS AND UKRAINE'S POTENTIAL

Demyanyuk O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

Syenko D.

Postgraduate Student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: d.s.bud98@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>

The global fresh apple market occupies a leading position in the world's agrarian economy due to its large production volumes and significance in international trade, with apple cultivation widely distributed across different regions of the world. Apples have both high nutritional and economic value, representing a substantial share of exports for many countries and ensuring stable demand in domestic markets. Studying the development trends of the fresh apple market is important for assessing competitive advantages, shaping strategies to increase production efficiency, and determining its role in the global economy. Analysis of global statistical data has shown an increase in apple production, driven both by the expansion of orchard areas and the introduction of intensive technologies. The main apple producers worldwide in the 2024/2025 marketing year were China (57% of global production), the EU-27 countries (13%), the USA (6%), Turkey (5%), and India (3%). Ukraine ranked ninth globally, producing 1.13 million tons, which accounts for 1.3% of world production. Despite the war and related political and socio-economic challenges in agriculture, Ukraine annually produced 1,129.1–1,172.8 thousand tons in 2022–2023 and supplied apples to the markets of Europe and Southeast Asia. At the same time, the productivity of Ukrainian apple orchards remains low: with an average yield of 15.15 tons/ha, Ukraine ranks 44th in the world. Nevertheless, despite low orchard productivity and a reduction in apple-growing areas, production continues to grow. The strategic objective for the development of Ukrainian horticulture is to establish a highly profitable sector through the implementation of innovative resource-saving technologies, including the establishment of new intensive orchards, as well as the stabilization and increase of high-quality production.

Keywords: food security, horticulture, global apple market, production volume, market development trends, global country ranking, export potential.

REFERENCES

1. Vysochanska, M., & Zubchenko, V. (2023). Ecological and economic basis of balanced development of horticulture in Ukraine. *Agroecological Journal*, 3, 18–29. doi: 10.33730/2077-4893.3.2023.287760
2. Halat, L. M. (2021). State financial support of the horticulture industry as a factor of its competitiveness. *Taurian Scientific Herald. Series: Economy*, 6, 44–55. doi: 10.32851/2708-0366/2021.6.5
3. O'Rourke, D. (2021). Economic importance of the world apple industry. In *The apple genome* (pp. 1–18). Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-030-74682-7_1
4. FAOStat (n.d.). Retrieved from <http://www.fao.org/faostat>
5. Mordor Intelligence. (n.d.). *Fresh apple market size & share analysis — Growth trends & forecasts (2025–2030)*. Retrieved from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/fresh-apples-market>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations — with major processing by Our World in Data. (n.d.). *Apple production — UN FAO*. Retrieved from https://ourworldindata.org/grapher/apple-production?tab=line&country=European+Union~UKR~OWID_EUR~OWID_WRL~JPN~OWID_EU27
7. Schebesta, H., Bernaz, N., & Macchi, C. (2020). The European Union farm to fork strategy: Sustainability and responsible business in the food supply chain. *European Food and Feed Law Review*, 15, 420–427. doi: 10.2139/ssrn.3809931
8. European Commission. (2020). Communication EU Biodiversity Strategy for 2030: *Bringing nature back into our lives*. COM(2020)380. Retrieved from <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vl8tqb8jwty>

9. Badiu, D., Arion, F. H., Muresan, I. C., Lile, R., & Mitre, V. (2015). Evaluation of economic efficiency of apple orchard investments. *Sustainability*, 7(8), 10521–10533. doi: 10.3390/su70810521
10. Time for Apples from Europe. (n.d.). *Sector*. Retrieved from <https://applesfromeurope.eu/sector/>
11. UN Comtrade. (n.d.). *UN Comtrade Database 2020*. Retrieved from <https://comtrade.un.org/data/>
12. Muder, A., Garming, H., Dreisiebner-Lanz, S., Kerngast, K., Rosner, F., Kličková, K., ... Kaçal, E. (2022). Apple production and apple value chains in Europe. *European Journal of Horticultural Science*, 87(6). doi: 10.17660/eJHS.2022/059
13. FAS USDA. (n.d.). *Production — Apples*. Retrieved from <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0574000>
14. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). Retrieved from <http://ukrstat.gov.ua>
15. AtlasBig. (n.d.). *World apple production by country*. Retrieved from <https://www.atlasbig.com/countries-by-apple-production>
16. Cavael, U., Tost, P., Diehl, K., Büks, F., & Lentzsch, P. (2020). Correlations of soil fungi, soil structure and tree vigour on an apple orchard with replant soil. *Soil Systems*, 4(4), 1–16. doi: 10.3390/soilsystems4040070
17. Yakovenko, R. V., Demyanyuk, O. S., Synenko, D. I., Chepurnyi, V. G., & Lysanyuk, V.G. (2023). The problem of soil fatigue in apple orchards monoculture. *Balanced Nature Using*, 3, 121–128. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287826
18. Demyanyuk, O. S., & Synenko, D. I. (2024). Fungal pathogenic complex of soil during long-term cultivation of apple trees. *Agricultural Microbiology*, 39, 49–59. doi: 10.35868/1997-3004.39.49-59
19. Synenko, D. I., Demyanyuk, O. S., Yakovenko, R. V., & Fomenko, O. O. (2025). Modern approaches to soil improvement in the agroecosystem of an orchard. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 89–104. doi: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-89-104
20. Aoun, M. (2024). Unlocking heirloom diversity: A pathway to bridging global challenges in modern apple cultivation. *Frontiers Horticulture*, 2, 1268970. doi: 10.3389/fhort.2023.1268970
21. Fenta, L., & Mekonnen, H. (2024). Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: Current perspectives and research directions. *Scientifica (Cairo)*, 2024, 5322696. doi: 10.1155/2024/5322696
22. Mehla, M. K. (2023). Reducing reliance on chemical pesticides and promoting sustainable agriculture: Role of integrated pest management strategies in horticulture. *Multidisciplinary Approach: Enhanced Agriculture Production in a Sustainable Way* (Chap. 16, pp. 175–183). Shweta Sharma.
23. Zawadzka, K., Oszust, K., Pylak, M., Panek, J., & Gryta, A. (2024). Beneath the apple trees — Exploring soil microbial properties under *Malus domestica* concerning various land management practices. *Applied Soil Ecology*, 203, 105642. doi: 10.1016/j.apsoil.2024.105642

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ДЕМ'ЯНЮК Олена Сергіївна — доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: demolena@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>).

СИНЕНКО Денис Ігорович — аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: d.s.bud98@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>).

СТАН І ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОШИРЕННЯ АДВЕНТИВНИХ ВИДІВ РОСЛИН В АГРОЕКОСИСТЕМАХ УКРАЇНИ: ГЛОБАЛЬНІ ВИКЛИКИ ТА НАЦІОНАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ

В. І. Стародуб

кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: myrzavica88@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3883-9453>

У статті проаналізовано наукові досягнення українських учених щодо вивчення проблеми поширення адвентивних видів рослин на території України. На основі численних літературних джерел (монографій, статей, матеріалів конференцій і симпозіумів) детально описано результати досліджень у галузі адвентивної фракції фітобіоти, яка активно поширюється в різних регіонах України. Ці дослідження охоплюють таксономічну ідентифікацію та оцінку екологічних наслідків інвазійних процесів. Українські науковці використовують різноманітні методологічні підходи, зокрема флористичні та геоботанічні описи, моніторинг динаміки поширення, експериментальні дослідження конкурентних взаємодій і моделювання потенційного ареалу інвазійних видів. Основною заслугою є системний збір, систематизація, узагальнення та всебічний аналіз ботанічних й екологічних даних, що стосуються адвентивних видів, а саме шляхів їх інтродукції, швидкості поширення, адаптивних механізмів і впливу на аборигенні ценози. Особливу увагу приділено дослідженню екологічних ніш адвентивних видів та їхньої здатності витіснити місцеві види, формуючи монодомінантні угруповання. Виявлено, що ключовими факторами, які сприяють поширенню адвентивних видів, є порушення природних екосистем унаслідок антропогенної діяльності (інтенсивне сільськогосподарське виробництво, урбанізація, будівництво транспортних магістралей і зміна клімату). З'ясовано, що вивчення процесів поширення та адвентизації є надзвичайно важливим з погляду біологічного забруднення та збереження біорізноманіття. Біологічне забруднення, спричинене інвазивними видами, становить значну загрозу для екологічної стабільності. Дослідження українських учених дають змогу оцінити масштаби цієї проблеми та ідентифікувати найбільш агресивні інвазійні види, що сприяє розробленню стратегій їх контролю. Дослідження переконливо демонструють, що динаміка поширення адвентивних видів безпосередньо залежить від антропогенного навантаження. Зростання інтенсивності господарської діяльності людини (вирубка лісів, розорювання земель, рекреаційне навантаження, зміна гідрологічного режиму) призводить до деградації природних екосистем, що створює сприятливі умови для проникнення, вкорінення та зниження конкурентоспроможності аборигенної флори чужорідних видів.

Ключові слова: інвазійний вид, фітобіота, агроекосистема, інвазія, біологічне забруднення, флора.

.....

ВСТУП

Поширення адвентивних (чужорідних) видів рослин є однією з найважливіших екологічних проблем сучасності, яка набула глобального масштабу та відома як фітоінвазія. Це явище має особливе значення для України, де інтенсивна антропогенна діяльність та історично сформовані шляхи обміну біологічними ресурсами створили сприятливі умови для інвазійних процесів.

Становлення адвентивної флори України, що налічує багатовікову історію, тісно пов'язане з розвитком суспільства та трансформацією природних ландшафтів. Хоча природні агенти, такі як вітер, морські течії та тварини, завжди сприяли розселенню рослин, вплив людської діяльності на поширення адвентивних видів із кожним століттям значно зростає.

Саме антропогенний фактор став ключовим у занесенні чужорідних рослин. Війни та масові переселення, інтенсивний торговий обмін, цілеспрямоване ввезення нових культур, неконтрольована пересилка насіння, а також розвиток транспортної інфраструктури, що забезпечує перевезення вантажів і пасажирів між континентами — усе це створює унікальні можливості для інтродукції та подальшого поширення адвентивної флори. З огляду на це детальний аналіз процесів господарського освоєння території є критично важливим для розуміння шляхів інтродукції та динаміки поширення адвентивних рослин.

Метою роботи є комплексний оглядовий аналіз літературних даних, присвячених вивченню поширення адвентивних видів рослин, інтродукованих на території України, з акцен-

том на їхній вплив на агроекосистеми та розроблення ефективних стратегій контролю.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження адвентивної флори України мають глибоке коріння, що сягає майже століття. Вивченням інтродукції, тобто занесення чужорідних (адвентивних) видів на нові території, де вони раніше не траплялися, займалося чимало видатних вчених. В Україні основи цих досліджень були закладені таким видатним науковцем, як М. І. Котов, який у 1929 році вперше систематизував дані про адвентивну рослинність країни [1]. Його роботу продовжила В. В. Протопопова, чия праця 1973 року стала енциклопедичним джерелом знань про адвентивні види Лісостепу і Степу [2]. Значний внесок зробила також Р. І. Бурда, яка у 2015 році акцентувала увагу на фітоінвазіях в агроекосистемах [3]. Їхні праці, доповнені дослідженнями інших науковців, зокрема О. М. Курдюкової [4], заклали міцний фундамент для подальшого розвитку цієї галузі.

Сучасні дослідження однозначно підтверджують, що інвазивні види рослин становлять глобальну загрозу для довкілля, впливаючи на біорізноманіття, структуру екосистем і соціально-економічні системи [5–11]. Ця проблема набула міжнародного визнання, що відображається в стратегічних цілях (Регламент ЄС від 22.10.2014 р. № 1143/2014 [12]), які визначають виявлення інвазій, аналіз шляхів їх поширення та розробку методів контролю або ліквідації особливо небезпечних видів.

В Україні дослідження фітоінвазій інтенсивно розвиваються завдяки працям О. С. Абдулоєвої, Н. А. Багрикової, Б. Вихора та ін. [13–15]. Натомість у Європі створено розгалужену інфраструктуру картування, прогнозування ризиків і управління природними територіями з урахуванням інвазій [16–18].

Фітоінвазії є невід'ємною складовою глобальних екологічних змін, що призводять до деградації екосистем і значних економічних втрат. За оцінками J. R. U. Wilson [19], щорічні збитки від біологічних інвазій у США сягають \$137 млрд, в Індії — \$1177 млрд, у Бразилії — \$50 млрд, причому основний тягар лягає на сільське господарство [20]. Такі види, як амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*) і борщівник Сосновського (*Heraclenum sosnowskyi*), демонструють виняткову здатність до адаптації та агресивного поширення, що ускладнює розробку універсальних стратегій контролю. Локальні приклади, зокрема деградація прибережних біотопів у Словаччині та Австрії через спориш японський (*Fallopia japonica*) [21; 22],

підкреслюють необхідність раннього моніторингу та специфічних заходів.

Поширення інвазивних видів зумовлене низкою чинників, серед яких: кліматичні зміни (глобальне потепління, підвищення рівня CO₂), антропогенний вплив (міжнародна торгівля, міграція, порушення природних середовищ) і фрагментація екосистем унаслідок урбанізації та аграрної експансії. Особливо гостро проблема проявляється в агроекосистемах, де інвазивні види спричиняють катастрофічні наслідки, знижуючи продуктивність культур і підвищуючи витрати на їх контроль.

Сучасні стратегії боротьби з фітоінвазіями передбачають комплексний підхід, що охоплює моніторинг із застосуванням геоінформаційних систем, впровадження біологічних методів контролю та посилення міжнародної координації через такі угоди, як Конвенція про біологічне різноманіття (1992) [23]. Соціально-економічний аспект включає підвищення екологічної свідомості громадськості та залучення місцевих ресурсів до програм управління. Усе це підкреслює актуальність і багатогранність досліджень адвентивних видів, що мають важливе наукове та практичне значення для забезпечення сталого розвитку екосистем і агровиробництва.

Економічний вплив інвазивних видів у Європі є добре задокументованим і має катастрофічні масштаби для аграрного сектору. Наприклад, *Conyza canadensis* L., широко поширений адвентивний вид, спричиняє значні втрати врожаю: при щільності популяції 150 рослин/м² врожайність сої знижується на 83%, а цукрових буряків — на 64%. У Німеччині цей вид створює додаткові труднощі для механізованого збирання врожаю навіть за мінімальної щільності (1 рослина/м²), оскільки його біомаса блокує роботу сільськогосподарської техніки, що призводить до зростання витрат на обробку полів і зниження ефективності виробництва. В Італії *Conyza canadensis* L. негативно впливає на виноградарство, зменшуючи відростання весняних бруньок виноградної лози на 28%, та завдає прямих збитків виноробній галузі, яка є ключовою складовою економіки регіону [24–26].

Інший небезпечний адвентивний вид, не треба колоча (*Xanthium strumarium* L.), активно засмічує посіви зернових і ширококорядних культур у зонах інтенсивного землеробства. Сьогодні ареал цього виду охоплює Середземномор'я, Балкани, Кавказ, Сибір, Центральну та Західну Азію, Гімалаї, Південну Африку, Північну Америку та південь України, де він становить серйозну загрозу для агровиробництва через високу плодючість і стійкість до агротехнічних заходів.

Полин однорічний (*Artemisia annua* L.) є прикладом виду з подвійним ефектом: з одного боку, його цінність у медицині зумовлена вмістом артемезиніну — речовини з антибактеріальними, протигрибковими та протиухлинними властивостями. З іншого боку, висока насіннева продуктивність зумовлює неконтрольоване поширення в агроекосистемах Німеччини та України. Ця амбівалентність ускладнює розробку стратегій управління, оскільки економічна вигода від використання виду суперечить його інвазійному потенціалу.

Найвиразнішим прикладом економічного й соціального тягаря є амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), боротьба з якою в Німеччині щорічно коштує €32 млн, що становить 20% національного екологічного бюджету. Окрім прямих витрат на контроль, амброзія спричиняє алергічні захворювання, такі як астма та сінна лихоманка, що підвищує витрати на охорону здоров'я та знижує якість життя населення, ускладнюючи регулювання через необхідність балансування між екологічними й медичними пріоритетами [27–29]. Антропогенна діяльність відіграє ключову роль у дестабілізації природних фітоценозів, сприяючи експансії адвентивних видів і зниженню біологічного різноманіття. Наприклад, гумай (*Sorghum halepense* L.) активно витісняє аборигенну флору, змінює хімічний склад ґрунтів через аелопатичні властивості та формує тривалі насінневі банки, що ускладнює його ерадикацію. Цей вид є токсичним для худоби, а його наявність у посівах знижує продуктивність сільськогосподарських культур, створюючи додатковий тиск на агроекосистеми [30].

Аналогічно, звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.) захопив понад 1 млн га території в Європі. Хоча його поширення було частково стримано завдяки біологічному контролю (введення спеціалізованого жука-шкідника), цей приклад ілюструє складність управління інвазивними видами та потребу в комплексних підходах.

Історичні дані вказують на те, що міжнародна торгівля та колонізація відіграли вирішальну роль у розселенні інвазивних видів. Наприклад, повитиця запашна (*Cuscuta odorata* L.) була завезена до Європи з Південної Америки разом із насінням люцерни та конюшини, після чого поширилася в Італії, Австрії, Угорщині та інших країнах, завдаючи шкоди агроекосистемам як паразитичний вид. Вероніка персидська (*Veronica persica* L.), інтродукована в Європу в 1805 році, стала типовим бур'яном Лісостепу України завдяки залізничним шляхам, що підкреслює значення транспортної інфраструктури як вектора поширення інвазивних видів [31–33].

Поширення адвентивних видів рослин на території України є складним процесом, зумовленим багатовіковою взаємодією історичних, антропогенних та екологічних факторів. Цей феномен відображає не лише природну адаптивність рослин, але й значний вплив людської діяльності — воєн, торгівлі, транспорту та колонізаційних процесів. Історичні дані свідчать про хвилеподібний характер інтродукції таких видів, що супроводжувався їх подальшою натуралізацією та екологічними трансформаціями.

Одним із перших задокументованих прикладів є занесення свербиги східної (*Bunias orientalis* L.) до Франції російськими військами в 1814 році під час наполеонівських воєн. Аналогічно, нетреба колюча (*Xanthium spinosum* L.) була інтродукована до Валахії у 1828 році внаслідок військових інтервенцій [34]. У період Першої світової війни та революційних подій 1917–1919 років до Приморського і Хабаровського країв росії з Європи потрапили енотера дворічна (*Oenothera biennis* L.) та хрінниця віргінська (*Cynanchum vincetoxicum* L.) [35]. Під час Другої світової війни в Україну з фуражем для худоби була завезена grindелія розчепірена (*Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal), що стало ще одним прикладом воєнного впливу на міграцію видів [36]. Ці історичні події ілюструють, як війни та пов'язана з ними міграція сприяли ненавмисному транспортуванню адвентивних рослин.

Процес інтродукції в Україну мав виражений хвилеподібний характер. Наприклад, вероніка персидська (*Veronica persica* Poir.) була завезена в 1805 році до ботанічного саду Карлсруе як декоративна рослина, звідки згодом поширилася на орні землі Європи, включно з Україною [37]. Незбутниця дрібноквіткова (*Galinsoga parviflora* Cav.) потрапила з Мексики до Берлінського ботанічного саду в 1880 році, після чого натуралізувалася в агроекосистемах Європи та України [38]. Щириця загнута (*Amaranthus retroflexus* L.), що походить із Північної Америки, проникла до Європи у XVIII столітті й активно закріпилася в Степовій та Лісостеповій зонах України [39]. Ці випадки демонструють роль ботанічних садів і торгівлі у формуванні адвентивної флори.

За даними Р. І. Бурди та співав., флора адвентивних рослин України налічує понад 700 видів, з яких більш ніж 500 є заносними. У польових екосистемах країни спонтанно зростає 944 види бур'янів, що становить приблизно 20% від загального видового різноманіття природної флори. Серед провідних родин адвентивних видів домінують *Asteraceae* (25 видів), *Poaceae* (13 видів), *Brassicaceae* (7 видів), а також *Amaranthaceae*, *Cucurbitaceae* та *Geraniaceae* (по 4 види). Регіональні дослідження підтвер-

джують значну присутність адвентивних видів у Лісостепу (114 видів), а також на Поліссі та у Степу, де їхній склад варіює залежно від екологічних умов [40].

Інвазійні адвентивні види суттєво трансформують природні екосистеми, витісняючи аборигенну флору та знижуючи біорізноманіття. Наприклад, *Cyclachaena xanthiifolia* L. домінує в природних угрупованнях із часткою 70–99%, витісняючи місцеві види, тоді як золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.) утворює щільні зарості, пригнічуючи трав'янисті рослини в напівприродних фітоценозах. В агроєкосистемах ці види завдають значних економічних збитків: *Amaranthus retroflexus* L. знижує врожайність кукурудзи на 30–50%, а *Cyclachaena xanthiifolia* L. утворює осередки високої щільності (80–120 рослин/м²) у просяних культурах.

Дослідження синантропної флори в міських екосистемах, зокрема у Львові, проведені М. Чубою та З. Мамчур, виявили 663 види судинних рослин із 382 родів і 103 родин. Провідними родинами є *Asteraceae* (15,2%), *Rosaceae* (7,4%), *Poaceae* (7,2%), *Fabaceae* (6,8%) та *Brassicaceae* (6,5%). Адвентивна фракція становить 49,6% (329 видів), із них 227 — кенофіти, 102 — археофіти. Найпоширенішими оселищами є узбіччя доріг, залізничні колії, смітники та покинуті території [41]. У Дрогобицькому районі Львівської області Я. Я. Павлишак і В. Я. Даньків зафіксували 28 адвентивних видів із 12 родин, із переважанням кенофітів (67,9%), таких як *Galinsoga parviflora* L., *Solidago canadensis* L. та *Reynoutria japonica* Houtt [42].

Серед найагресивніших адвентивних видів в Україні особливе місце посідає амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), яка за останні десятиліття стала об'єктом пильної уваги через її інвазійність та алергенні властивості. Уперше зафіксована у США в 1838 році, вона поширилася в Євразії, Африці та Австралії завдяки антропогенним факторам [43]. В Україні її первинний осередок пов'язаний із німецьким фармацевтом А. Крикером, який у 1914–1918 роках вирощував її як лікарську рослину поблизу станції Кудашівка (Дніпропетровська область). Уперше вид детально описаний у 1925 році на основі гербарного матеріалу, зібраного на Київщині. Існує версія, що армія генерала Денікіна завезла амброзію з насінням люцерни на схід України, звідки він поширився в Запорізькій, Донецькій і Луганській областях. Інше джерело розширення площ під амброзією було зареєстровано в 1946 р. при посіві перших партій пшениці, які були відправлені до СРСР із США. Сьогодні цей алергенний бур'ян поширений у всій країні, але найбільше у південній

і східній частинах України та на північному заході. Наприклад, у Вінницькій області станом на 2017 рік площа зараження сягала 2 160,79 га, а в Одеській області — 12 тис. га, із осередками в Окнянському (3 тис. га), Ширяївському (2 тис. га), Великомихайлівському та Березівському районах (по 1 тис. га) [44–46].

Дослідження вчених підтверджують, що інвазії чужорідних видів рослин є глобальною екологічною та економічною проблемою, яка набуває особливої актуальності для України. Фітоінвазії спричиняють значні економічні збитки в сільському господарстві та негативно впливають на біорізноманіття, знижуючи продуктивність культур, збільшуючи витрати на боротьбу з бур'янами і створюючи загрозу для здоров'я людини. Історичні дані свідчать про хвилеподібний характер інтродукції цих видів, що відбувався під впливом війн, міжнародної торгівлі та розвитку транспортної інфраструктури.

На основі праць вітчизняних і зарубіжних науковців чітко простежується закономірність: антропогенна діяльність є ключовим фактором, який сприяє поширенню адвентивних видів. Деградація природних екосистем, зокрема розорювання земель, вирубка лісів та урбанізація, створює сприятливі умови для успішного вкорінення й експансії чужорідної флори. Ця проблема потребує комплексного та скоординованого підходу на національному і міжнародному рівнях, охоплюючи моніторинг, прогнозування, впровадження біологічних методів контролю та підвищення екологічної свідомості громадян. Таким чином, дослідження фітоінвазій є не лише важливою науковою, а й нагальною практичною задачею.

ВИСНОВКИ

Адвентивні види — це рослини, які, потрапивши в нову місцевість за межами свого природного ареалу, успішно адаптувалися до місцевих умов і почали самостійно розповсюджуватися. Антропогенна діяльність, пов'язана з науково-технічним прогресом, відіграє ключову роль у поширенні адвентивної фітобіоти. Транспортні шляхи, зокрема автомобільні й залізничні, є основними каналами занесення адвентивних видів з інших регіонів України та з-за кордону.

Аналіз численних літературних джерел, присвячених синантропізації та адвентизації агроєкосистем, підтверджує, що проблема поширення адвентивних видів рослин є однією з пріоритетних у сучасній науці.

Вивчення, моніторинг і дослідження сучасного стану адвентивної флори, а також прогнозування її майбутніх змін, є необхідними

для розробки концепцій природокористування та заходів з охорони біорізноманіття. Проблема фітоінвазій (фітозабруднення) набуває глобального масштабу та привертає все більшу увагу ботаніків, екологів, аграріїв, медиків і фітосанітарних служб, оскільки спричиняє глобальні негативні наслідки для навколишнього середовища й суспільства.

Інвазійні види рослин потребують ретельного вивчення та застосування ефективних заходів для запобігання їх подальшому поширенню. Це допоможе уникнути значних екологічних проблем, пов'язаних із фітоінвазіями на загальнодержавному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Котов М. І. Адвентивні рослини УРСР. *Знання*. 1929. № 2. С. 28–32.
2. Протопопова В. В. Адвентивні рослини Лісостепу і Степу України. Київ: Наукова думка, 1973. 190 с.
3. Чужорідні види охоронних флор Лісостепу України / Р. І. Бурда, Н. А. Пашкевич, Г. В. Бойко, Т. В. Фіцайло. Київ: Наукова думка, 2015. 222 с.
4. Курдюкова О. М., Тишук О. П. Поширення та контролювання бур'янів роду Нетреба (*Xanthium* L.). *Карантин і захист рослин*. 2017. № 63. С. 98–103. URL: <https://journal.ipp.gov.ua/index.php/qz/article/view/65> (дата звернення: 30.09.2025).
5. Кочик Г. М., Ворона Л. І. Фітоценотичний контроль бур'янів у агроценозах зони Полісся. *Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН"*. 2008. Вип. 2. С. 3–10.
6. Забарна Т. А. Ботанічний склад посівів пшениці озимої залежно від дії попередника. *Корми та виробництво кормів*. 2019. Вип. 88. С. 71–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnnytstvo201988-10>
7. Інтегрований захист рослин / В. М. Писаренко та ін. Полтава: ПДАУ, 2020. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/academicdepartment/kafedra-zahyst-roslyn/pysarenkov.pdf> (дата звернення: 19.10.2025).
8. Blackburn T. M., Pyšek P., Bacher S. et al. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*. 2011. Vol. 26, no. 7. P. 333–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
9. Blackburn T. M., Essl F., Evans, T. et al. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology*. 2014. Vol. 12, no. 5. e1001850. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
10. Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M. et al. Plant invasion science in protected areas: progress and priorities. *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19, no. 5. P. 1353–1378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1367-z>
11. Pyšek P., Jarošík V., Hulme P. E. et al. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. *Global Change Biology*. 2012. Vol. 18, no. 5. P. 1725–1737. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02636.x>
12. Про запобігання проникненню і поширенню інвазійних чужорідних видів та управління ними: Регламент Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу від 22 жовт. 2014 р. № 1143/2014. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_032-14#Text (дата звернення: 14.10.2025).
13. Абдулова О. С., Карпенко Н. І. Трапляння чужинних інвазійних рослин в синтаксонах рослинності України. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2009. Т. 5, № 2. С. 189–198. DOI: <https://doi.org/10.14255/2308-9628/09.52/6>
14. Багрикова Н. А. Структурный анализ адвентивной фракции флоры Крымского полуострова (Украина). *Український ботанічний журнал*. 2013. Т. 70, № 4. С. 489–507. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.04.489>
15. Вихор Б., Проць Б. Інвазійні види рослин Закарпаття: екологічна характеристика та динамічні тенденції поширення. *Біологічні студії*. 2014. Т. 8, № 1. С. 171–186. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.0801.328>
16. Delivering alien invasive species inventories for Europe. DAISIE. URL: <http://www.europe-aliens.org> (accessed: 14.09.2025).
17. European alien species information network. EASIN. URL: <https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin> (accessed: 14.09.2025).
18. EPPO prioritization process for invasive alien plants. *EPPO Bulletin*. 2012. Vol. 42, no. 3. P. 463–474. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.2602>
19. Wilson J. R., Panetta F. D., Lindgren C. Detecting and responding to alien plant incursions. Cambridge University Press, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781316155318>
20. Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M. et al. Plant invasion science in protected areas: Progress and priorities. *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19, no. 5. P. 1353–1378. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1367-z>
21. Plant invasions in protected areas: patterns, problems and challenges / ed. by L. C. Foxcroft et al. Springer, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7750-7>
22. Invasive alien species pathway analysis and horizon scanning for countries in Northern Europe. *NOBANIS*, 2015. URL: <https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species-pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf> (accessed: 01.10.2025).
23. Конвенція про охорону біологічного різноманіття від 1992 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text (дата звернення: 14.09.2025).
24. Dawson W., Peyton J. M., Pescott O. L. et al. Horizon scanning for potential invasive non-native species across the United Kingdom Overseas Territories. *Conservation Letters*. 2023. Vol. 16, no. 2. e12928. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12928>
25. Vaseková B., Majorošová M., Belčáková I., Slobodník. B. Distribution and management of *Fallopia japonica* in riparian biotopes in Slovakia and Austria. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30, no. 4. P. 442–452. DOI: <https://doi.org/10.15421/012244>

26. Follak S., Essl F. Spread dynamics and agricultural impact of *Sorghum halepense*, an emerging invasive species in Central Europe. *Weed Research*. 2013. Vol. 53, no. 1. P. 53–60. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12000>
27. Skálová H., Guo W.-Y., Wild J., Pyšek P. Ambrosia artemisiifolia in the Czech Republic: history of invasion, current distribution and prediction of future spread. *Preslia*. 2017. Vol. 89, no. 1. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.23855/preslia.2017.001>
28. Пилипчук Т. В., Бунас А. А., Ткач Є. Д., Стародуб В. І. Проблема поширення золотарника канадського *Solidago canadensis* L. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. енергоощадність. *Збалансоване природокористування: тези доповіді VII Міжнар. конгресу (Львів, 12–14 жовт. 2022 р.)*. Львів, 2022. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2018/11960/importantdoc/abstracts2022_1.pdf (дата звернення: 05.10.2025).
29. Васильєва Т. В., Немецалов В. В., Коваленко С. Г. Екологічні особливості та динаміка родини айстрових у флорі міста Одеси за 100 років. *Екологічні науки*. 2019. № 3 (26). С. 99–104.
30. Bacher S., Galil B. S., Nuñez M. A. et al. Impacts of invasive alien species on nature, nature's contributions to people, and good quality of life. Thematic assessment report on invasive alien species and their control / ed. by H. E. Roy et al. IPBES, 2023.
31. Chauvel B., Fried G., Follak S. et al. Monographs on invasive plants in Europe № 5: *Ambrosia trifida* L. *Botany Letters*. 2021. Vol. 168, no. 3. P. 322–347. DOI: <https://doi.org/10.1080/23818107.2021.1879674>
32. Crop protection & the EU food system. Where are they going? / A. Buckwell, E. De Wachter, E. Nadeu, A. Williams. RISE Foundation, 2020. URL: https://risefoundation.eu/wp-content/uploads/2020/07/RISE_CP_EU_final.pdf (accessed: 10.10.2025).
33. Cardarelli E., Musacchio A., Montagnani C. et al. *Ambrosia artemisiifolia* control in agricultural areas: effect of grassland seeding and herbivory by the exotic leaf beetle *Ophraella communa*. *NeoBiota*. 2018. Vol. 38. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3897/neobiota.38.23562>
34. CARE Principles for Indigenous Data Governance. *Global Indigenous Data Alliance*. 2019. URL: <https://www.gida-global.org/care> (accessed: 10.10.2025).
35. Джуренко Н. І., Коваль І. В. Адвентивний вид *Solidago canadensis* L. та можливості використання. *Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, збереженні та охороні рослинного світу: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф.* (Київ, 23–25 квіт. 2018 р.). Київ, 2018. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u260/materiali_mizhnarodnoyi_naukovo-praktichnoyi_konferenciyi_tezi_dopovidey_23-25.04.2018_ost.pdf (дата звернення: 14.10.2025).
36. Івашенко О. О. Екологічне контролювання бур'янів у ширококорядних посівах. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 3. С. 6–9. URL: <https://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/45/3-2014-pdf> (дата звернення: 14.10.2025).
37. Бурда Р. І. Фітоінвазії в агроекосистемах. *Синантропізація рослинного покриву України: тези доп. наук. конф.* (Переяслав-Хмельницький, 2006 р.). Переяслав-Хмельницький, 2006.
38. Курдюкова О. М., Тишук О. П. Забур'яненість ґрунту насінням бур'янів та заходи її зменшення. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 65. С. 100–110.
39. Курдюкова О. М., Тишук О. П. Десять найрозповсюдженіших бур'янів степів України та їх контроль. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 7–9. С. 15–16. URL: <https://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/22/7-9-2017-pdf> (дата звернення: 12.10.2025).
40. Кучер О. О. Історичний огляд основних класифікацій видів адвентивних рослин. *Біологічні студії*. 2014. Т. 8, № 1. С. 247–254.
41. Чуба М., Мамчур З. Апофіти і адвентивні види у флорі м. Львова. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2018. Вип. 77. С. 109–118.
42. Павлишак Я. Я., Даньків В. Я. Аналіз адвентивної фракції флори Дрогобицького району. *Екологічні науки*. 2022. № 4 (43). С. 154–157. URL: <http://eoj.dea.kiev.ua/archives/2022/4/25.pdf> (дата звернення: 09.10.2025).
43. Богословська М. С., Стародуб В. І., Ткач Є. Д. Особливості поширення *Ambrosia artemisiifolia* L. у фітоценозах селітебних територій Вінничини. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2012. № 7 (37).
44. Марьюшкіна В. Я. Амброзия полыннолистная и основы биологической борьбы с ней. Киев: Наукова думка, 1986. 120 с.
45. Родінкова В. В., Мазур О. І., Слободянюк Л. В., Мотрук І. І. Аналіз сезонної та добової динаміки розповсюдження пилку *Ambrosia* у повітрі Вінницького регіону. *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Сер.: Біологія*. 2012. Вип. 17. С. 49–52.
46. Неїлик М. М., Цицюра Я. Г. Амброзия полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.): систематика, біологія, адаптивний потенціал та стратегія контролю. Вінниця: Друк плюс, 2020. 250 с.

**STATUS AND STUDY OF THE PROBLEM OF ALIEN PLANT SPECIES
SPREAD IN AGROECOSYSTEMS OF UKRAINE:
GLOBAL CHALLENGES AND NATIONAL PROSPECTS**

Starodub V.

Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

e-mail: myrzavica88@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3883-9453>

The article presents a comprehensive analysis of the scientific achievements of Ukrainian researchers in studying the problem of the spread of alien (adventive) plant species on the territory of Ukraine. Based on the systematization of a significant body of literature (including monographs, articles in leading professional journals, and proceedings of international and national conferences), the results of studies dedicated to the adventive fraction of the phytobiota actively invading ecosystems across various regions of Ukraine are described in detail. These studies cover a wide range of issues, from the taxonomic identification of alien species to the assessment of the ecological consequences of invasive processes. Ukrainian scientists apply diverse methodological approaches, including classic floristic and geobotanical descriptions, long-term monitoring of the spread dynamics of key invasive species, experimental research into their competitive interactions with native flora, and mathematical modeling of potential distribution ranges. The main contribution lies in the systematic collection, in-depth systematization, generalization, and comprehensive ecological and botanical analysis of data on adventive species. This includes critical information regarding introduction pathways, the rate of their propagation, the adaptive mechanisms ensuring their success, and the degree of impact on indigenous coenoses. Particular emphasis is placed on investigating the ecological niches effectively occupied by adventive species and their aggressive ability to displace native species, often leading to the formation of monodominant communities and a reduction in local biodiversity. It has been determined that the key factors contributing to successful adventisation are significant disturbances to natural ecosystems resulting from intense anthropogenic activity. These include intensive agricultural production, rapid urbanization, the construction of transportation routes (which serve as dispersal corridors), and global climate change. The study highlights that investigating the processes of invasion and adventisation of the Ukrainian flora is of paramount importance in the context of biological pollution (bio-threats) and ensuring biodiversity conservation. Biological pollution caused by invasive species constitutes a significant threat to ecological stability, sustainable economic development, and even public health. The research conducted by Ukrainian scientists enables a precise assessment of the problem's scale and the identification of the most aggressive invasive transformer species, which is a necessary foundation for developing effective strategies for their control and management. The research materials convincingly confirm that the dynamics of adventive species spread directly correlate with the level of anthropogenic load. The increasing intensity of human economic activity (including unregulated deforestation, massive ploughing of lands, recreational overload, as well as changes in the hydrological regime of territories) causes the degradation of natural ecosystems. This, in turn, creates ideal conditions for the penetration, establishment, and expansion of alien species by reducing the competitiveness of the native flora.

Keywords: invasive species, phytobiota, agroecosystem, invasion, biological pollution, flora.

REFERENCES

1. Kotov, M. I. (1929). Adventive plants of the Ukrainian SSR. *Znannia*, 2, 28–32.
2. Protopopova, V. V. (1973). *Adventive plants of the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka.
3. Burda, R. I., Pashkevych, N. A., Boiko, H. V., & Fitsailo, T. V. (2015). *Alien species of protected floras of the Forest-Steppe zone of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka.
4. Kurdiukova, O. M., & Tyshchuk, O. P. (2017). Spread and control of weeds of the *Xanthium* (L.) genus. *Quarantine and Plant Protection*, 63, 98–103. Retrieved from <https://journal.ipp.gov.ua/index.php/qzr/article/view/65>
5. Kochyk, H. M., & Vorona, L. I. (2008). Phytocoenotic control of weeds in agrocenoses of the Polissia zone. *Scientific works of the National Scientific Center "Institute of Soil Science and Agrochemistry of NAAS"*, 2, 3–10.
6. Zabarna, T. A. (2019). Botanical composition of winter wheat crops depending on the effect of the predecessor. *Feeds and Feed Production*, 88, 71–78. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo201988-10
7. Pysarenko, V. M., Pishchalenko, M. A., Pospielova, H. D., Horb, O. O., Kovalenko, N. P., & Sherstiuk, O. L. (2020). *Integrated plant protection*. Poltava: PDAU. Retrieved from <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/academicdepartment/kafedra-zahyst-roslyn/pysarenkov.pdf>
8. Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., & Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333–339. doi: 10.1016/j.tree.2011.03.023
9. Blackburn, T. M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Kühn, I., & Bacher, S. (2014). A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology*, 12(5), e1001850. doi: 10.1371/journal.pbio.1001850
10. Foxcroft, L. C., Pyšek, P., Richardson, D. M., Genovesi, P., & MacFadyen, S. (2017). Plant invasion science in protected areas: Progress and priorities. *Biological Invasions*, 19(5), 1353–1378. doi: 10.1007/s10530-016-1367-z
11. Pyšek, P., Jarošík, V., Hulme, P. E., Pergl, J., Hejda, M., Schaffner, U., & Vilà, M. (2012). A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: The interaction of impact measures, invading species' traits and environment. *Global Change Biology*, 18(5), 1725–1737. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02636.x
12. Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council No. 1143/2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. (2014, October). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_032-14#Text
13. Abduioieva, O. S., & Karpenko, N. I. (2009). The occurrence of alien invasive plants in the vegetation syntaxa of Ukraine. *Black Sea Botanical Journal*, 5(2), 189–198. doi: 10.14255/2308-9628/09.52/6

14. Bahrykova, N. A. (2013). Structural analysis of the adventive fraction of the flora of the Crimean Peninsula (Ukraine). *Ukrainian Botanical Journal*, 70(4), 489–507. doi: 10.15407/ukrbotj70.04.489
15. Vykhov, B., & Prots, B. (2014). Invasive plant species of Transcarpathia: Ecological characteristics and dynamic trends of distribution. *Biological Studies*, 8(1), 171–186. doi: 10.30970/sbi.0801.328
16. DAISIE. (n.d.). Delivering alien invasive species inventories for Europe. Retrieved from <http://www.europe-aliens.org>
17. EASIN. (n.d.). *European alien species information network*. Retrieved from <https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin>
18. EPPO. (2012). EPPO prioritization process for invasive alien plants. *EPPO Bulletin*, 42(3), 463–474. doi: 10.1111/epp.2602
19. Wilson, J. R., Panetta, F. D., & Lindgren, C. (2017). *Detecting and responding to alien plant incursions*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781316155318
20. Foxcroft, L. C., Pyšek, P., Richardson, D. M., Genovesi, P., & MacFadyen, S. (2017). Plant invasion science in protected areas: Progress and priorities. *Biological Invasions*, 19(5), 1353–1378. doi: 10.1007/s10530-016-1367-z
21. Foxcroft, L. C., Pyšek, P., Richardson, D. M., & Genovesi, P. (Eds.). (2013). *Plant invasions in protected areas: Patterns, problems and challenges*. Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-7750-7
22. NOBANIS. (2015). *Invasive alien species pathway analysis and horizon scanning for countries in Northern Europe*. Retrieved from <https://www.nobanis.org/globalassets/nobanis-projects/invasive-alien-species-pathway-analysis-and-horizon-scanning-for-countries-in-northern-europe.pdf>
23. Convention on Biological Diversity. (1992). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text
24. Dawson, W., Peyton, J. M., Pescott, O. L., Adriaens, T., Cottier-Cook, E. J., Frohlich, D. S., ... Roy, H. E. (2023). Horizon scanning for potential invasive non-native species across the United Kingdom Overseas Territories. *Conservation Letters*, 16(2), e12928. doi: 10.1111/conl.12928
25. Vaseková, B., Majorošová, M., Belčáková, I., & Slobodník, B. (2022). Distribution and management of *Fallopia japonica* in riparian biotopes in Slovakia and Austria. *Biosystems Diversity*, 30(4), 442–452. doi: 10.15421/012244
26. Follak, S., & Essl, F. (2013). Spread dynamics and agricultural impact of *Sorghum halepense*, an emerging invasive species in Central Europe. *Weed Research*, 53(1), 53–60. doi: 10.1111/wre.12000
27. Skálová, H., Guo, W., Wild, J., & Pyšek, P. (2017). *Ambrosia artemisiifolia* in the Czech Republic: History of invasion, current distribution and prediction of future spread. *Preslia*, 89(1), 1–16. doi: 10.23855/preslia.2017.001
28. Pylypchuk, T. V., Bunas, A. A., Tkach, Ye. D., & Starodub, V. I. (2022). The problem of the spread of Canadian goldenrod *Solidago canadensis* L. *Sustainable development: Environmental protection, energy saving, and balanced land use: Abstracts of the VII International Congress* (Lviv, October 12–14, 2022). Lviv.
29. Vasylieva, T. V., Niemertsalov, V. V., & Kovalenko, S. G. (2019). Ecological features and dynamics of the Asteraceae family in the flora of the city of Odesa over 100 years. *Ecological Sciences*, 3(26), 99–104.
30. Bacher, S., Galil, B. S., Nuñez, M. A., Ansong, M., Cassey, P., Dehnen-Schmutz, K., ... Ryan-Colton, E. (2023). Impacts of invasive alien species on nature, nature's contributions to people, and good quality of life. In H. E. Roy, A. Pauchard, P. Stoett, & T. R. Truong (Eds.), *Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control* (Ch. 4). IPBES.
31. Chauvel, B., Fried, G., Follak, S., Chapman, D., Kulakova, Y., Le Bourgeois, T., & Regnier, E. (2021). Monographs on invasive plants in Europe No. 5: *Ambrosia trifida* L. *Botany Letters*, 168(3), 322–347. doi: 10.1080/23818107.2021.1879674
32. Buckwell, A., De Wachter, E., Nadeu, E., & Williams, A. (2020). Crop protection & the EU food system. Where are they going? *RISE Foundation*. Retrieved from https://risefoundation.eu/wp-content/uploads/2020/07/RISE_CP_EU_final.pdf
33. Cardarelli, E., Musacchio, A., Montagnani, C., Bogliani, G., Citterio, S., & Gentili, R. (2018). *Ambrosia artemisiifolia* control in agricultural areas: Effect of grassland seeding and herbivory by the exotic leaf beetle *Ophraella communa*. *NeoBiota*, 38, 1–22. doi: 10.3897/neobiota.38.23562
34. GIDA. (2019). *CARE Principles for Indigenous Data Governance*. Retrieved from <https://www.gida-global.org/care>
35. Dzhurenko, N. I., & Koval, I. V. (2018). Adventive species *Solidago canadensis* L. and its usage possibilities. In *Floral and cenotic diversity in the restoration, preservation, and protection of plant life* (pp. 23–25). Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Retrieved from https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u260/materiali_mizhnarodnoyi_naukovo-praktichnoyi_konferenciyi_tezi_dopovidey_23-25.04.2018_ost.pdf
36. Ivashchenko, O. O. (2014). Ecological control of weeds in wide-row crops. *Quarantine and Plant Protection*, 3, 6–9. Retrieved from <https://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/45/3-2014-pdf>
37. Burda, R. I. (2006). Phytoinvasions in agroecosystems. In *Synanthropization of the plant cover of Ukraine: Abstracts of scientific conference*. Pereiaslav-Khmelnitskyi.
38. Kurdiukova, O. M., & Tyshchuk, O. P. (2015). Soil weed seed bank and measures for its reduction. *Quarantine and Plant Protection*, 65, 100–110.
39. Kurdiukova, O. M., & Tyshchuk, O. P. (2017). Ten most common weeds of the Ukrainian steppes and their control. *Quarantine and Plant Protection*, 7–9, 15–16. Retrieved from <https://kr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/22/7-9-2017-pdf>
40. Kucher, O. O. (2014). Historical review of the main classifications of adventive plant species. *Biological Studies*, 8(1), 247–254.
41. Chuba, M., & Mamchur, Z. (2018). Apophytes and adventive species in the flora of Lviv. *Visnyk of Lviv University. Biological Series*, 77, 109–118.
42. Pavlyshak, Ya. Ya., & Dankiv, V. Ya. (2022). Analysis of the adventive fraction of the flora of the Drohobych district. *Ecological Sciences*, 4(43), 154–157. Retrieved from <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2022/4/25.pdf>

43. Bohoslovska, M. S., Starodub, V. I., & Tkach, Ye. D. (2012). Features of the distribution of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the phytocoenoses of residential areas of the Vinnytsia region. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 7(37).
44. Mariushkina, V. Ya. (1986). *Ambrosia artemisiifolia* L. and the basics of biological control against it. Kyiv: Naukova Dumka.
45. Rodinkova, V. V., Mazur, O. I., Slobodanyuk, L. V., & Motruk, I. I. (2012). Analysis of seasonal and daily dynamics of *Ambrosia* pollen distribution in the air of the Vinnytsia region. *Visnyk of Prykarpattia National University named after Vasyl Stefanyk. Biological Series*, 17, 49–52.
46. Neilyk, M. M., & Tsytsiura, Ya. H. (2020). *Common ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.): Systematics, biology, adaptive potential, and control strategy*. Vinnytsia: Druk Plus.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

СТАРОДУБ Вікторія Іванівна — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії екологічного оцінювання агроекосистем, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: myrzavica88@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3883-9453>).

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

Український уряд ухвалив другий Національно визначений внесок (НВВ) до Паризької угоди, що передбачає скорочення викидів парникових газів. Відповідне розпорядження з'явилося на Урядовому порталі. До 10 листопада МЗС має надіслати НВВ2 секретаріату Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Мінекономіки координувало підготовку проєкту НВВ2 за підтримки ІКІ Interface: GreenUkraine, що реалізується GIZ за дорученням уряду Німеччини. “Оновлений внесок — це про адаптацію до зміни клімату, справедливу трансформацію економіки та збереження біорізноманіття. Це стратегія, яка поєднує кліматичну політику, відновлення і європейську інтеграцію”, — наголосив **Павло Карташов**. Як повідомляла ЕкоПолітика, у червні Міндовкілля у проєкті НВВ2 визначало рівень скорочення викидів парникових газів на рівні 68–73%. Тоді ж уряд зіткнувся із критикою з боку промисловців. Зокрема, Європейська Бізнес Асоціація наполягала на врахуванні актуальної економічної ситуації й перегляді НВВ. Міжнародний досвід демонструє, що НВВ — це більше про пошук компромісів усередині країни та спроби мати кращий вигляд на тлі інших держав.

ВПЛИВ СИДЕРАЦІЇ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

А. М. Ліщук

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

І. М. Городиська

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>

Ю. В. Терновий

кандидат сільськогосподарських наук
Скви́рська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН (м. Сквиря, Україна)
e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

Ю. А. Кравчук

аспірант
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: krav4uck81@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6878-7700>

У статті розглянуто актуальне питання використання сидерації як екологічно безпечного методу підвищення родючості ґрунту в умовах органічного землеробства. Основну увагу зосереджено на ролі сидеральних культур (гороху, вики ярої, редьки олійної, гірчиці жовтої, розторопші плямистої) як ключового агротехнічного прийому для поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту. Метою роботи є вивчення впливу сидеральних культур на формування агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема його щільності та водоутримувальної здатності, в умовах органічного землеробства. Експериментально доведено, що використання сидератів ефективно запобігає ущільненню ґрунту. На ділянках із сидератами щільність ґрунту утримується в межах 1,13–1,17 г/см³, тоді як на контролі (чорний пар) вона зростає до 1,19 г/см³. Після заорювання біомаса зумовлює зниження щільності до оптимальних 1,11–1,12 г/см³ на ділянках із викою ярою, горохом, розторопшею плямистою та редькою олійною. Підтверджено ефективність сидерації у відновленні водного балансу ґрунту. Втрати продуктивної вологи на ділянках із сидеральними культурами значно менші (38,9–45,6%) порівняно з контролем (чорний пар) (51,8%), що дає змогу відновити запаси вологи до 189–195 мм перед посівом основної культури у сівозміні — пшениці озимої. Найкращі результати щодо стабілізації щільності та вологозбереження показали редька олійна та розторопша плямиста. Обґрунтовано, що розторопша плямиста є перспективною сидеральною культурою, але її впровадження потребує ретельного планування через певні недоліки, такі як повільний початковий розвиток, що може зумовлювати значну конкуренцію з бур'янами на ранніх етапах вегетації, і висока вартість насіння. Отримані дані дають змогу обґрунтувати роль сидерації в збереженні та підвищенні родючості ґрунтів, а також розробити науково-практичні рекомендації для ефективного ведення органічного землеробства. Дослідження підтверджують необхідність використання сидерації як важливого елемента сталого агровиробництва, особливо в умовах зміни клімату та обмеженості водних ресурсів.

Ключові слова: сидеральні культури, родючість ґрунту, деградація, водоутримувальна здатність, щільність ґрунту, водний баланс, органічна речовина ґрунту, біомаса.

ВСТУП

Проблема збереження якості та родючості ґрунтів є сьогодні надзвичайно актуальною, оскільки ці ресурси є вичерпними й потребують дбайливого використання. Швидкий розвиток інтенсивного землеробства, що стало основною тенденцією останніх десятиліть, спричинив деградацію значних площ ґрунтів. Це призведе

до зниження їхньої родючості, виснаження запасів органічної речовини та порушення природних фізичних і біологічних процесів. Надмірне застосування мінеральних добрив, пестицидів і глибокого механічного обробітку ґрунту руйнує його структуру, знижує здатність до самовідновлення та посилює ерозійні процеси.

Агрофізичні властивості ґрунту, що визначають водно-повітряний, тепловий режими, інтенсивність мікробіологічних процесів і доступність поживних речовин, є основою його родючості та продуктивності. Такі властивості безпосередньо впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. В умовах органічного землеробства, яке не допускає застосування синтетичних добрив і пестицидів, особливу роль відіграють агротехнічні прийоми, які природним шляхом покращують структуру ґрунту.

Оптимальні агрофізичні властивості ґрунту, необхідні для ефективного росту сільськогосподарських культур, можуть бути досягнуті за рахунок використання сидеральних культур. Коренева система цих рослин механічно руйнує ущільнені шари ґрунту, сприяючи утворенню капілярів і збільшенню загальної пористості. Коли органічна біомаса сидератів потрапляє в ґрунт, вона збагачує його гумусом, який забезпечує формування міцних ґрунтових агрегатів і підвищення вмісту органічної речовини [1]. Це, своєю чергою, покращує водно-повітряний режим, водоутримувальну здатність ґрунту і його стійкість до ерозійних процесів та ущільнення [2–4].

Агрофізичні властивості ґрунту, такі як щільність, пористість, водопроникність, капілярність і пластичність, є надзвичайно важливими для його функціонування та росту й розвитку сільськогосподарських культур.

Сучасні тенденції у сфері сільського господарства потребують перегляду традиційних підходів до землекористування. Зараз настав визначальний час, коли необхідно змінювати принципи господарювання на екологічно безпечні та збалансовані. Одним із найперспективніших напрямів є органічне землеробство. Серед його основних завдань — підвищення вмісту гумусу та поживних елементів, підтримка біологічної активності ґрунту і зменшення негативного впливу хімічних засобів. Цього можна досягти шляхом упровадження науково обґрунтованої сівозміни з обов'язковою ланкою сидеральних культур, внесення органічних добрив і біологічних препаратів, а також мінімізації механічного обробітку ґрунту. Такий підхід забезпечить стале агровиробництво, підвищить стійкість агроecosystem і дасть змогу відновити природний потенціал ґрунту, забезпечуючи його довготривалу продуктивність та адаптацію до кліматичних змін.

Вплив сидератів на агрохімічні параметри ґрунту (наприклад, уміст поживних речовин, кислотність) є добре вивченим, однак їхня роль у поліпшенні агрофізичних властивостей (таких як щільність, водопроникність, структура), особ-

ливо в умовах органічного землеробства, потребує додаткових досліджень. З огляду на це, **метою роботи** є вивчення впливу сидеральних культур на формування агрофізичних властивостей ґрунту (зокрема його щільності та водопроникності) в умовах органічного землеробства. Отримані дані дають змогу обґрунтувати роль сидерації в збереженні та підвищенні родючості ґрунтів і розробити науково-практичні рекомендації для ефективного ведення органічного землеробства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вплив сидеральних культур на фізичні властивості ґрунту є предметом численних досліджень у світовій науці. Основними агрофізичними властивостями ґрунту, що суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, є щільність складення ґрунту (щільність ґрунту) та його структурний стан. Вивченням цього питання займалися як класики аграрної науки, так і сучасні вчені. Наукове обґрунтування структури, механічного складу та механізмів реагування ґрунту на вплив різних зовнішніх факторів є результатом багаторічних досліджень видатних учених, таких як В. Р. Вільямс, Н. А. Качинський, П. А. Костичев, В. В. Медведєв, О. А. Роде та ін. Їхні роботи створили міцну теоретичну базу для розуміння ґрунтових процесів. Однак більшість цих досліджень не враховувала сучасні аспекти органічного землеробства, де відмова від синтетичних добрив і пестицидів висуває нові вимоги до агротехнічних прийомів.

Зокрема, праці відомого українського ґрунтознавця В. В. Медведєва [5; 6] є основоположними для сучасних агрофізичних досліджень в Україні, оскільки він зробив значний внесок у вивчення характеристик ґрунтів, зокрема їх ущільнення. Питаннями подолання проблем агрофізичної деградації ґрунтів та їх відновлення займалися такі вчені, як С. Булигін із співавторами [7], Я. Г. Цицюра та ін. [8], С. Ф. Разанов із колегами [9], Н. І. Бурлака та В. В. Панько [10] та інші. Автори вважають, що сидерація є одним із найважливіших шляхів покращення не лише агрохімічних, а й агрофізичних властивостей ґрунту. Дослідники підкреслюють, що використання сидератів збагачує ґрунт органічною речовиною та поживними елементами, а також є ефективним засобом захисту від ерозії, покращення водоутримувальної здатності й щільності. Рослинний покрив сидеральних культур запобігає вимиванню та вивітрюванню верхнього, найбільш родючого шару ґрунту, що є основою для його збереження і підвищення урожайності сільськогосподарських культур [11].

Сучасні дослідження Я. Г. Цицюри з колегами підтверджують, що сидерати є визнаним інструментом для поліпшення структури ґрунту [8]. Їхня коренева система механічно розпушує ущільнені шари, збільшуючи загальну пористість і водопроникність.

Вплив сидерації на фізичні властивості ґрунту підтверджений низкою результатів міжнародних досліджень, які свідчать про позитивний вплив сидеральних культур на щільність, структуру і водоутримувальну здатність ґрунту. Науковці доводять, що біомаса, яка залишається в ґрунті після заорювання, значно підвищує вміст органічної речовини, що забезпечує формування стійких ґрунтових агрегатів і запобігає ерозії. Так, колектив учених з Індії та США засвідчив значне зниження щільності ґрунту та підвищення його інфільтраційних властивостей за використання різних видів сидератів у субтропічному кліматі [12], а E. Alidoust із колегами довели, що сидерати збільшують макропори та агрегатну стабільність ґрунту, що зумовлює його стійкість до ерозійних процесів [13]. Також L. Zijian та ін. підтвердили покращення структури ґрунту та підвищення його родючості завдяки використанню зелених добрив [14].

У регіонах із нестабільним зволоженням продуктивна волога ґрунту є основним фактором, що визначає врожайність і стійкість аграрного виробництва. Достатня кількість вологи в ґрунті не лише забезпечує умови для росту та розвитку рослин, а й впливає на життєдіяльність мікроорганізмів, інтенсивність розкладання органічних сполук і доступність поживних речовин [15; 16].

Кількість вологи в ґрунті значною мірою залежить від попередника. Культури-попередники впливають на водний режим ґрунту через зміну його структури, інтенсивність випаровування, особливості корневих залишків, рівень органічної маси. Наприклад, "виснажливі" культури, такі як соняшник і кукурудза, можуть призводити до значного зниження запасів вологи та ущільнення ґрунту. Натомість, глибококореневі культури, як-от люцерна, сприяють кращій інфільтрації води та її накопиченню в нижніх шарах.

Я. Г. Цицюра дослідив, що коренева система сидератів покращує вологозабезпечення ґрунту, оскільки розпушує його, утворюючи канали. Це сприяє кращому проникненню води, зменшенню поверхневого стоку та поліпшенню структури [17]. Сидеральна біомаса створює на поверхні ґрунту мульчуючий шар, який захищає від пересихання та знижує інтенсивність випаровування вологи, особливо в посушливі періоди.

Отже, раціонально побудована сівозміна, що охоплює сидеральні культури, дає змогу ефективно керувати водним режимом ґрунту, підтримувати його родючість та забезпечувати стабільну врожайність.

Незважаючи на значний обсяг опублікованих даних, комплексний вплив сидерації на фізичні властивості ґрунту саме в умовах органічного землеробства залишається недостатньо вивченим, що зумовлює необхідність всебічного вивчення впливу сидеральних культур на формування агрофізичних властивостей ґрунту (зокрема його щільності та водопроникності) в цих умовах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польовий дослід із вивчення впливу сидеральних культур на агрофізичні властивості ґрунту проводили у 2024 році на Сквирській дослідній станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН (СДСОВ ІАП НААН). Територія дослідження розташована в південно-західній частині Київської області в межах рівнинного чорноземного агроґрунтового мікрорайону. Клімат на території СДСОВ ІАП НААН є помірно континентальним. Середня температура січня — $-6,4^{\circ}\text{C}$, липня — $+19,6^{\circ}\text{C}$. Середня багаторічна температура за рік становить $+7^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура повітря влітку — понад $+30^{\circ}\text{C}$, а мінімальна температура взимку знижується до -30°C . Середньорічна кількість опадів — 550 мм. Абсолютний максимум температури повітря дорівнює 38°C , мінімум — $-32,4^{\circ}\text{C}$. Середньорічна відносна вологість повітря — 74%. Ґрунтові води залягають на глибині близько 20 м від поверхні. Річки Роставиця та Сквирка (притоки річки Рось) не мають значного впливу на гідрологічний режим місцевості; єдиним джерелом забезпечення рослин вологою є атмосферні опади.

Ґрунт дослідних полів — чорнозем малогумусний крупнопилкувато-середньосуглинковий за механічним складом.

Схема дослідів охоплювала наступні варіанти: 1 — контроль (чорний пар); 2 — горох на зерно (товарний посів); 3 — горох (сидерат); 4 — вика яра (сидерат); 5 — редька олійна (сидерат); 6 — гірчиця жовта (сидерат); 7 — розторопша плямиста (сидерат).

Розмір облікової ділянки в досліді становив 300 м^2 , повторення дослідів — триразове. Фізичні властивості ґрунту на дослідних ділянках вимірювали тричі: перед посівом сидератів, після їх заорювання в ґрунт і перед посівом наступної культури в сівозміні (пшениці озимої).

Для аналізу агрофізичних властивостей ґрунту використано загальноприйняті методики. Щільність ґрунту визначали пошарово, через кожні 10 см, до глибини 30 см за допомогою методу ріжучого кільця (ДСТУ ISO 11272–2001). Запаси продуктивної вологи вимірювали в шарі ґрунту 0–100 см термостатно-ваговим методом. Для аналізу отриманих даних застосовували дисперсійний метод із використанням програми Microsoft Office Excel, а для систематичної оцінки — структурно-логічний аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вплив сидерації на щільність ґрунту.

Наші дослідження засвідчили, що вирощування сидеральних культур суттєво впливає на фізичні властивості ґрунту, зокрема на його щільність, яка є динамічним показником, чутливим до агротехнічних заходів і погодно-кліматичних умов. Початкова щільність ґрунту на дослідних ділянках становила 1,12 г/см³, що, згідно з даними [11; 18], відповідає оптимальним показникам для ґрунтів важкого гранулометричного складу.

Результати дослідження динаміки щільності ґрунту протягом вегетації сидеральних культур показали, що зміни цього показника відбулися як на ділянках із сидератами після їх заорювання, так і в контрольному варіанті (чорний пар). На контролі цей показник зріс до 1,19 г/см³, що свідчить про ущільнення на 0,07 г/см³, імовірно, через відсутність рослинного покриву та несприятливі погодні умови 2024 року за тривалої відсутності опадів, високих температур, що спричинили пересушування ґрунту (рис. 1).

На ділянках із сидератами показники щільності також зросли, але залишалися значно нижчими, ніж на контролі, що підтверджує захисний ефект сидеральних культур. Найменше ущільнення ґрунту спостерігалось на ділянках із викою ярою (1,13 г/см³), трохи більше — на ділянках із горохом (1,14 г/см³), редькою олійною та розторопшею плямистою (по 1,15 г/см³), а найвище — на ділянках із гірчицею жовтою (1,17 г/см³).

У період перед посівом пшениці озимої спостерігалася стабілізація щільності ґрунту. На ділянці із сидератом редькою олійною цей показник повернувся до початкового значення — 1,12 г/см³. Водночас на ділянках із сидеральними культурами — горохом, викою ярою та розторопшею плямистою — щільність навіть дещо знизилася до 1,11 г/см³, що свідчить про їхній сприятливий вплив на структуру ґрунту. Це підтверджує, що сидерація є ефективним методом для підтримання оптимальної щільності.

Встановлено, що коливання показників щільності пов'язані з фізіологічними особливостями сидератів: кількістю сформованої біомаси, глибиною проникнення кореневої системи та особливостями кореневих виділень. Потужна коренева система, особливо в редьки олійної та розторопші плямистої, сприяє глибокому розпушенню ґрунту, запобігаючи його ущільненню. Розкладаючись, зелена маса покращує структуру та пористість, що допомагає підтримувати оптимальні значення щільності.

Оптимальна щільність ґрунту є важливим фактором, що впливає на продуктивність ґрунту та врожайність культур. Адже, за даними

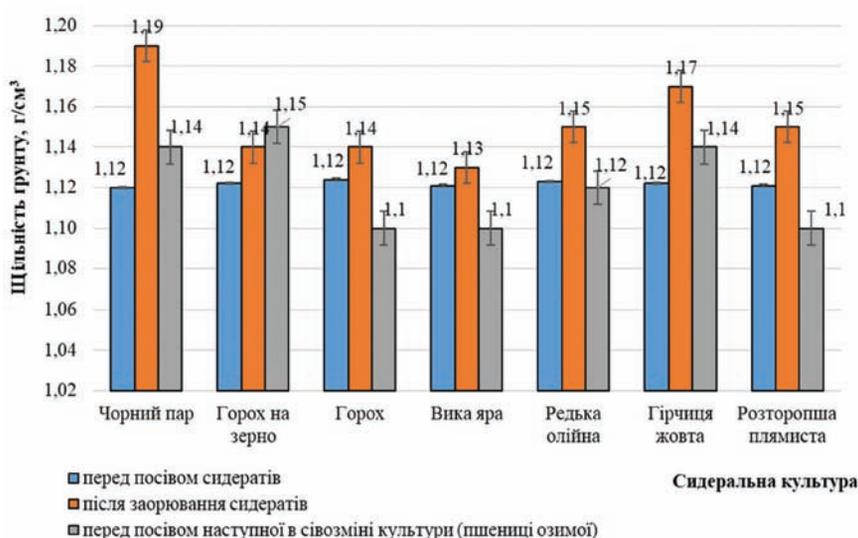


Рис. 1. Вплив сидерації на щільність ґрунту

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.

Ю. П. Манко та інших, відхилення щільності ґрунту на $0,1-0,2 \text{ г/см}^3$ від оптимальних значень може спричинити зниження врожайності на 20–40% [18]. Це пояснюється тим, що надмірно розпушений ґрунт швидко висихає, втрачаючи капілярну вологу, що особливо небезпечно для насіння. Через недостатній контакт із ґрунтом ускладнюється поглинання води та поживних речовин, необхідних для проростання [19]. З іншого боку, занадто ущільнений ґрунт перешкоджає росту коренів, обмежує доступ кисню та знижує ефективність водопоглинання, що негативно впливає на загальний розвиток рослин [20]. Дотримання оптимальної щільності, навпаки, сприяє рівномірному проростанню насіння та прискорює появу сходів на 2–3 дні, забезпечуючи формування потужної кореневої системи та активне наростання вегетативної маси, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на врожайність [11].

Отже, сидерація сприяє підтриманню оптимальної щільності ґрунту в межах $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$ завдяки механічному розпушенню кореневою системою та покращенню структури ґрунту органічною масою. Найкращі результати щодо стабілізації щільності показали редька олійна та розторопша плямиста.

Вплив сидерації на динаміку запасів продуктивної води в ґрунті. Аналіз динаміки запасів продуктивної води в шарі ґрунту 0–100 см показав, що несприятливі погоднокліматичні умови 2024 року призвели до значного зниження її запасів на всіх ділянках із застосуванням сидерації. Встановлено, що у контрольному варіанті (чорний пар) вологозабезпечення знизилося на 51,8% (до 94 мм), що

було наслідком інтенсивного випаровування з відкритої поверхні. На ділянках, де вирощувалися сидеральні культури, втрати води були меншими завдяки рослинному покриву: посіви вики ярої забезпечують найменші втрати — лише 38,9% (119 мм), тоді як на ділянках із горохом, редькою олійною та розторопшею плямистою втрати становили 40,5%, 44,6% і 45,6% відповідно (рис. 2).

Після заорювання сидератів у ґрунт, перед посівом озимої пшениці спостерігалася стабілізація показників вологозабезпечення. На ділянці з викою ярою запас води повністю відновився до початкового рівня — 195 мм. Високі показники також були зафіксовані на ділянках із горохом (190 мм) і розторопшею плямистою (189 мм), що свідчить про їхню високу ефективність у накопиченні води. Ці результати підтверджують, що використання сидеральних культур сприяє збереженню продуктивної води, виконуючи роль біологічної мульчі [21].

На відміну від цього, у контрольному варіанті (чорний пар) запас води відновився лише до 175 мм, що становить 89,7% від початкового рівня, що доводить ефективність заорювання біомаси сидеральних культур на процес вологозбереження в ґрунті.

Вирощування сидератів у регіонах із нестабільним зволоженням може бути важливим чинником, що обмежує формування запасів продуктивної води, оскільки сидеральні культури сприяють як її накопиченню, так і ефективному використанню [23]. Вода є життєво необхідною для розчинення та транспортування поживних речовин, а також для розвитку біохімічних процесів у рослинах [24; 25]. Органічна речовина,

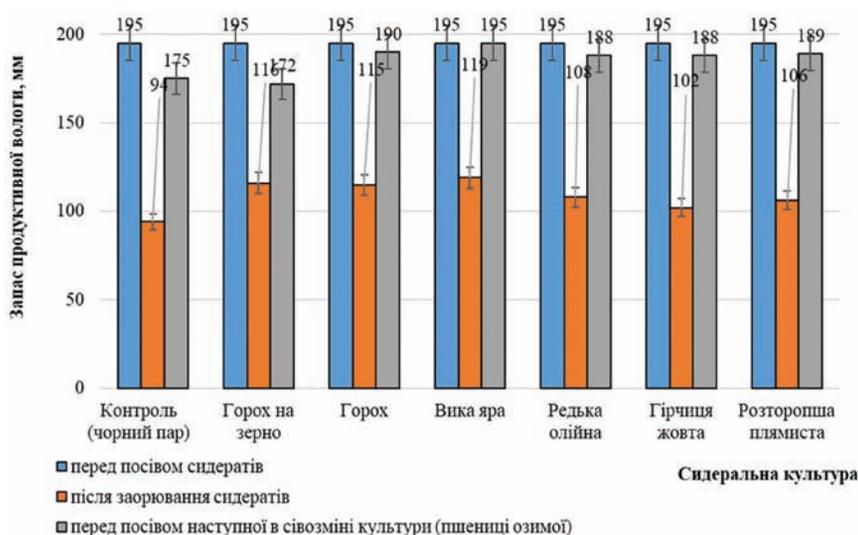


Рис. 2. Вплив сидерації на запас продуктивної води в ґрунті

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.

що утворюється після розкладання біомаси сидератів, підвищує водоутримуючу здатність ґрунту. Водночас коренева система сидератів, завдяки утворенню каналів, покращує водопроникність і сприяє глибшому проникненню вологи, зменшуючи поверхневий стік.

Наші дослідження підтверджують висновки вчених світу щодо позитивного впливу сидератів на водний режим ґрунту та поліпшення його структури [22]. Вика яра, горох і розторопша плямиста показали найкращі результати, підкреслюючи значення цих культур як важливого агротехнічного прийому в органічному землеробстві для забезпечення стабільної врожайності в умовах, де волога є лімітуючим фактором.

Розторопша плямиста як новий перспективний сидерат в органічному землеробстві.

Отримані результати досліджень дають змогу підсумувати, що розторопша плямиста є перспективною сидеральною культурою для органічного землеробства, однак її застосування потребує ретельного планування, оскільки, поряд із низкою переваг при використанні цієї культури як сидерата, існують і певні недоліки.

Нашими дослідженнями встановлено, що основними перевагами розторопші плямистої як сидерата є її висока продуктивність (до 43,1 т/га біомаси), що робить розторопшу плямисту цінним джерелом органічної речовини, що збагачує ґрунт і покращує його структуру. Ця культура ефективно впливає на покращення агрофізичних властивостей ґрунту завдяки потужній кореневій системі, яка глибоко розпушує ґрунт і запобігає його ущільненню. Показник щільності ґрунту на ділянках після заорювання біомаси розторопші плямистої становив 1,11 г/см³, що є значно нижчим порівняно з контролем (1,19 г/см³). Розторопша здатна до ефективного відновлення водного балансу в ґрунті, забезпечуючи запаси продуктивної вологи на рівні 189 мм перед посівом озимої пшениці, що майже дорівнює початковому значенню (195 мм) в погодно-кліматичних умовах 2024 року.

Поряд із цим, на нашу думку, використання розторопші як сидеральної культури має певні недоліки. Одним із них є повільний початковий розвиток, що може призвести до значної конкуренції з бур'янами на ранніх етапах вегетації. Крім того, через щільну структуру біомаси розторопша може розкладатися повіль-

ніше, особливо за несприятливих погодних умов (наприклад, низької температури чи нестачі вологи), що може затримати терміни сівби наступної культури. До того ж насіння розторопші є значно дорожчим порівняно з іншими сидеральними культурами, що може підвищувати загальні витрати на її вирощування.

Беручи до уваги ці фактори, вибір розторопші як сидерата має бути обґрунтованим і враховувати особливості культури та економічну доцільність. Незважаючи на вищезазначені недоліки, висока продуктивність та значний позитивний вплив на щільність і водний баланс ґрунту характеризують розторопшу плямисту як перспективну сидеральну культуру для органічного землеробства.

ВИСНОВКИ

Використання сидеральних культур (гороху, вики ярової, редьки олійної, гірчиці жовтої, розторопші плямистої) ефективно запобігає ущільненню ґрунту. На ділянках із сидератами щільність ґрунту залишається в межах 1,13–1,17 г/см³ та є нижчою порівняно з контрольним варіантом (чорний пар) — 1,19 г/см³. Після заорювання сидеральна біомаса вики ярої, гороху, розторопші плямистої, редьки олійної сприяє зниженню щільності ґрунту до оптимальних показників (1,11–1,12 г/см³).

Підтверджено високу ефективність сидерації у відновленні та підтриманні водного балансу ґрунту. Ефективному збереженню продуктивної вологи сприяють сидеральні культури: вика яра, горох та розторопша плямиста, які забезпечують значно менші втрати вологи (від 38,9 до 45,6%) порівняно з контрольним варіантом (чорний пар) (51,8%). Така властивість сидеральних культур дає змогу відновити запаси вологи перед посівом озимої пшениці майже до початкового рівня (189–195 мм).

Доведено важливість використання сидеральних культур як ефективного агротехнічного прийому в органічному землеробстві для забезпечення оптимальних агрофізичних властивостей ґрунту в умовах, де волога є лімітуючим фактором. Розторопша плямиста є перспективною сидеральною культурою для органічного землеробства, однак її використання потребує ретельного планування через наявність як переваг, так і певних недоліків цієї культури як сидерата.

ЛІТЕРАТУРА

1. Das S., Ray M. K., Panday D., Mishra P. K. Role of biotechnology in creating sustainable agriculture. *PLOS Sustainability and Transformation*. 2023. Vol. 2, no. 7. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000069>
2. Цюк О. А., Кирилюк В. І. Вплив систем землеробства на зміни агрофізичних показників ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 4 (61). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6978> (дата звернення: 07.09.2025).

3. Patra A., Singh R. P., Kundu M. S. et al. Green manuring: a sustainable approach for soil health improvement. *Agricultural and Food: E-Newsletter*. 2023. Vol. 5, no. 4. P. 198–201. URL: https://www.researchgate.net/profile/R-P-Singh-4/publication/372007803_Green_Manuring_A_Sustainable_Approach_for_Soil_Health_Improvement/links/64a2ac8dc41fb852dd4a4a22/Green-Manuring-A-Sustainable-Approach-for-Soil-Health-Improvement.pdf (accessed: 07.09.2025).
4. Castellini M., Diacono M., Gattullo C. E., Stellacci A. M. Sustainable agriculture and soil conservation. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, no. 9, 4146. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11094146>
5. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту. Навчальний посібник. Київ: Видавничий центр Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України). 2018. 292 с.
6. Медведєв В. В., Бігун О. М. Антропогенне переушільнення кореневмісного шару чорноземних ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 10. С. 55–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_10_12 (дата звернення: 07.09.2025).
7. Булигін С., Вітвіцький С., Тонха О., Ткаченко М. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2024. Вип. 102, № 5. С. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>
8. Цицюра Я. Г., Неїлик М. М., Дідур І. М., Поліщук М. І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства: монографія. Вінниця: Видавець ТОВ “Друк”, 2022. 770 с.
9. Разанов С. Ф., Ткачук О. П., Овчарук В. В., Овчарук І. І. Вплив сидератів на родючість ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 144–152. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253101>
10. Бурлака Н. І., Панько В. В. Екологічні наслідки деградації ґрунту та інноваційні шляхи її подолання. *Агроевіт*. 2020. № 7. С. 80–86. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.7.80>
11. Карташов С. Г., Городецький Е. Ю., Дудка В. С., Москалюк А. А. Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 78. С. 21–27. URL: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/2010/7.pdf?sequence=1> (дата звернення: 07.09.2025).
12. Veettil A. V., Rahman A., Awal R. et al. Transforming soil: climate-smart amendments boost soil physical and hydrological properties. *Soil Systems*. 2024. Vol. 8, no. 4, 134. DOI: <https://doi.org/10.3390/soilsystems8040134>
13. Alidoust E., Afyuni M., Hajabbasi M. A., Mosaddeghi M. R. Soil carbon sequestration potential as affected by soil physical and climatic factors under different land uses in a semiarid region. *Catena*. 2018. No. 171. P. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.005>
14. Zijian L. O. N. G., Yifei W. A. N. G., Baoru S. U. N. et al. Impact of mechanical compaction on crop growth and sustainable agriculture. *Frontiers of Agricultural Science & Engineering*. 2024. Vol. 11, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2024566>
15. Літвінов Д. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2015. Т. 93, № 11. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201511-03>
16. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивної вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2018. № 3. С. 11–14. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.01>
17. Цицюра Я. Г. Роль гідротермічного режиму вегетації у формуванні якісних показників біомаси редьки олійної у системі багатопрофільного її використання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 5–22. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-2-1>
18. Manko Yu. P., Tsyuk O. A., Tsentulo L. V., Shemetun O. The methodology resource suggestion with environmental criteria for rationality agricultural systems estimation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, no. 1. P. 121–126. URL: <https://www.proquest.com/openview/f5b2aa0048cf764c3da762d7f580db05/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032106> (accessed: 07.09.2025).
19. Mirzavand J., Moradi-Talebbeigi R. Relationships between field management, soil compaction, and crop productivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2021. Vol. 67, no. 5. P. 675–686. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1749267>
20. Shaheb M. R., Venkatesh R., Shearer S. A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021. Vol. 46, no. 4. P. 417–439. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>
21. Lal R. Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112, no. 5. P. 3265–3277. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
22. Prajapati S. K., Dayal P., Kumar V., Gairola A. Green manuring: a sustainable path to improve soil health and fertility. *AgriSustain — An International Journal*. 2023. No. 1. P. 24–33. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10049824>
23. Новохацький М., Бондаренко О., Гусар І. Динаміка запасів продуктивної вологи і щільності ґрунту залежно від системи основного обробітку та вирощуваної культури. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2016. Вип. 20. С. 335–344. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2016_20_43 (дата звернення: 07.09.2025).
24. Iderawumi A. M., Kamal T. O. Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming and Management*. 2022. Vol. 7, no. 1. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.31830/2456-8724.2022.FM-101>
25. Scholz H., Lischeid G., Ribbe L. et al. Differentiating between crop and soil effects on soil moisture dynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2024. Vol. 28, no. 1. P. 2401–2419. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-28-2401-2024>

THE INFLUENCE OF GREEN MANURING ON THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER ORGANIC FARMING CONDITIONS

Lishchuk A.

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

Horodyska I.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>

Ternovyi Yu.

Candidate of Agricultural Sciences
Skvyra Research Station of Organic Production of the Institute of Agroecology
and Environmental Management of NAAS (Skvyra, Ukraine)
e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

Kravchuk Yu.

Postgraduate Student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: krav4uck81@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6878-7700>

The article considers the relevant issue of using green manuring as an ecologically safe method for increasing soil fertility under organic farming conditions. The primary focus is on the role of green manure crops (peas, spring vetch, oil radish, yellow mustard, and milk thistle) as a key agrotechnical practice for improving the agro-physical properties of the soil. The purpose of the study is to investigate the influence of green manure crops on the formation of soil agrophysical properties, specifically its bulk density and water-holding capacity, within organic farming systems. It has been experimentally proven that the use of green manures effectively prevents soil compaction. On plots with green manure crops, soil density is maintained within the range of 1.13–1.17 g/cm³, whereas on the control plot (black fallow), it increases to 1.19 g/cm³. After incorporation into the soil, the biomass leads to a reduction in density to optimal values of 1.11–1.12 g/cm³ on plots featuring spring vetch, peas, milk thistle, and oil radish. The effectiveness of green manuring in restoring the soil's water balance has been confirmed. Productive moisture losses on plots with green manure crops are significantly lower (38.9–45.6%) compared to the control (black fallow) (51.8%), enabling the restoration of moisture reserves to 189–195 mm before sowing the main crop in the rotation — winter wheat. Oil radish and milk thistle demonstrated the best results regarding density stabilization and moisture conservation. It is substantiated that milk thistle is a promising green manure crop; however, its implementation requires careful planning due to certain drawbacks, such as slow initial development, which may lead to significant weed competition during the early stages of vegetation, and the high cost of seeds. The obtained data justify the role of green manuring in preserving and increasing soil fertility and provide a basis for developing scientific and practical recommendations for efficient organic farming. The research confirms the necessity of utilizing green manuring as a vital element of sustainable agricultural production, particularly in the context of climate change and limited water resources.

Keywords: green manure crops, soil fertility, degradation, water-holding capacity, soil bulk density, water balance, soil organic matter, biomass.

REFERENCES

1. Das, S., Ray, M. K., Panday, D., & Mishra, P. K. (2023). Role of biotechnology in creating sustainable agriculture. *PLOS Sustainability and Transformation*, 2(7), e0000069. doi: 10.1371/journal.pstr.0000069
2. Tsiuk, O. A., & Kyrlyuk, V. I. (2016). The influence of farming systems on changes in agrophysical soil parameters. *Scientific Reports of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine*, 4. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6978>
3. Patra, A., Singh, R. P., Kundu, M. S., Kumar, G., Malkani, P., Singh, B. K., ... Mukherjee, S. (2023). Green manuring: A sustainable approach for soil health improvement. *Agricultural and Food: E-Newsletter*, 5(4), 198–201. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/R-P-Singh-4/publication/372007803_Green_Manuring_A_Sustainable_Approach_for_Soil_Health_Improvement/links/64a2ac8dc41fb852dd4a4a22/Green-Manuring-A-Sustainable-Approach-for-Soil-Health-Improvement.pdf
4. Castellini, M., Diacono, M., Gattullo, C. E., & Stellacci, A. M. (2021). Sustainable agriculture and soil conservation. *Applied Sciences*, 11(9), 4146. doi: 10.3390/app11094146
5. Medvediev, V. V., Bulyhin, S. Yu., & Vitvitskyi, S. V. (2018). *Soil Physics*. Kyiv: Publishing Center of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.
6. Medvediev, V. V., & Bihun, O. M. (2014). Anthropogenic compaction of the root-bearing layer of chernozem soils. *Bulletin of Agricultural Science*, 10, 55–60. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/van_2014_10_12

7. Bulyhin, S., Vitvitskyi, S., Tonkha, O., & Tkachenko, M. (2024). Energy efficiency of growing agricultural crops under different systems of fertilization of gray forest soil. *Bulletin of Agricultural Science*, 102(5), 5–14. doi: 10.31073/agrovisnyk202405-01
8. Tsytsiura, Ya. H., Neilyk, M. M., Didur, I. M., & Polishchuk, M. I. (2022). *Sideration as a basic component of biologization of modern agricultural systems* [Monograph]. Vinnytsia: Publisher LLC “Druk”.
9. Razanov, S. F., Tkachuk, O. P., Ovcharuk, V. V., & Ovcharuk, I. I. (2022). The effect of green manure on soil fertility. *Balanced Nature Using*, 4, 144–152. doi: 10.33730/2310-4678.4.2021.253101
10. Burlaka, N. I., & Panko, V. V. (2020). Ecological consequences of soil degradation and innovative ways to overcome it. *Agrosvit*, 7, 80–86. doi: 10.32702/2306-6792.2020.7.80
11. Kartashov, S. H., Horodetskyi, E. Yu., Dudka, V. S., & Moskaliuk, A. A. (2019). The influence of optimal soil density for different crops on yield. *Tavria Scientific Bulletin*, 78, 21–27. Retrieved from <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/2010/7.pdf?sequence=1>
12. Veettil, A. V., Rahman, A., Awal, R., Fares, A., Melaku, N. D., Thapa, B.,... Woldesenbet, S. (2024). Transforming soil: Climate-smart amendments boost soil physical and hydrological properties. *Soil Systems*, 8(4), 134. doi: 10.3390/soilsystems8040134
13. Alidoust, E., Afyuni, M., Hajabbasi, M. A., & Mosaddeghi, M. R. (2018). Soil carbon sequestration potential as affected by soil physical and climatic factors under different land uses in a semiarid region. *Catena*, 171, 62–71. doi: 10.1016/j.catena.2018.07.005
14. Zijian, L. O. N. G., Yifei, W. A. N. G., Baoru, S. U. N., Xiaoyan, T. A. N. G., & Kemo, J. I. N. (2024). Impact of mechanical compaction on crop growth and sustainable agriculture. *Frontiers of Agricultural Science & Engineering*, 11(2). doi: 10.15302/J-FASE-2024566
15. Litvinov, D. (2015). Formation of soil water regime in the system of short-rotation crop rotations. *Bulletin of Agricultural Science*, 93(11), 13–18. doi: 10.31073/agrovisnyk201511-03
16. Kaminskyi, V. F., & Hanhur, V. V. (2018). Dynamics of productive soil moisture during winter wheat cultivation in crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 11–14. doi: 10.31210/visnyk2018.03.01
17. Tsytsiura, Ya. H. (2024). The role of the hydrothermal vegetation regime in the formation of qualitative indicators of oilseed radish biomass in the system of its multi-profile use. *Agriculture and Forestry*, 2(33), 5–22. doi: 10.37128/2707-5826-2024-2-1
18. Manko, Y. P., Tsyuk, O. A., Tsentulo, L. V., & Shemetun, O. V. (2019). The methodology resource suggestion with environmental criteria for rationality agricultural systems estimation. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 121–126. Retrieved from <https://www.proquest.com/openview/f5b2aa0048cf764c3da762d7f580db05/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032106>
19. Mirzavand, J., & Moradi-Talebbeigi, R. (2021). Relationships between field management, soil compaction, and crop productivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(5), 675–686. doi: 10.1080/03650340.2020.1749267
20. Shaheb, M. R., Venkatesh, R., & Shearer, S. A. (2021). A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*, 46(4), 417–439. doi: 10.1007/s42853-021-00117-7
21. Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*, 112(5), 3265–3277. doi: 10.1002/agj2.20282
22. Prajapati, S. K., Dayal, P., Kumar, V., & Gairola, A. (2023). Green manuring: A sustainable path to improve soil health and fertility. *AgriSustain-An International Journal*, 1, 24–33. doi: 10.5281/zenodo.10049824
23. Novokhatskyi, M., Bondarenko, O., Husar, I. (2016). Dynamics of productive moisture reserves and soil density depending on the main tillage system and the grown crop. *Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine*, 20, 335–344. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2016_20_43
24. Iderawumi, A. M., & Kamal, T. O. (2022). Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming and Management*, 7(1), 1–8. doi: 10.31830/2456-8724.2022.FM-101
25. Scholz, H., Lischeid, G., Ribbe, L., Hernandez Ochoa, I., & Grahmann, K. (2024). Differentiating between crop and soil effects on soil moisture dynamics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(11), 2401–2419. doi: 10.5194/hess-28-2401-2024

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ЛІЩУК Алла Миколаївна — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>).

ГОРОДИСЬКА Інна Миколаївна — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу підготовки наукових кадрів та методично-інформаційного забезпечення, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>).

ТЕРНОВИЙ Юрій Вікторович — кандидат сільськогосподарських наук, директор, Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН (вул. Селекційна, 1, м. Сквиря, Сквирський р-н, Київська обл., Україна, 09000; e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>).

КРАВЧУК Юрій Алікович — аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143), директор, ДП “ДГ “Сквирське”” ІАП НААН (вул. Селекційна, буд. 1, м. Сквиря, Сквирський р-н, Київська обл., Україна; e-mail: krav4uck81@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6878-7700>).

РОЗВИТОК МІСЬКОГО ОРГАНІЧНОГО ФЕРМЕРСТВА

В. О. Мовчан

кандидат біологічних наук, доцент

Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна" (м. Київ, Україна)
e-mail: greendragoness16@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2063-2729>

Н. А. Ілюк

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна" (м. Київ, Україна)
e-mail: N.iliuk@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3296-4790>

О. В. Мележик

кандидат біологічних наук, доцент

Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна" (м. Київ, Україна)
e-mail: o_melezhyk@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3882-7102>

Н. А. Зінчук

кандидат педагогічних наук, доцент

Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна" (м. Київ, Україна)
e-mail: znamail2020@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9888-0410>

Стаття присвячена дослідженню сучасних тенденцій, проблем і перспектив розвитку міського сільського господарства, у тому числі органічного фермерства, як складової сталих продовольчих систем і сталої урбоєкосистеми. У контексті зростання рівня урбанізації, змін клімату та підвищення попиту населення на екологічно безпечні продукти міське органічне сільське господарство набуває стратегічного значення. Проаналізовано концептуальні підходи до формування міських агросистем, їхні екологічні, соціальні та економічні переваги, а також ключові ризики й бар'єри впровадження органічних практик у межах міських територій. За результатами дослідження визначено основні чинники, що впливають на ефективність міського фермерства, окреслено можливості використання інноваційних технологій. Результати дослідження можуть бути використані для формування стратегій сталого розвитку міст, удосконалення місцевих програм підтримки органічного фермерства та подальших наукових досліджень у сфері урбан-агроєкології.

Ключові слова: агропродовольчі системи, сталий розвиток, міські агросистеми, органічне землеробство, екологічні інновації, пермакультура, фермерство.

ВСТУП

Стрімкі процеси урбанізації, зміни клімату, деградація агроресурсів та їх втрата, зростання попиту на екологічно безпечні продукти харчування формують нові виклики для глобальної та національної продовольчої системи [1; 2]. Сучасні міста стають не лише просторами споживання продуктів харчування, а й потенційними виробниками продовольства, здатними частково зменшити залежність від зовнішніх поставок і забезпечити більш стійкі локальні харчові мережі. У цьому контексті особливої актуальності набуває розвиток міського сільського господарства, зокрема органічного фермерства, що поєднує переваги екологічно орієнтованого агропродовольства з потребами урбанізованих територій [3].

Міське органічне фермерство розглядають як інноваційний напрям, орієнтований на впро-

вадження органічних методів виробництва в межах міських і приміських територій, із використанням адаптивних технологій, таких як вертикальні ферми, дахові теплиці, гідропонні та аквапонні системи, а також громадські городи й ком'юніті-ферми [4; 5]. На відміну від традиційного сільського господарства, міське фермерство здійснюється в умовах обмеженості території, підвищеного антропогенного навантаження та необхідності інтеграції сільськогосподарських систем у просторову структуру міста, що потребує спеціальних технологічних та управлінських рішень.

Органічний підхід у міському фермерстві базується на принципах відмови від синтетичних агрохімікатів, збереження біорізноманіття, впровадження циркулярних моделей використання ресурсів, зокрема повторного використання органічних відходів шляхом компостування,

утилізації сірого водного стоку та інших методів замкнених циклів. Така модель виробництва сприяє зменшенню екологічного сліду міст, поліпшенню мікроклімату, зниженню рівня забруднення повітря й ґрунтів, формуванню зеленої інфраструктури, а також підвищенню стійкості міських територій до екологічних і соціально-економічних викликів.

Водночас розвиток міського органічного фермерства стикається з низкою бар'єрів, серед яких: обмеженість придатних земельних ділянок, складність процедур виділення міських територій, недостатність нормативно-правового регулювання органічного виробництва в містах, дефіцит інвестицій, необхідність технологічної модернізації та інтеграції агросистем у просторове планування [5]. Додатковими перешкодами залишаються низький рівень обізнаності населення, відсутність комплексних муніципальних програм підтримки та слабка взаємодія між органами влади, науковими установами й локальними громадами.

З огляду на зазначене, дослідження розвитку міського органічного фермерства є актуальним для України як у науковому, так і в практичному аспектах. Воно дає змогу сформулювати нові підходи до управління міськими ресурсами, розробити ефективні механізми продовольчої стійкості та забезпечити екологізацію міського середовища.

Метою роботи було проаналізувати наявні результати досліджень щодо сучасного стану, ключових тенденцій, екологічних, соціальних та економічних переваг міського органічного фермерства, а також визначити стратегічні напрями розвитку цього сектору в контексті сталого розвитку міст.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічну основу дослідження становили сучасні наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених, документи ФАО та Європейського Союзу щодо сучасного стану й перспектив розвитку міського сільського господарства та органічного фермерства. Методи дослідження охоплювали системний підхід, порівняльний аналіз та узагальнення. Дослідження реалізовано в три етапи: підбір вихідної інформації, її систематизація, аналіз із визначення ключових екологічних і соціально-економічних переваг і ризиків.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сучасні екологічні, соціальні та економічні виклики є основними рушіями трансформації продовольчих систем та їх переходу на сталі

практики [6]. Це пов'язано з невпинно зростаючою кількістю населення на нашій планеті, деградацією ключових екосистем, втратою природних ресурсів тощо, що позначається на ефективності сільського господарства та продовольчій безпеці. Водночас фахівці зазначають безпрецедентну швидкість розширення міст, що створює значний тиск на продовольчі системи, природні ресурси та екологічну стійкість [7]. Нині понад половина населення світу проживає в міських районах, і, за прогнозами, ця цифра зросте до 68% до 2050 року, а навантаження на міські продовольчі системи та інфраструктуру продовжує невпинно посилюватися [8].

Урбанізація та зростання міського населення сприяють трансформації агропродовольчих систем, змінюючи просторові моделі попиту на продукти харчування та впливаючи на впровадження споживачів, змінюючи те, як, де та які продукти харчування виробляються, постачаються та споживаються. Ці зміни впливають на агропродовольчі системи таким чином, що створюють як виклики, так і можливості для забезпечення доступу кожного до здорового харчування [9].

Зміна харчових звичок і переорієнтація на вживання здорових та якісних продуктів в умовах обмежених земельних ресурсів стали одним із поштовхів розвитку міського сільського господарства. Це, своєю чергою, сформувало певну філософію гармонійного розвитку людини в урбоекосистемі, де їжа — це більше, ніж просто харчування. Варто зазначити, що міське сільське господарство має давні традиції в багатьох містах світу. Практика міського сільського господарства застосовується в будь-якому масштабі — від садів і городів на дахах до більших оброблюваних відкритих просторів у міській і приміській зонах [10].

У містах існує значний масив територій, придатних для розміщення агролокацій. Зокрема, до таких територій належать: покрівлі громадських та комерційних будівель, занедбані промислові ділянки, буферні та рекреаційні зони, прибудинкові території та внутрішні двори, території закладів освіти та громадських установ тощо.

ФАО визначає міське сільське господарство як вирощування рослин і розведення тварин для харчових цілей та інших потреб у містах і навколо них, а також пов'язану із цим діяльність, таку як виробництво та постачання ресурсів, переробка й маркетинг продукції. Зазначають, що це цілісна та багатовимірна концепція, яка інтегрує сільськогосподарські практики в міську інфраструктуру для задоволення попиту на продукти харчування. Вона сприяє виробництву продуктів харчування,

інтегрованому в будівництво, як гібридній сільськогосподарській системі [11].

D. Мауе стверджує, що міське сільське господарство стосується не лише продовольчої безпеки, але й різних сфер, включно із соціальним благополуччям, згуртованістю громади, інноваціями в міському харчуванні тощо, тоді як розумні технології можуть бути важливою частиною рішень проблем міського продовольчого забезпечення [12].

Варто зазначити, що трансформація міських продовольчих систем, харчові відходи та ефективне використання ресурсів виділені як два з десяти шляхів досягнення цілей програми ЄС “Іжа 2030”, що підкреслює важливість міських продовольчих систем і підвищення їхньої ефективності в сприянні сталому розвитку продовольчої системи [13]. Дослідження показують, що вирощування різноманітних культур в умовах міських і приміських територій підвищує різноманітність продуктів харчування, зменшує залежність від обмеженої кількості основних продуктів харчування та зміцнює стійкість до перебоїв у ланцюжку поставок [14].

Нині міське сільське господарство є ключовою стратегією для вирішення проблем сталого розвитку міст, поліпшення їхнього екологічного стану та продовольчої безпеки. Низка досліджень підтверджує, що міське сільське господарство є важливим у досягненні Цілей сталого розвитку [15].

Окрім сприяння постачанню продовольства, переваги міського сільського господарства охоплюють зменшення відстані транспортування продуктів харчування, зменшення впливу на зміни клімату (секвестрація вуглецю) та ефекту “міського теплового острова”, покращення фізичного та психічного здоров'я людей, покращення естетики, розбудову громад, можливості працевлаштування, підвищення місцевих цін на землю, скорочення ланцюгів постачання, забезпечення середовища існування для дикої природи та переробку відходів [16]. Його ще описують як виграшне рішення, оскільки воно покращує доступ до свіжих продуктів, одночасно заохочуючи здоровіший спосіб життя [4]. Цей багатофункціональний характер міського сільського господарства є важливим завдяки його адаптації до змінних соціально-екологічних умов.

Підвищення обізнаності, зміна екологічного мислення та зацікавленість міського населення не лише в якісних продуктах харчування, а й в екологічних умовах проживання сприяють поступовій трансформації міського сільського господарства з локальних ініціатив у важливий елемент міської соціально-екологічної політики, що забезпечує сталий розвиток міст, створюючи

зелені зони, підтримуючи соціальну інклюзивність, зміцнюючи довіру громади та заохочуючи спільну творчість у міських умовах [16].

Технології, які зазвичай застосовують у міському сільському господарстві, спрямовані на раціональне використання ресурсів, зменшення екологічного сліду та виробництво якісної й екологічно безпечної продукції. За комплексом показників такі технології наближаються до систем органічного виробництва.

Розвиток міського органічного фермерства насамперед пов'язаний із негативними наслідками інтенсифікації міського середовища, що супроводжується значним навантаженням на природні ресурси, скороченням зелених зон, зростанням обсягів побутових відходів і збільшенням вразливості міських громад до перебоїв у постачанні продуктів харчування. У цих умовах міське органічне фермерство виступає ефективним інструментом забезпечення продовольчої стійкості та екологізації міського простору. Стурбованість щодо безпеки харчових продуктів і глобальні тренди попиту на органічну продукцію визначають переорієнтацію міського сільського господарства на органічні технології. Аналіз наявних даних свідчить, що міське органічне фермерство активно розвивається як у глобальному, так і в національному вимірі. Ключовими драйверами цього процесу є: зростання попиту на органічні продукти серед міського населення, необхідність забезпечення продовольчої стійкості міст, розвиток технологій, що дають змогу вирощувати продукцію в умовах обмежених територій, підвищення екологічної свідомості та запит на “зелені” ініціативи в містах.

Органічне виробництво в умовах міста сприяє формуванню локальних продовольчих систем, здатних зменшити залежність від зовнішніх поставок та підвищити доступність екологічно безпечних, якісних і свіжих продуктів для населення. Це особливо актуально для густонаселених урбанізованих територій, де традиційні канали забезпечення харчовими продуктами є вразливими до логістичних, економічних і політичних ризиків.

У багатьох країнах ЄС, США, Канади та Азії сформувалися розвинені моделі міського органічного фермерства. Наприклад, ферми на даху, вертикальні ферми, громадські сади, контейнерні та модульні ферми [17; 18]. Для України характерна наявність значного потенціалу розвитку органічного виробництва, зокрема в містах, але є низка обмежень для реалізації таких проєктів і недостатня підтримка з боку муніципалітетів [19].

Впровадження принципів органічного виробництва в міському сільському господарстві

має низку специфічних ознак, які зумовлені поєднанням екологічних принципів органічного виробництва з просторовими, соціальними та технологічними особливостями урбанізованих територій. На відміну від традиційного землеробства, міське органічне фермерство функціонує в умовах обмежених земельних ресурсів, високої щільності забудови, інтенсивного антропогенного навантаження та необхідності інтеграції агросистем у міську інфраструктуру. Сприятливими для створення органічних міських ферм є території з доступом до джерел води, мінімальним рівнем техногенного забруднення та близькістю до споживача, що зменшує логістичні витрати та екологічний слід виробленої продукції.

Основою органічних технологій є повна відмова від мінеральних добрив і пестицидів синтетичного походження. У міському середовищі це набуває особливої ваги, оскільки використання агрохімікатів може становити ризик для здоров'я населення, впливати на якість повітря та води, порушувати екологічний баланс у густонаселених районах. Органічні ферми в містах орієнтуються на біологічні методи захисту рослин, агротехнічні прийоми, застосування компостів, біопрепаратів і природних стимуляторів росту.

Однією з ключових особливостей міського органічного фермерства є застосування принципів циркулярної економіки. Наприклад, міські органічні ферми активно застосовують локальне компостування органічних відходів, переробку харчових залишків із домогосподарств, ресторанів і ринків, використання дощової води та систем її збору, енергоощадні технології (LED-освітлення, сонячні панелі). Такі підходи дають змогу мінімізувати відходи, зменшувати антропогенний вплив, створювати замкнені цикли ресурсокористування в межах міста та зменшувати навантаження на міську інфраструктуру.

У міських умовах дефіцитним є земельні ресурси, тому органічне виробництво застосовує інноваційні технології, спрямовані на максимізацію продуктивності невеликих за площею територій. Інноваційні рішення для міського сільського господарства, зокрема органічного фермерства, такі як вертикальне землеробство, гідропоніка та аквапоніка, пропонують життєздатні альтернативи для подолання цих просторових обмежень [20].

Вертикальне землеробство, яке передбачає вирощування сільськогосподарських культур у шарах у контрольованому середовищі, максимізує виробництво на одиницю площі та мінімізує використання земельних ресурсів, що робить його особливо ефективним у містах з обмеже-

ним простором [21]. Аналогічно, гідропонні та аквапонні системи дають змогу вирощувати сільськогосподарські культури на складах, дахах і навіть у покинутих будівлях. Ці методи не лише оптимізують простір, але й зменшують використання води, підвищують врожайність сільськогосподарських культур та усувають потребу в пестицидах, що ще більше підвищує стійкість міського сільського господарства. Наприклад, вертикальні ферми забезпечують до 10–20 разів більшу врожайність на одиницю площі завдяки LED-освітленню, аеропоніці та автоматизації. Вирощування агрокультур на гідропоніці або аквапоніці дає змогу зменшити водоспоживання на 70–90%, вирощувати органічну продукцію без ґрунту, інтегрувати вирощування риби й рослин у єдину систему [22].

Важливим інструментом для міського сільського господарства є пермакультура, яку розглядають як гнучку перспективну систему для підтримання стійкості урбоєкосистем [23]. Пермакультура як регенеративна та стійка продовольча система найбільш доцільна в міському середовищі в районах: а) які потребують менш складних продовольчих систем (наприклад, вертикальні сади, аквапоніка тощо), б) з мінімальними вимогами до обслуговування, в) з високим темпом зростання населення, г) де гнучка, адаптивна система (за розміром і масштабом) може добре реагувати на швидкозмінне міське середовище.

Пермакультура найчастіше асоціюється з дизайном, сільським господарством та екологією, що підкреслює її міждисциплінарний характер [24; 25]. Сама ідея пермакультури полягає в побудові самопідтримувальних і регенеративних екосистем шляхом моделювання систем вирощування сільгоспкультур за природними моделями та процесами. Пермакультура сприяє здоров'ю ґрунту, біорізноманіттю та екосистемним послугам, що є важливим для оновлення продовольчих систем і міського середовища. Крім того, принципи пермакультури заохочують скорочення відходів, ефективне використання ресурсів і глибоке розуміння екологічних взаємозв'язків, що створює більш стійкі агропродовольчі системи [23; 25].

Створення зелених дахів, квіткових смуг, мікробіотопів для запилювачів та екологічних коридорів покращує екосистемні зв'язки й забезпечує природні процеси регуляції [26]. Органічні ферми стають елементами зеленої інфраструктури міста, виконуючи функції екологічних буферів і зон рекреації. Це також позитивно впливає на секвестрацію вуглецю та діє як буфер проти зміни клімату в міських екосистемах [27]. Методи ведення міського сільського

господарства зменшують викиди парникових газів разом із викидами CO₂, перетворюючи їх на міські поглиначі вуглецю.

Серед соціально-економічних переваг варто зазначити, що міські органічні ферми сприяють соціальній інтеграції мешканців і розвитку нових форм зайнятості, формуванню культури сталого споживання, розвитку малого бізнесу тощо. Водночас вони забезпечують доступ до свіжих продуктів для вразливих категорій населення та зменшують залежність міст від глобальних ланцюгів постачання [28].

Отже, розвиток міського органічного фермерства є ефективним інструментом формування сталих міських систем, який одночасно охоплює екологічний, соціальний та економічний виміри. Найбільші перспективи має поєднання органічних технологій із сучасними урбаністичними підходами: зелені дахи, екологічні коридори, локальні продовольчі мережі, системи коротких ланцюгів постачання. Водночас низка технологічних, економічних та соціальних бар'єрів істотно ускладнює розвиток цього сектору. Серед таких варто зазначити обмежені площі для вирощування, відсутність гарантій землеволодіння, низьку економічну ефективність та недостатню обізнаність і сприйняття громадськістю. Реалізація потенціалу міського органічного фермерства потребує зміни міської політики, вдосконалення законодавства, розвитку інфраструктури, доступу до інноваційних технологій та освіти для фермерів і громад. Також серед основних бар'єрів є екологічні проблеми — забруднення ґрунту та проблеми з його якістю в межах урбоєкосистем, вплив важких металів та інших поллютантів, високі початкові економічні витрати, ефективні й безпечні методи боротьби зі шкідниками [7].

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження встановлено, що міське сільське господарство, у тому числі органічне фермерство, є перспективним напрямом сталого розвитку урбанізованих територій, здатним забезпечити інтеграцію екологічних, соціальних та економічних пріоритетів у сучасних містах. Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що міське органічне фермерство поступово трансформується з локальних ініціатив у важливий елемент міської продовольчої політики та інструмент зміцнення продовольчої безпеки.

Органічне виробництво в межах міст сприяє оптимізації ресурсокористування, формуванню зеленої інфраструктури і поліпшенню екологічного стану міського середовища, підвищенню доступності до якісної продукції та розвитку локальних продовольчих систем, активізації громадської участі, соціальної інтеграції тощо. Водночас існує низка перешкод, серед яких нормативно-правові обмеження, дефіцит придатних територій, обмежений доступ до фінансових ресурсів, складність органічної сертифікації в міських умовах, а також недостатня обізнаність населення щодо переваг органічного виробництва. Для подолання цих бар'єрів необхідна комплексна державна та муніципальна підтримка, спрямована на вдосконалення законодавства, створення стимулюючих механізмів, формування інфраструктури та розвиток інноваційних технологічних рішень.

Отже, міське органічне фермерство виступає важливим компонентом формування екологічно безпечних, соціально згуртованих та економічно життєздатних міст майбутнього, здатних ефективно реагувати на глобальні виклики й підвищувати рівень добробуту своїх мешканців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zou T., Dawodu A., Mangi E., Cheshmehzangi A. Exploring current trends, gaps & challenges in sustainable food systems studies: the need of developing urban food systems frameworks for sustainable cities. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, iss. 13. 10248. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151310248>
2. Палапа Н. В., Дем'янюк О. С., Нагорнюк О. М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>
3. Sá C. P. d., Pagani R. N., Przybysz A. L. et al. Towards the concept of smart municipality: agribusiness model integrating rural and urban areas for organic food production: a review. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, iss. 3. 1015. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17031015>
4. Alemu M. H., Grebitus C. Towards sustainable urban food systems: analyzing contextual and intrapsychic drivers of growing food in small-scale urban agriculture. *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15, iss. 12. e0243949. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243949>
5. Srinivasan K., Yadav V. K. An empirical investigation of barriers to the adoption of smart technologies integrated urban agriculture systems. *Journal of Decision Systems*. 2024. Vol. 33, iss. 4. P. 878–912. DOI: <https://doi.org/10.1080/12460125.2023.2189652>
6. Дем'янюк О. С., Гуменюк І. І., Левішко А. С. та ін. Екологічні аспекти формування стійких продовольчих систем. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. С. 119–128. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275863>
7. E Elahi Mirza M. N., Waseem H. B., Rana I. A. Urban agriculture and sustainability: a systematic review and thematic trends. *World Development Sustainability*. 2025. Vol. 7. 100245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wds.2025.100245>

8. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision / United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA). United Nations, 2019. URL: <https://population.un.org/wup/> (accessed: 16.09.2025).
9. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 — Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms / FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. Rome, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
10. Csambalik L., Gál I., Madaras K. et al. Beyond efficiency: the social and ecological costs of plant factories in urban farming — a review. *Urban Science*. 2024. Vol. 8, iss. 4. 210. DOI: <https://doi.org/10.3390/urbansci8040210>
11. Zhong C., Hu R., Wang M. et al. The impact of urbanization on urban agriculture: evidence from China. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 276. 122686. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122686>
12. Maye D. “Smart food city”: conceptual relations between smart city planning, urban food systems and innovation theory. *City, Culture and Society*. 2019. Vol. 16. P. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.12.001>
13. Food 2030 — Future-proofing our food systems through research and innovation. *Publications Office of the European Union*, 2017. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/188064> (accessed: 28.09.2025).
14. Nogueira-McRae T., Ryan E., Jablonski B. et al. The role of urban agriculture in a secure, healthy, and sustainable food system. *BioScience*. 2018. Vol. 68, iss. 10. P. 748–759. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biy071>
15. Senthamizh R., Anbarasan P. Urban agriculture in a changing world: a thematic review of global trends, innovations, governance, and pathways to sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 9. 1624426. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1624426>
16. Jordi-Sánchez M., Díaz-Aguilar A. L. Constructing organic food through urban agriculture, community gardens in Seville. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, iss. 8. 4091. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13084091>
17. Lopez-Muñoz F., Soto-Bruna W., Baptiste B. L. G., Leon-Pulido J. Evaluating food resilience initiatives through urban agriculture models: a critical review. *Sustainability*, 2025. Vol. 17, iss. 7. 2994. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17072994>
18. Marini M., Caro D., Thomsen M. Investigating local policy instruments for different types of urban agriculture in four European cities: a case study analysis on the use and effectiveness of the applied policy instruments. *Land Use Policy*. 2023. Vol. 131. 106695. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106695>
19. Bazaluk O., Yatsenko O., Zakharchuk O. et al. Dynamic development of the global organic food market and opportunities for Ukraine. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, iss. 17. 6963. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12176963>
20. Fei S., Wu R., Liu H. et al. Technological innovations in urban and peri-urban agriculture: pathways to sustainable food systems in metropolises. *Horticulturae*. 2025. Vol. 11, iss. 2. 212. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020212>
21. Sowmya C., Anand M., Indu Rani C. et al. Recent developments and inventive approaches in vertical farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8. 1400787. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1400787>
22. Rajaseger G., Chan K. L., Yee Tan K. et al. Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*. 2023. Vol. 19 (9). P. 925–938. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
23. Janse van Rensburg D., Puren K. Fighting the hunger games through permaculture: a scoping review to inform urban planning. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2023. Vol. 5. 1203739. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1203739>
24. Forte Taylor R. C., Clark O. G., Malard-Adam J. J. Assessment of permaculture integration into gray and mainstream scientific literature in four languages. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2025. Vol. 45. 36. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-025-01017-2>
25. Бунас О. А., Дем'янюк О. С., Шерстобоева О. В., Золотов М. Ю. Пермакультура: майбутнє чи лише філософія. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 7–8 липня 2022 р.). Київ, 2022. Ч. 1. С. 49–52.
26. Дем'янюк О. С., Тертична О. В., Пархоменко М. М., Бутурлим Д. А. Використання пряно-ароматичних культур у вертикальному озелененні. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 2. С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2022.261248>
27. Santos M., Moreira H., Cabral J. et al. Contribution of home gardens to sustainable development: perspectives from a supported opinion essay. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, iss. 20. 13715. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013715>
28. Nova P., Pinto E., Chaves B., Silva M. Urban organic community gardening to promote environmental sustainability practices and increase fruit, vegetables and organic food consumption. *Gaceta Sanitaria*. 2020. Vol. 34, iss. 1. P. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.09.001>

DEVELOPMENT OF URBAN ORGANIC FARMING

Movchan V.

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Open International University of Human Development “Ukraine” (Kyiv, Ukraine)
e-mail: greenragoness16@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2063-2729>

Iliuk N.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Open International University of Human Development “Ukraine” (Kyiv, Ukraine)
e-mail: Niliuk@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3296-4790>

Melezhyk O.

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Open International University of Human Development “Ukraine” (Kyiv, Ukraine)
e-mail: o_melezhyk@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3882-7102>

Zinchuk N.

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Open International University of Human Development “Ukraine” (Kyiv, Ukraine)
e-mail: znamail2020@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9888-0410>

The article is devoted to the study of current trends, problems and prospects for the development of urban agriculture, including organic farming, as a component of sustainable food systems and a sustainable urban ecosystem. In the context of increasing urbanisation, climate change and growing consumer demand for environmentally friendly products, urban organic farming is becoming strategically important. Conceptual approaches to the formation of urban agro-systems, their environmental, social and economic benefits, as well as key risks and barriers to the implementation of organic practices within urban areas are analysed. The study identified the main factors affecting the effectiveness of urban farming and outlined opportunities for the use of innovative technologies. The results of the study can be used for the development of sustainable urban strategies, improvement of local programs supporting organic farming, and further scientific research in the field of urban agroecology.

Keywords: agri-food systems, sustainable development, urban agro-systems, organic farming, environmental innovations, permaculture, farming.

REFERENCES

- Zou, T., Dawodu, A., Mangi, E., & Cheshmehzangi, A. (2023). Exploring current trends, gaps & challenges in sustainable food systems studies: The need of developing urban food systems frameworks for sustainable cities. *Sustainability*, 15(13), article number 10248. doi: 10.3390/su151310248
- Palapa, N. V., Demyanyuk, O. S., & Nagornyyuk, O. M. (2022). Food security of Ukraine: Current status and current issues. *Agroecological Journal*, 2, 34–45. doi: 10.33730/2077-4893.2.2022.263314
- Sá, C. P. d., Pagani, R. N., Przybysz, A. L., Souza, F. F. d., Resende, D. N., & Kovaleski, J. L. (2025). Towards the concept of smart municipality: Agribusiness model integrating rural and urban areas for organic food production: A Review. *Sustainability*, 17(3), article number 1015. doi: 10.3390/su17031015
- Alemu, M. H., & Grebitus, C. (2020). Towards sustainable urban food systems: Analyzing contextual and intrapsychic drivers of growing food in small-scale urban agriculture. *PLoS ONE*, 15(12), article number e0243949. doi: 10.1371/journal.pone.0243949
- Srinivasan, K., & Yadav, V. K. (2024). An empirical investigation of barriers to the adoption of smart technologies integrated urban agriculture systems. *Journal of Decision Systems*, 33(4), 878–912. doi: 10.1080/12460125.2023.2189652
- Demyanyuk, O. S., Gumenyuk, I. I., Levishko, A. S., Vakulenko, S. O., & Poltava, O. P. (2022). Ecological aspects of the formation of sustainable food systems. *Balanced Nature Using*, 4, 119–128. doi: 10.33730/2310-4678.4.2022.275863
- E Elahi Mirza, M. N., Waseem, H. B., & Rana, I. A. (2025). Urban agriculture and sustainability: A systematic review and thematic trends. *World Development Sustainability*, 7, article number 100245. doi: 10.1016/j.wds.2025.100245
- United Nations. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA)*. Retrieved from <https://population.un.org/wup/>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 — Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Rome. doi: 10.4060/cd1254en
- Csambalik, L., Gál, I., Madaras, K., Tóbiás, A., & Pusztai, P. (2024). Beyond efficiency: The social and ecological costs of plant factories in urban farming — A Review. *Urban Science*, 8(4), article number 210. doi: 10.3390/urbansci8040210
- Zhong, C., Hu, R., Wang, M., Xue, W., & He, L. (2020). The impact of urbanization on urban agriculture: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 276, article number 122686. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122686
- Maye, D. (2019). ‘Smart food city’: Conceptual relations between smart city planning, urban food systems and innovation theory. *City, Culture and Society*, 16, 18–24. doi: 10.1016/j.ccs.2017.12.001
- Food 2030 — Future-proofing our food systems through research and innovation. (2017). Publications Office of the European Union. Retrieved from <https://data.europa.eu/doi/10.2777/188064>
- Nogueira-McRae, T., Ryan, E. P., Jablonski, B. B. R., Carolan, M., Arathi, H. S., Brown, C. S., ... Schipanski, M. E. (2018). The role of urban agriculture in a secure, healthy, and sustainable food system. *BioScience*, 68(10), 748–759. doi: 10.1093/biosci/biy071
- Senthamizh, R., & Anbarasan, P. (2025). Urban agriculture in a changing world: A thematic review of global trends, innovations, governance, and pathways to sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, article number 1624426. doi: 10.3389/fsufs.2025.1624426
- Jordi-Sánchez, M., & Díaz-Aguilar, A. L. (2021). Constructing organic food through urban agriculture, community gardens in Seville. *Sustainability*, 13(8), article number 4091. doi: 10.3390/su13084091

17. Lopez-Muñoz, F., Soto-Bruna, W., Baptiste, B. L. G., & Leon-Pulido, J. (2025). Evaluating food resilience initiatives through urban agriculture models: A critical review. *Sustainability*, 17(7), article number 2994. doi: 10.3390/su17072994
18. Marini, M., Caro, D., & Thomsen, M. (2023). Investigating local policy instruments for different types of urban agriculture in four European cities: A case study analysis on the use and effectiveness of the applied policy instruments. *Land Use Policy*, 131, article number 106695. doi: 10.1016/j.landusepol.2023.106695
19. Bazaluk, O., Yatsenko, O., Zakharchuk, O., Ovcharenko, A., Khrystenko, O., & Nitsenko, V. (2020). Dynamic development of the global organic food market and opportunities for Ukraine. *Sustainability*, 12(17), article number 6963. doi: 10.3390/su12176963
20. Fei, S., Wu, R., Liu, H., Yang, F., & Wang, N. (2025). Technological innovations in urban and peri-urban agriculture: Pathways to sustainable food systems in metropolises. *Horticulturae*, 11(2), article number 212. doi: 10.3390/horticulturae11020212
21. Sowmya, C., Anand, M., Indu Rani, C., Amuthaselvi, G., & Janaki, P. (2024). Recent developments and inventive approaches in vertical farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, article number 1400787. doi: 10.3389/fsufs.2024.1400787
22. Rajaseger, G., Chan, K. L., Yee Tan, K., Ramasamy, S., Khin, M. C., Amaladoss, A., & Kadamb Haribhai, P. (2023). Hydroponics: Current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19(9), 925–938. doi: 10.6026/97320630019925
23. Janse van Rensburg, D., & Puren, K. (2023). Fighting the hunger games through permaculture: A scoping review to inform urban planning. *Frontiers in Sustainable Cities*, 5, article number 1203739. doi: 10.3389/frsc.2023.1203739
24. Forte Taylor, R. C., Clark, O. G., & Malard-Adam, J. J. (2025). Assessment of permaculture integration into gray and mainstream scientific literature in four languages. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 45, article number 36. doi: 10.1007/s13593-025-01017-2
25. Bunas, O. A., Demyanyuk, O. S., Sherstoboeva, O. V., & Zolotov, M. Yu. (2022). Permaculture: The future or just a philosophy. In *Ecological safety and balanced environmental management in agro-industrial production: Materials of the International Scientific and Practical Conference* (pp. 49–52; Part 1). Kyiv: DIA.
26. Demyanyuk, O. S., Tertychna, O. V., Parkhomenko, M. M., & Buturlym, D. A. (2022). The use of spicy and aromatic crops in vertical gardening. *Balanced Nature Using*, 2, 45–54. doi: 10.33730/2310-4678.2.2022.261248
27. Santos, M., Moreira, H., Cabral, J. A., Gabriel, R., Teixeira, A., Bastos, R., & Aires, A. (2022). Contribution of home gardens to sustainable development: perspectives from a supported opinion essay. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), article number 13715. doi: 10.3390/ijerph192013715
28. Nova, P., Pinto, E., Chaves, B., & Silva, M. (2020). Urban organic community gardening to promote environmental sustainability practices and increase fruit, vegetables and organic food consumption. *Gaceta Sanitaria*, 34(1), 4–9. doi: 10.1016/j.gaceta.2018.09.001

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

МОВЧАН Валентина Олексіївна — кандидат біологічних наук, доцент, директор, Інститут біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна” (вул. Львівська, 23, м. Київ, Україна, 03115; e-mail: greendragoness16@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2063-2729>).

ІЛЮК Наталія Анатоліївна — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Інститут біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна” (вул. Львівська, 23, м. Київ, Україна, 03115; e-mail: N.iliuk@i.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3296-4790>).

МЕЛЕЖИК Ольга Вікторівна — кандидат біологічних наук, доцент, Інститут біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна” (вул. Львівська, 23, м. Київ, Україна, 03115; e-mail: o_melezhyk@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3882-7102>).

ЗІНЧУК Наталія Анатоліївна — кандидат педагогічних наук, доцент, Інститут біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна” (вул. Львівська, 23, м. Київ, Україна, 03115; e-mail: znamail2020@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9888-0410>).

МІКОБІОТА РИЗОСФЕРИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ АЗОТОХЕЛП І ГРАУНДФІКС

Д. О. Яковенко

аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН України (м. Київ, Україна)

Біотехнологічна компанія BTU (м. Київ, Україна)

e-mail: d.yakovenko@btu-center.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

В. В. Бородай

доктор сільськогосподарських наук, доцент

Інститут агроєкології і природокористування НААН України (м. Київ, Україна)

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

У роботі вивчено зміни чисельності та структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої за використання різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс® та Азотохелп®. Дослідження проводилися в умовах дослідного поля Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля (ДСГДС ІКСГП). Найбільш сприятливе співвідношення сапротрофних і патогенних грибів у фазі розвитку пшениці озимої ВВСН 61–69 сформувалось у варіанті із сумісним внесенням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га). У цьому варіанті частка фітопатогенів виявилася найменшою (4 тис. КУО/г ґрунту), що було в 4,6 рази менше, ніж у контрольному варіанті, а частка сапротрофної мікобіоти становила 94,7%, в інших варіантах з окремим внесенням біопрепаратів — 64,7–85,8%, у контрольному варіанті — 63,6%. За ефективністю щодо посилення біологічної активності ґрунту до нього наближався варіант з обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/м) + фоліарним обприскуванням Азотохелпом (0,5 л/га) у фазу весняного куцання. Найбільша кількість грибів-антагоністів родів *Trichoderma* та *Gliocladium* у ризосфері пшениці спостерігалася за внесення біопрепаратів під передпосівну культивуацію. Застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивуацію призвело до збільшення частки роду *Trichoderma* на 60% порівняно з 5,6–29,4% в інших варіантах, що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту, вплинуло на пригнічення патогенів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту порівняно з 7,3–18,4 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), так і у фазі розвитку ВВСН 83–89 (3,8 тис. КУО/г ґрунту проти 7,8–27,0 тис. КУО/г ґрунту). Ефективність цього варіанту в період вегетації пшениці у 2021 році була нижчою, що можна пояснити несприятливими гідротермічними умовами. Виявлено пролонгований ефект застосування біопрепаратів, спрямований на стабілізацію мікробіоценозу ґрунту.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., ризосфера, агроценози, мікроорганізми, фітопатогени, антагоністи, мікробні препарати.

ВСТУП

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), разом з іншими зерновими культурами, є життєво важливим джерелом поживних речовин та енергії в раціоні людини. Це друга за обсягом виробництва зернова культура у світі після кукурудзи та провідна зернова культура в Європі, на яку припадає майже половина загального врожаю зернових. Погіршення ґрунтової родючості, висока чисельність популяцій сеgetальних рослин, фітофагів і збудників хвороб за значного рівня антропогенного тиску на агроєкосистеми призвели до погіршення екологічного стану в сучасному виробництві зернових культур [1–3].

Мікроміцети відіграють ключову роль у ґрунтовому мікробіомі, впливаючи на загальну мікробну активність ґрунту. Значний тиск фітопатогенів на рослини та ґрунтову біоту є одним з екологічних ризиків, що може спричинити великі втрати щодо кількісних і якісних показників продукції [4–6].

Серед високошкодочинних хвороб пшениці озимої є фузаріози та альтернаріози, спричинені токсинотворювальними видами грибів роду *Fusarium*, *Alternaria* тощо. Це підтверджується встановленими максимально допустимими рівнями дезоксиніваленолу, зеараленону, Т-2 токсину, фумонізину в зерні та потребує пошуку шляхів зменшення їх кількості [7].

Враховуючи зростаючі негативні наслідки інтенсивного сільського господарства для природних ресурсів, здоров'я людини та навколишнього середовища, а також прогнози щодо погіршення клімату, існує нагальна потреба зосередитися на фундаментальних і прикладних дослідженнях біостимуляторів, біодобрив та біопестицидів [8].

Мета роботи — дослідити зміни чисельності та структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої за використання різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс і Азотохелп.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Біопрепарати, а саме біодобрива, вважаються найважливішими компонентами сталого сільського господарства, які мають тривалий вплив на родючість ґрунту [9].

Р. Mažulytė та ін. дослідили, що сумісне використання бактерій родів *Bacillus*, *Pseudomonas* і *Streptomyces* за вирощування озимої пшениці сприяло кращому розчиненню фосфатів за рахунок утворення молочної, оцтової, глюконової, яблучної, щавлевої, лимонної кислот і фітогормонів, таких як індол-3-оцтова кислота, зеатин, гіберелова та абсцизова кислоти, ефективній колонізації ризосфери коренів рослин, покращенню показників росту рослин і поглинанню поживних речовин [10].

У польових дослідах інокуляція *Azospirillum brasilense* дала змогу зменшити потребу в азотних добривах на 25%, а застосування декількох методів обробки збільшило кількість діазотрофних бактерій у тканинах рослин, позакореневе обприскування покращило колонізацію листя, а ґрунтова інокуляція сприяла колонізації коренів і ризосфери [11].

Досліджуючи рослини пшениці, А. Kumar та ін. показали, що інокуляція бактеріями-солубілізаторами фосфору *Bacillus megaterium*, *Arthrobacter chlorophenolicus* та *Enterobacter* значно покращує поглинання фосфору рослинами, врожайність зерна й кількість фосфору в зерні, яка збільшилася майже вдвічі в тепличних і польових експериментах [12].

Бактеріальні інокулянти можуть бути використані для зменшення норм мінеральних азотних добрив, стимулюючи мікробну біомасу та активність ферментів у ґрунті, допомагаючи забезпечити надходження поживних речовин, що сприяють оптимізації врожайності сільськогосподарських культур [13–15]. Спільне застосування високих доз мінеральних добрив і бактеріальних інокулянтів (N-фіксуєючих бактерій *Klebsiella planticola* та *Enterobacter* spp.), що призвело до значного збільшення вмісту

N, P, K і білка в зерні сільськогосподарських культур, вплинуло на врожайність [13].

Оздоровлення мікробіоти ґрунту впливає і на якість продукції. Так, U. Wachowska, A. Waśkiewicz і M. Jędruczka оцінили вплив біологічних засобів захисту на основі бактерій роду *Sphingomonas* та грибів *Aureobasidium pullulans* на колонізацію зерна озимої пшениці грибами роду *Fusarium* і накопичення ергостеролу, дезоксиніваленолу, ніваленолу, зеараленону, боверицину, енніатинів та моніліформіну в зерні озимої пшениці. Біопрепарати пригнічували проникнення патогенів роду *Fusarium* у тканини зерна та сприяли природному зменшенню популяції *Fusarium* spp. після шести місяців зберігання зерна на 23,5–34,1% під час збору врожаю та 40,9–100% після шестимісячного періоду зберігання. Авторами встановлено, що *A. pullulans* може ефективно пригнічувати проліферацію широкого спектру токсинів грибів роду *Fusarium* (дезоксиніваленол, ніваленол, енніатини та моніліформін) [16].

Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур і біологічна активність ґрунту перебувають у прямій залежності, тому великого значення набувають способи активізації біологічних процесів у ньому. У зв'язку з цим перспективним є застосування екологічно безпечних біопрепаратів, здатних активізувати ґрунтову біоту, а також усі біологічні процеси, що протікають у ґрунті.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в умовах дослідного поля Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН (с. Самчики, Старокостянтинівський р-н, Хмельницька обл., північно-західна частина Правобережного Лісостепу України) протягом 2020–2022 рр.

Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем слабоопідзолений середньосуглинковий, середньопотужний, малогумусний на лісовому суглинку бурувато-пального забарвлення. Облікова площа ділянки — 40 м², повторність — чотириразова, розміщення ділянок — систематичне. Уміст гумусу (за Тюрнімом) — 2,8–2,9%, рН — 5,8–6,2, гідролітична кислотність — 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г, валові запаси нітрогену — 0,153–0,163%, фосфору — 0,136–0,149%, лужногідролізованого нітрогену — 17–19,3 мг, рухомі форми фосфору та калію (за Чириковим) — відповідно 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г.

У досліді вивчалися елементи технології вирощування пшениці озимої сорту Богдана: застосування біодобрив Граундфікс® та Азотохелп® (Азотофіт®) (біотехнологічна компанія ВТУ, Україна). Дослідження проводили за та-

кою схемою: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення на мінеральному фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$. Попередником була соя. Норма висіву насіння — 5 млн шт./га.

До складу біопрепарату Граундфікс входять мікроорганізми: *Bacillus velezensis* (*B. subtilis*), *B. subtilis*, *Priestia megaterium* (*B. megaterium* var. *phosphaticum*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Agr. salinitolerans* (*Enterobacter*), *Raenibacillus polymyxa* (титр $0,5-1,5 \times 10^9$ КУО/см³). Основою біопрепарату Азотохелп (Азотофіт) є азотфіксувальні бактерії *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) та біологічно активні продукти їхньої життєдіяльності (титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³).

Досліди з біодобривами було закладено в останній декаді вересня — першій половині жовтня; фоліарне застосування Азотохелпу (0,5 л/га) проводили у фазі ВВСН 21–29, а збирання та облік урожаю пшениці озимої — в останній декаді липня згідно із загальноприйнятими методиками проведення досліджень у землеробстві [17; 18].

Визначення видового та кількісного складу мікроміцетів ризосфери пшениці, відібраних у

фазах росту ВВСН 61–69 та ВВСН 83–89, проводили в Інституті прикладної біотехнології біотехнологічної компанії ВТУ згідно із ДСТУ 7847:2015 та загальноприйнятими в мікробіології методами [19; 20].

Інструменти з підтримкою штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini) застосовувалися виключно для покращення граматики, формулювання та узгодженості тексту. Статистичну обробку даних проводили, використовуючи програму Microsoft Office Excel® 2010 для Microsoft Windows®. Середні значення порівнювали за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) з $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами проведеного порівняльного мікологічного аналізу чисельності й структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої встановлено, що застосування біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп істотно змінювало мікоценоз ризосфери. У фазі ВВСН 61–69 загальна кількість грибів у 2021 році становила від 50,7 до 78,1 тис. КУО/г ґрунту. Серед них частка сапротрофних грибів від загальної кількості виділених видів коливалася в межах 63,6–94,7%, а патогенних — 5,3–36,4% (рис. 1).

Серед патогенних грибів у фазі ВВСН 61–69 переважна кількість належала *Fusarium graminearum* Schwabe, *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. sporotrichioides* nom. nov. Bilai,

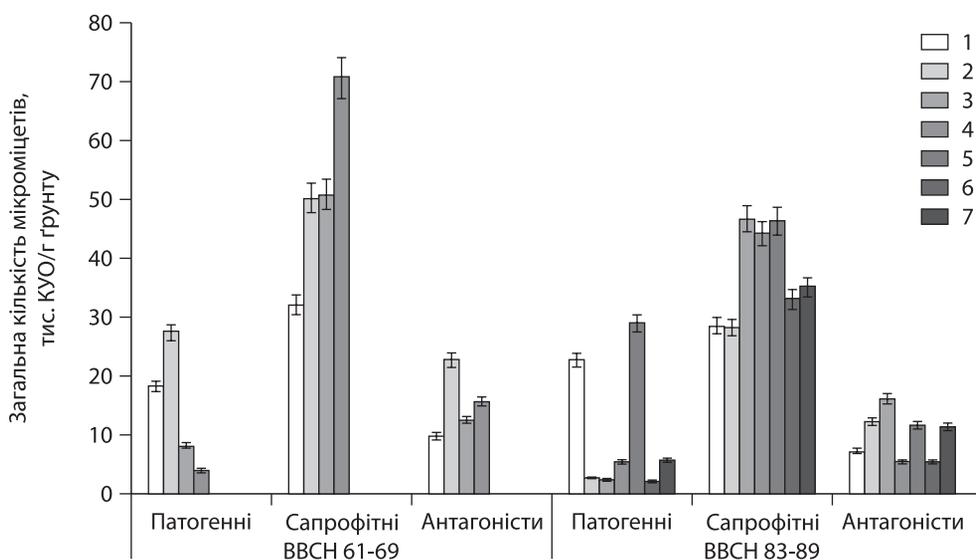


Рис. 1. Динаміка чисельності мікроміцетів ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів, 2021 р.

Джерело: виконано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення.

Alternaria alternata (Fr.) Keissl. Ці види є збудниками фузаріозної кореневої гнилі та фузаріозу колоса, почорніння колоса і чорного зародка (гриби роду *Alternaria*). Найменшою частка фітопатогенів виявилась у варіанті із сумісним застосуванням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) (4 тис. КУО/г ґрунту), що було в 4,6 раза менше, ніж у контрольному варіанті. Це можна пояснити біологічною активністю бактерій — складових біодобрих, зокрема родів *Bacillus* та *Raenibacillus* у складі Граундфіксу та *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) у складі Азотохелпу (табл. 1).

Відомо, що завдяки продукуванню біологічно активних речовин, індукції каскаду захисних реакцій і розвитку системного імунітету рослин, мікроорганізми, які є основою біопрепаратів, сприяють мінімізації шкідливого впливу за дії біотичних та абіотичних стресів, стимулюють ріст рослин у період вегетації і підвищують їхню продуктивність завдяки асиміляції елементів живлення [10; 13; 21; 22].

На відміну від контролю, у варіантах із біопрепаратами спостерігалось суттєве зростання частки сапротрофної мікобіоти, грибів-

антагоністів і відповідне зниження патогенних грибів, що свідчить про виражений біологічний ефект біопрепаратів. У варіанті із сумісним застосуванням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) у фазу цвітіння виявилась найбільша частка сапрофітних мікроміцетів — 94,7%, в інших варіантах з окремим внесенням біопрепаратів — 64,7–85,8%, у контрольному варіанті — 63,6%. У варіанті з окремим внесенням Азотохелпу (3 л/т) також спостерігалась тенденція до зростання сапротрофної мікобіоти, але дещо менша, ніж за сумісного використання. Це вплинуло на зниження інфекційного навантаження в прикореневій зоні, а отже, опосередковано сприяло зменшенню втрат рослин у період виходу в трубку та колосіння [21].

Аналогічні закономірності виявлено в дослідженнях А. Ali, X. Liu, W. Yang та ін., які встановили, що застосування біодобрих на основі *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* і *Bacillus thuringiensis* сприяло збільшенню різноманітності видів ґрунтових грибів в агроценозі озимої пшениці [14].

Відомо, що види роду *Azotobacter* здатні безпосередньо впливати на ріст рослин, син-

Таблиця 1

Родове співвідношення сапротрофної мікобіоти в ризосфері пшениці озимої сорту Богдана за дії біопрепаратів, 2021 р. (% від загальної кількості мікроміцетів)

Варіант досліджу	Усього	Сапротрофних грибів із родів, %										
		<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Raecyloomyces</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Absidia</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Mortierella</i>	<i>Mucor</i>	<i>Myrothecium</i>	<i>Gliocladium</i>
Фаза розвитку ВВСН 61–69												
1	63,6	18,1	26,4	0	0	10,1	0	4,0	0	3,0	0	2,0
2	64,7	5,9	29,3	0	5,9	5,9	0	0	0	5,9	5,9	5,9
3	85,8	57,3	21,4	0	0	7,1	0	0	0	0	0	0
4	94,7	52,4	21,1	0	0	0	5,3	10,6	5,3	0	0	0
Фаза розвитку ВВСН 83–89												
1	55,6	0	22,2	0	0	11,1	0	11,2	0	0	11,1	0
2	90,7	0	30,6	20,0	0	19,2	0	0	0	0	0	20,9
3	94,9	27,3	25,0	12,5	0	12,5	0	0	0	12,5	0	5,1
4	88,9	22,2	11,2	11,1	0	22,2	0	11,1	0	0	11,1	0
5	85,8	28,6	28,6	0	0	28,6	0	0	0	0	0	0
6	89,4	3,6	24,7	16,7	0	7,0	0	0	0	3,7	8,5	25,2
7	61,5	23,0	15,4	0	0	0	0	7,7	0	0	0	15,4

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення.

тезуючи гормони росту, які можуть не тільки посилювати ріст і поглинання поживних речовин, але й опосередковано захищати рослини-господарі від фітопатогенів і стимулювати інші корисні мікроорганізми ризосфери [22].

Найбільша кількість грибів-антагоністів родів *Trichoderma*, *Raecilomyces* і *Gliocladium* спостерігалась у варіанті з окремим внесенням Граундфіксу (3 л/га) (відповідно 29,3 проти 21,1–26,4 тис. КУО/г ґрунту та 5,9 проти 2,0 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), що пояснюється прямою та опосередкованою дією складових Граундфіксу. Так, застосування біопрепарату на основі *Azotobacter vinelandii* в агроценозі пшениці озимої сприяло мінералізації рослинних залишків, прискоренню процесів розкладання та послабленню їхніх механічних характеристик [23]. Отже, біопрепарати сприяли накопиченню в ґрунті мікроміцетів, які відомі своєю антифунгальною, антибактеріальною, нематоцидною та стимулювальною для росту дією [24].

У фазі розвитку ВВСН 83–89 у контрольному варіанті та у варіанті з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) спостерігали зростання частки патогенних мікроміцетів. Водночас в інших варіантах дослідження біопрепаратів ця частка суттєво знижувалась. За дії біопрепаратів зберігалась висока частка сапротрофних та антагоністичних грибів, передусім родів *Trichoderma* та *Gliocladium*. Це свідчить про пролонгований захисний ефект біологічних агентів протягом періоду вегетації.

Загальна кількість мікроміцетів ризосфери пшениці озимої у 2022 році у фазі розвитку ВВСН 61–69 була нижчою та коливалася від 30,0 до 66,0 тис. КУО/г ґрунту, що пов'язано з гідротермічними умовами року. Серед них частка сапротрофних грибів від загальної кількості виділених видів була в межах 55,6–90,0%, а патогенних — 10,0–44,4% (рис. 2).

Спостерігали суттєве підвищення сапротрофів за впливу біопрепаратів, особливо Граундфіксу (3 л/га) (32,7–58,7 тис. КУО/г ґрунту проти 22,0 тис. КУО/г ґрунту в контрольному варіанті). Менш ефективним виявився варіант з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) (16,7 тис. КУО/г ґрунту). Найбільша кількість грибів-антагоністів спостерігалась у варіанті з окремим внесенням під передпосівну культивування Граундфіксу (3л/га) і Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) (відповідно 21,8 та 18,4 проти 1,9–5,5 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах).

Водночас застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивування призвело до збільшення частки роду *Trichoderma* в ґрунті на 60% порівняно з 5,6–29,4% в інших варіантах, що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту (табл. 2).

Порівняно з 2021 роком ефективність цього варіанту була нижчою, що можна пояснити несприятливими гідротермічними умовами. Аналогічну тенденцію впливу погодних умов спостерігали D. Latkovic та ін., у дослідженнях

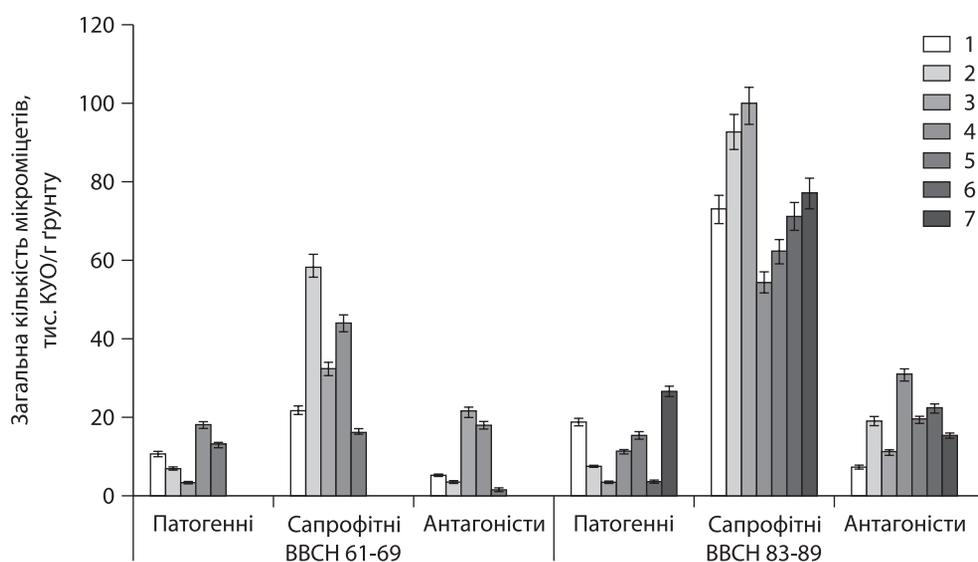


Рис. 2. Динаміка чисельності мікроміцетів ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів, 2022 р.

Джерело: виконано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивування; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивування; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивування; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кушення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кушення.

Таблиця 2

Родове співвідношення сапротрофної мікобіоти в ризосфері пшениці озимої сорту Богдана за дії біопрепаратів, 2022 р. (% від загальної кількості мікроміцетів)

Варіант досліджу	Усього	Сапротрофних грибів із родів, %												
		<i>Penicillium</i>	<i>Absidia</i>	<i>Arthrinium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Gliocladium</i>	<i>Mortierella</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Aureobasidium</i>	<i>Scopulariopsis</i>
Фаза розвитку ВВСН 61–69														
1	66,7	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	33,4	8,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
2	88,9	22,0	0,0	5,6	5,6	16,7	5,6	11,1	0,0	5,6	16,7	0,0	0,0	0,0
3	90,0	0,0	0,0	30,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	70,6	0,0	11,8	23,5	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0
5	55,6	22,3	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0
Фаза розвитку ВВСН 83–89														
1	79,2	79,2	16,7	0,0	12,5	8,3	16,7	0,0	4,2	0,0	8,3	0,0	12,5	0,0
2	92,3	92,3	0,0	11,5	0,0	19,2	3,8	30,8	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7
3	96,3	18,6	11,1	7,4	11,1	7,4	25,9	7,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
4	82,4	17,7	0,0	0,0	47,1	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	80,0	10,0	10,0	0,0	25,0	15,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
6	96,2	17,2	15,8	31,6	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	74,1	14,9	7,4	3,7	14,8	25,9	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивування; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивування; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивування; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кущення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кущення.

яких, за комбінованого застосування мікробних інокулянтів (N-фіксуєючих бактерій *Klebsiella planticola* та *Enterobacter* spp.) різних норм комплексних мінеральних добрив та їх комбінацій, найвищі значення родючості ґрунту були визначені в період із кращим розподілом опадів протягом вегетаційного періоду завдяки оптимальним значенням вологості ґрунту й температури повітря [11].

Аналіз видового складу мікроміцетів ризосфери пшениці озимої у фазах розвитку ВВСН 61–69 та 83–89 у 2021–2022 рр. показав стійку присутність як певних видів патогенної, так і сапротрофної мікобіоти.

До спільних патогенних видів, що траплялися в усі роки та фази розвитку пшениці озимої, належали *Fusarium graminearum*, *F. oxysporum* і *F. verticillioides*, що свідчить про їхню провідну роль у формуванні фітопатогенного фону агроценозу. Серед сапротрофних грибів стабільно виявляли представників родів *Penicillium* (*P. brevicompactum*, *P. canescens*), *Trichoderma* (*T. viride*, *T. harzianum*), *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer* та *Gliocladium*

roseum, які формують постійний мікологічний фон ризосфери.

Водночас для окремих років і фаз розвитку пшениці озимої було встановлено індивідуальні види, зокрема *Fusarium sporotrichioides*, *F. culmorum*, *Aureobasidium pullulans*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Arthrinium phaeospermum*, що з'являлися епізодично. Їх присутність зумовлена коливаннями гідротермічних умов, рівнем антропогенного навантаження та фізіологічним станом рослин у конкретні періоди вегетації.

Цікавим виявився і той факт, що у фазі цвітіння у 2022 році за використання як окремо, так і комбіновано Граундфіксу в ґрунті спостерігали гриби ряду *Mortierellales*, які відомі переважно своїм сапротрофним способом життя як ефективні деструктори складних органічних речовин, включаючи целюлозу, геміцелюлозу та лігнін. Деякі види *Mortierella* виробляють речовини, що стимулюють ріст рослин, такі як індол-3-оцтова кислота (IAA) та інші фітогормони, які сприяють розвитку кореневої системи та загальному росту рослин [25].

У фазі ВВСН 83–89 у 2022 році в контрольному варіанті спостерігалось збереження високої частки патогенних грибів (20,8%) порівняно з дією біодобрив (3,7–20,0%). У більшості варіантах із біодобривами домінували сапротрофні види (82,4–96,3% проти 79,2% у контрольному варіанті). Застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивування вплинуло на пригнічення патогенів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту порівняно з 7,3–18,4 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), так і у фазі дозрівання насіння (3,8 тис. КУО/г ґрунту проти 7,8–27,0 тис. КУО/г ґрунту). S. Šeremešić та ін. досліддили, що за адаптованих стратегій сівозміни та обробітку ґрунту підвищений рівень органічної речовини й азоту корелював із більшою чисельністю та різноманітністю грибів [26].

Водночас у 2021 році ефективність окремих варіантів із застосуванням Азотохелпу була менш вираженою, що, ймовірно, зумовлено дією несприятливих гідротермічних умов вегетаційного періоду. Варіанти з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) або лише фоліарним внесенням препарату у фазі весняного кушення (0,5 л/га) характеризувалися помірною ефективністю та за окремими показниками не перевищували контроль.

Про пролонговану дію біопрепаратів свідчить і стабільно найвищий відсоток грибів-антагоністів — 11,5–31,3% проти 7,7% у контрольному варіанті. Ця тенденція простежувалася й у 2021 році у фазі дозрівання насіння пшениці озимої.

Отже, застосування Азотохелпу та Граундфіксу істотно вплинуло на зниження фітопатогенного фону ризосфери пшениці озимої в осінньо-зимовий період, що створювало передумови для розвитку кореневих гнилей, ослаблення рослин після перезимівлі та зрідження посівів, і сприяло розвитку сапротрофної мікобіоти й грибів-антагоністів, що забезпечило підвищену життєздатність рослин.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що використання поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп позитивно впливає на мікобіоту ризосфери пшениці озимої. Достовірне збільшення частки сапротрофних грибів і зниження частки фітопатогенних мікроміцетів у ризосфері рослин, переважно представлених збудниками кореневих гнилей, спостерігали за сумісного внесення Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) під передпосівну культивування у 2021 році (у 4,6 раза порівняно з контролем). Аналогічна дія, за більш сприйнятливих погодних умов, виявлена у 2022 році у варіантах з окремим підживленням ґрунту Азотохелпом (3 л/га) і Граундфіксом (3 л/га) та за комбінованого застосування Азотохелпу для обробки насіння (1,5 л/т) і фоліарного внесення у фазі весняного кушення (0,5 л/га).

Внесення Азотохелпу в дозі 3 л/га під передпосівну культивування сприяло істотному зростанню частки грибів роду *Trichoderma* у структурі мікобіоти ризосфери (до 60%), що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту. Це забезпечило ефективне пригнічення патогенних мікроміцетів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту проти 7,3–18,4 тис. КУО/г в інших варіантах), так і на пізніших етапах онтогенезу (ВВСН 83–89), де чисельність патогенів не перевищувала 3,8 тис. КУО/г ґрунту. Отримані результати підтверджують пролонгований стабілізуючий вплив біопрепаратів на мікробіоценоз ґрунту.

Посадження різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп у технологіях вирощування пшениці озимої є екологічно доцільним, оскільки сприяє стабільному домінуванню сапротрофно-антагоністичних угруповань і пригніченню патогенної мікобіоти в ризосфері рослин, насамперед родів *Fusarium* та *Alternaria*, що мінімізує ризики розвитку кореневих гнилей, а саме фузаріозів та альтернаріозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волкогон В. В. Значення мікроорганізмів для здоров'я ґрунтів та оптимізації формування біоценозів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56, № 1. С. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.003>
2. Екологічна та біологічна безпека України: колективна монографія / О. І. Дребот та ін.; за наук. ред. О. І. Дребот, А. І. Парфенюк. Київ: Видавництво НУБІП України, 2022. 322 с.
3. Дем'янюк О. С., Шерстобоева О. В., Ткач Є. Д. Функціональна структура мікробних угруповань чорнозему глибокого за впливу гідротермічних і трофічних чинників. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80, № 6. С. 94–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.094>
4. Лішук А. М., Парфенюк А. І., Городиська І. М. та ін. Основні важелі управління екологічними ризиками в агроценозах. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 2. С. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320>
5. Kosovska N., Boroday V. V., Parfenyuk A. et al. Ecological control of phytopathogenic micromycetes in agrocenoses of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, iss. 12. P. 263–273. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/214283>
6. Chen Q., Song Y., An Y. et al. Soil microorganisms: their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*. 2024. Vol. 16, iss. 12. 734. DOI: <https://doi.org/10.3390/d16120734>

7. Živančev D., Janić Hajnal E., Stojanović Z. et al. Comparison of wheat quality, antioxidant activity, and mycotoxins under organic and conventional farming. *Processes*. 2025. Vol. 13, iss. 12. 3938. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13123938>
8. Meena D. C., BIRTHAL P. S., Kumara T. M. K. Biostimulants for sustainable development of agriculture: a bibliometric content analysis. *Discover Agriculture*. 2025. Vol. 3. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00149-5>
9. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M. et al. Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. 1606. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01606>
10. Mažylytė R., Kailiuvienė J., Mažonienė E. et al. The co-inoculation effect on *Triticum aestivum* growth with synthetic microbial communities (SynComs) and their potential in agrobiotechnology. *Plants*. 2024. Vol. 13, iss. 12. 1716. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13121716>
11. Fukami J., Nogueira M. A., Araujo R. S., Hungria M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*. 2016. Vol. 6. 3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y>
12. Kumar A., Maurya B., Raghuvanshi R. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2014. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.08.003>
13. Latkovic D., Maksimovic J., Dinic Z. et al. Case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*. 2020. Vol. 9, iss. 12. 452. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology9120452>
14. Ali A., Liu X., Yang W. et al. Impact of bio-organic fertilizer incorporation on soil nutrients, enzymatic activity, and microbial community in wheat–maize rotation system. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, iss. 9. 1942. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14091942>
15. Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Дімова С. Б. та ін. Біологічні фактори оптимізації систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99, вип. 11. С. 33–41. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-04>
16. Wachowska U., Waśkiewicz A., Jędryczka M. Using a protective treatment to reduce *Fusarium* pathogens and mycotoxins contaminating winter wheat grain. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2017. Vol. 26, no. 5. P. 2277–2286. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/67747>
17. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ “Укр. технології”, 2010. 1088 с.
18. Виробництво насіння пшениці озимої та ярої (методичні рекомендації) / за ред. А. А. Сіроштана, В. П. Кавунця. Миронівка, 2021. 49 с.
19. 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.
20. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В. В. Волкогон та ін.; за ред. д-ра с.-г. наук В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 463 с.
21. Yakovenko D. O., Boroday V. V., Bolokhovska V. A. Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®. Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture. Riga: Baltija Publishing. 2024. P. 434–458. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-18>
22. Aasfar A., Bargaz A., Yaakoubi K. et al. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. P. 628379. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>
23. Vaitauskienė K., Šarauskis E., Romaneckas K., Algirdas J. Design, development and field evaluation of row-cleaners for strip tillage in conservation farming. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 174. P. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.006>
24. Moreno-Gavira A., Diánez F., Sánchez-Montesinos B., Santos M. Biocontrol effects of *Paecilomyces variotii* against fungal plant diseases. *Journal of Fungi*. 2021. Vol. 7, iss. 6. 415. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7060415>
25. Ozimek E., Hanaka A. *Mortierella* species as the plant growth-promoting fungi present in the agricultural soils. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, iss. 1. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11010007>
26. Šeremešić S., Tančić Živanov S., Rajković M. et al. Exploring fungal biodiversity in crop rotation systems: impact of soil fertility and winter wheat cropping. *Plants*. 2025. Vol. 14, iss. 1. 65. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14010065>

MICROBIOTA OF THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT UNDER THE ACTION OF BIOLOGICAL PRODUCTS AZOTOHELP AND GROUNDFIX

Yakovenko D.

Postgraduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

BTU Biotech Company (Kyiv, Ukraine)

e-mail: d.yakovenko@btu-center.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

Borodai V.

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

The study investigated changes in the abundance and structure of the rhizosphere mycobiota of winter wheat using different methods of applying the multifunctional biological products Groundfix® and Azotohelp®. The research was conducted in the experimental field of the Khmelnytskyi State Agricultural Research Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillia (SARS IFAP). The most favourable ratio of saprotrophic and pathogenic fungi in the BBCH 61–69 development phase of winter wheat was formed in the variant with the combined application of Groundfix (1.5 l/ha) + Azotohelp (1.5 l/ha). In this variant, the proportion of phytopathogens was the lowest (4 thousand CFU/g of soil), which was 4.6 times less than in the control variant, and the proportion of saprotrophic mycobiota was 94.7%, in the other variants with separate application of biological products — 64.7–85.8%, in the control variant — 63.6%. The treatment with Azotohelp (1.5 l/t) + foliar spraying with Azotohelp (0.5 l/ha) in the spring tillering phase was close in enhancing soil biological activity to this variant in terms of effectiveness. The largest number of antagonistic fungi of the genera *Trichoderma* and *Gliocladium* in the rhizosphere of wheat was observed applying biological products during pre-sowing cultivation. The use of Azotohelp (3 l/ha) for pre-sowing cultivation led to an increase in the proportion of the genus *Trichoderma* by 60% compared to 5.6–29.4% in other variants, which indicates the formation of a high level of fungistatic activity of the soil and affected the suppression of pathogens both in the flowering phase (3.6 thousand CFU/g of soil compared to 7.3–18.4 thousand CFU/g of soil in other variants) and in the development phase of BBCH 83–89 (3.8 thousand CFU/g of soil versus 7.8–27.0 thousand CFU/g of soil). The effectiveness of this variant during the wheat growing season in 2021 was lower, which can be explained by unfavourable hydrothermal conditions.

Keywords: *Triticum aestivum* L., rhizosphere, agrocenoses, microorganisms, phytopathogens, antagonists, microbial preparations.

REFERENCES

- Volkogon, V. V. (2024). The significance of microorganisms for soil health and optimization of the formation of biocenoses. *Plant Physiology and Genetics*, 56(1), 3–26. doi: 10.15407/frg2024.01.003
- Drebot, O. I., Tertychna, O. V., Hluschenko, L. A., Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Borodai, V. V., ... Yakovenko, D. O. (2022). In O. I. Drebot & A. I. Parfeniuk (Eds.), *Ecological and biological safety of Ukraine* [Collective monograph]. Kyiv: Publishing House of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.
- Demyanyuk, O. S., Sherstoboeva, O. V., & Tkach Ye. (2018). Functional structure of microbial communities of deep chernozem under the influence of hydrothermic and trophic factors. *Microbiological Journal*, 80(6), 94–108. doi: 10.15407/microbiolj80.06.094
- Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Horodyska, I. M., Borodai, V. V., & Draha, M. V. (2022). The main levers of environmental risk management in agrocenoses. *Agroecological Journal*, 2, 74–85. doi: 10.33730/2077-4893.2.2022.263320
- Kosovska, N., Borodai, V., Parfenyuk, A., Lishchuk, A., Tertychna, O., Horodyska, ... Khitrenko, T. (2025). Ecological control of phytopathogenic micromycetes in agrocenoses of Ukraine. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 26(12), 263–273. doi: 10.12912/27197050/214283
- Chen, Q., Song, Y., An, Y., Lu, Y., & Zhong, G. (2024). Soil microorganisms: Their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*, 16(12), 734. doi: 10.3390/d16120734
- Živančev, D., Janić Hajnal, E., Stojanović, Z., Đurović, A., Aćin, V., Grahovac, N., ... Nićetin, M. (2025). Comparison of wheat quality, antioxidant activity, and mycotoxins under organic and conventional farming. *Processes*, 13(12), 3938. doi: 10.3390/pr13123938
- Meena, D. C., BIRTHAL, P. S. & Kumara, T. M. K. (2025). Biostimulants for sustainable development of agriculture: A bibliometric content analysis. *Discover Agriculture*, 3(2). doi: 10.1007/s44279-024-00149-5
- Bargaz, A., Lyamlouli, K., Chtouki, M., Zeroual, Y., & Dhiba, D. (2018). Soil Microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1606. doi: 10.3389/fmicb.2018.01606
- Mažylytė, R., Kailiuvienė, J., Mažonienė, E., Orola, L., Kaziūnienė, J., Mažylytė, K., ... Gegeckas, A. (2024). The co-inoculation effect on *Triticum aestivum* growth with synthetic microbial communities (SynComs) and their potential in agrobiotechnology. *Plants*, 13(12), 1716. doi:10.3390/plants13121716
- Fukami, J., Nogueira, M. A., Araujo, R. S. & Hungria, M. (2016). Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, 6(3). doi:10.1186/s13568-015-0171-y
- Kumar, A., Maurya, B., & Raghuwanshi, R. (2014). Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3. doi: 10.1016/j.bcab.2014.08.003
- Latkovic, D., Maksimovic, J., Dinic, Z., Pivic, R., Stanojkovic, A., & Stanojkovic-Sebic, A. (2020). Case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*, 9(12), 452. doi: 10.3390/biology9120452
- Ali, A., Liu, X., Yang, W., Li, W., Chen, J., Qiao, Y., ... Yang, Z. (2024). Impact of bio-organic fertilizer incorpora-

- tion on soil nutrients, enzymatic activity, and microbial community in wheat — maize rotation system. *Agronomy*, 14(9), 1942. doi: 10.3390/agronomy14091942
15. Volkohon, V. V., Potapenko, L. V., Dimova, S. B., Volkohon, K. I., & Khalep Yu. M. (2021). Biological factors for optimising fertilisation systems for agricultural crops in crop rotation. *Bulletin of Agricultural Science*, 99(11), 33–41. doi: 10.31073/agrovisnyk202111-04
 16. Wachowska, U., Waśkiewicz, A., & Jędrzycka, M. (2017). Using a protective treatment to reduce fusarium pathogens and mycotoxins contaminating winter wheat grain. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5), 2277–2286. doi: 10.15244/pjoes/67747
 17. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., Ivashchuk, P. V., & Korniiichuk, O. V. (2010). *Plant growing: technologies for growing agricultural crops*. Lviv: SPF “Ukrainian Technologies”.
 18. Sirostan A. A., & Kavunts V. P. (Eds.). (2021). *Production of winter and spring wheat seeds* [Methodological recommendations]. Myronivka.
 19. DSTU 7847:2015. (2015). Soil quality. Determination of the number of microorganisms in soil by sowing on a solid (agarised) nutrient medium. Kyiv: State Enterprise “UkrSRSC”.
 20. Volkohon, V. V., Nadkernychna, O. V., Tokmakova, L. M., Melnychuk, T. M., Chaykovska, L. O., Nadkernychnyy, S. P., ... Didovych, S. V. (2010). In V. V. Volkohon (Ed.), *Experimental soil microbiology*. Kyiv: Agrarian Science.
 21. Yakovenko D. O., Boroday V. V., Bolokhovska V. A. (2024). Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®. In *Modern Agronomy Trends: Innovation, Sustainable Development and the Future of Agriculture*. Riga: Baltija Publishing. doi: 10.30525/978-9934-26-588-4-18
 22. Aasfar, A., Barga, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 628379. doi: 10.3389/fmicb.2021.628379
 23. Vaitauskienė, K., Šarauškas, E., Romaneckas, K., & Algirdas, J. (2017). Design, development and field evaluation of row-cleaners for strip tillage in conservation farming. *Soil and Tillage Research*, 174, 139–146. doi: 10.1016/j.still.2017.07.006
 24. Moreno-Gavira, A., Diáñez, F., Sánchez-Montesinos, B., & Santos, M. (2021). Biocontrol effects of *Paecilomyces variotii* against fungal plant diseases. *Journal of Fungi*, 7(6), 415. doi: 10.3390/jof7060415
 25. Ozimek, E., & Hanaka, A. (2021). *Mortierella* species as the plant growth-promoting fungi present in the agricultural soils. *Agriculture*, 11(1), 7. doi: 10.3390/agriculture11010007
 26. Šeremešić, S., Tančić Živanov, S., Rajković, M., Aćin, V., Milić, S., Babec, B., & Jovanović, S. (2025). Exploring fungal biodiversity in crop rotation systems: impact of soil fertility and winter wheat cropping. *Plants*, 14(1), 65. doi: 10.3390/plants14010065

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ЯКОВЕНКО Дмитро Олексійович — аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); керівник міжнародного департаменту, біотехнологічна компанія BTU (вул. Ак. Амосова, 1/34, с. Софіївська Борщагівка, Бучанський р-н, Київська обл., Україна, 08138; e-mail: dyakovenko@btu-center.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>).

БОРОДАЙ Віра Віталіївна — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>).

ПАМ'ЯТІ О. І. ШКУРАТОВА



11 вересня 2025 р. на 40-му році життя відійшов у вічність широко відомий у наукових колах учений, доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН **Олексій Іванович Шкуратов**.

О. І. Шкуратов народився 31 грудня 1985 року в селищі Кирилівка Запорізької області. У 2007 р. він закінчив Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь), де у 2010–2011 рр. і працював. У 2011–2019 рр. О. І. Шкуратов був старшим науковим співробітником, завідувачем лабораторії, завідувачем відділу економіки природокористування в агросфері, заступником директора з наукової роботи та інноваційного розвитку Інституту агроекології і природокористування НААН (м. Київ); 2019–2020 рр. — завідувачем кафедри управління територіями, із 2021 р. — професором кафедри девелопменту та просторового планування, 2023–2024 рр. — директором Інституту інноваційної освіти КНУБА; 2020–2021 рр. — провідним науковим співробітником, завідувачем відділу Інституту землекористування НААН (м. Київ); 2021–2023 рр. — заступником Міністра освіти і науки України з питань європейської інтеграції; 2024–2025 рр. — проректором з науково-педагогічної роботи та

стратегічного розвитку, із 2025 р. — першим проректором Київського національного університету будівництва і архітектури.

Учений О. І. Шкуратов — автор і співавтор понад 120 наукових праць, у тому числі 7 монографій. Його наукові дослідження були спрямовані на розв'язання важливих загальнодержавних програм, пов'язаних із просторовим розвитком територій і забезпеченням збалансованого природокористування. Він розробив методику інтегральної оцінки рівня екологічної безпеки територій і практичні рекомендації щодо стратегії управління екологічною безпекою. Під його керівництвом захистили дисертації три кандидати економічних наук зі спеціальності “Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища”. Усе своє життя Олексій Іванович Шкуратов присвятив розвитку освіти та науки, працюючи на різних керівних і наукових посадах.

Олексій Іванович був справжнім патріотом. Його завжди вирізняли життєрадісність та оптимізм, поміркованість, принциповість і доброзичливість. Він щиро ділився своїм досвідом і мудрими порадами. Світла пам'ять про О. І. Шкуратова залишиться в серцях усіх, хто його знав.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

ВИМОГИ ДО ПОДАННЯ СТАТЕЙ

Під час подання рукопису до журналу автори повинні підтвердити його відповідність всім встановленим вимогам, вказаним нижче. У разі виявлення невідповідності поданої роботи пунктам цих вимог редакція повертатиме авторам матеріали на доопрацювання. Це подання раніше не було опубліковане і не надсилалося до розгляду редакціям інших журналів (або у коментарях для редактора нижче дані необхідні пояснення). Файл подання є документом у форматі Microsoft Word, OpenOffice, RTF. Інтернет-посилання у тексті супроводжуються повними коректними адресами URL. Текст набраний 14-м розміром кеглю з одинарним міжрядковим інтервалом; авторські акценти виділені курсивом, а не підкресленням (всюди, крім адрес URL); всі ілюстрації, графіки та таблиці розміщені безпосередньо у тексті, там, де вони повинні бути за змістом (а не у кінці документу). Текст відповідає вимогам до стилістики та бібліографії, викладеним у Керівництві для авторів розділу "Про журнал".

Якщо матеріал подається у рецензований розділ журналу, при оформленні файлу подання були виконані інструкції щодо Гарантій сліпого рецензування.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Представлені для публікації статті мають бути оригінальними (раніше не опублікованими в інших виданнях), в яких висвітлено результати наукових досліджень зі статистичною обробкою даних, що мають теоретичне та/чи практичне значення, а також є актуальними, відповідати профілю журналу та мати новизну. Статті оглядового характеру приймають за авторства провідних українських та зарубіжних учених, визнаних фахівців у своїй галузі, як правило, докторів наук.

Статті подають українською або англійською мовою.

До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки. Якщо стаття містить вагомий науковий результат, за рішенням редакційної колегії її обсяг може бути збільшено. Формат паперу — А4, орієнтація — книжкова, поля з усіх сторін — 20 мм, міжрядковий інтервал — 1,5, кегль шрифту — 14, гарнітура — Times New Roman, абзац — 1,25 см (не допускається створення абзацного відступу за допомогою клавіші Tab і

знаків пропуску); текст вирівнюється по ширині. Обов'язковим є використання в тексті тире, а не дефіса між цифрами на означення кількісних меж від... до... (напр., 3–5 га) або часового інтервалу (напр., 2010–2015 рр.).

Структура статті:

- Тематична рубрика (напр., "Економіка", "Екологія", "Агрономія", "Лісове господарство").
- Індекс УДК (вирівнювання відповідно до лівого краю).
- Назва статті українською мовою (вирівнювання по центру, напівжирний шрифт, великі літери).
- Ініціали та прізвище авторів (вирівнювання по центру, напівжирний шрифт), науковий ступінь і вчене звання, місце роботи/навчання (із вказанням країни, міста), адреса електронної пошти для кожного співавтора, код ORCID ID автора (вирівнювання по центру, курсив).
- Анотація (українська мова, обсяг 200–250 слів (1800–2000 знаків з пробілами), курсив) Анотація повинна бути інформативною і змістовною. Має відображати вихідні дані, методологію та результати проведення досліджень, висновки та сферу застосування результатів. Будь ласка, не використовуйте невизначені скорочення або не вказані посилання.
- Ключові слова (5–10 слів), жодне з яких не дублює слова з назви статті.
- Текст статті з урахуванням необхідних елементів (наведені нижче).
- Література.
- References.
- Анотація (не менше 2000 знаків) та ключові слова англійською мовою.
- Відомості про авторів (розширені) українською мовою.

Текст статті з відображенням у ній обов'язкових елементів згідно з вимогами МОН України має таку послідовність:

ВСТУП (постановка проблеми). Повинен містити актуальність наукової проблеми, наводяться відомі в світовій літературі факти із зазначенням ще не вирішених аспектів питання. Завершується вступ характеристикою мети роботи — "виявити...", "охарактеризувати...", "з'ясувати...", "описати...".

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, повинен розкрити стан досліджень проблеми у вітчизняній і світовій науковій літературі, включаючи посилання на статті у провідних вітчизняних і міжнародних фахових журналах (не менше 10) за останні 5 років.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Наводиться детальне викладення методів і методик з посиланням на першоджерело (схеми дослідів, повторність, методи лабораторного аналізу, методи статистичної обробки).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. Викладення результатів має зводитись не до переказу змісту таблиць і рисунків, а до визначення обґрунтованих закономірностей. В обговоренні результатів слід висвітлити причинно-наслідкові зв'язки між одержаними ефектами, порівняти одержані дані.

ВИСНОВКИ з проведеного дослідження (підсумки дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі; висновки мають відповідати меті).

ЛІТЕРАТУРА. У статті має бути наведено не менше ніж 10–15 джерел (оформлення відповідно до ДСТУ 8302:2015). Посилання на використані в тексті джерела робляться за зразком: [2], декілька джерел відділяються крапкою з комою [1; 4–6].

REFERENCES. Бібліографічний опис у романській абетці, який здійснюється відповідно до стандарту APA (American Psychological Association).

Оглядова стаття може мати будь-яку кількість розділів із будь-якими назвами. Висновок обов'язковий.

Таблиці (Excel або Word, кегль 12) розміщуються у тексті відразу після його першого подання. Вони повинні бути згадані і пронумеровані послідовно (напр., табл. 1). Назви таблиць (напівжирний шрифт, кегль 14, вирівнювання по центру), що надають інформаційний заголовок розташовані у верхній їх частині, а порядковий номер зліва перед назвою. Кожен стовець повинен мати коротку назву. Таблиці будуть відтворені у журналі, як представлено в остаточному поданні. Подробиці статистики та опису слід розміщувати під таблицею в якості виноски. Використовуйте зірочки для значень значущості та інших статистичних даних.

Рисунок повинен бути єдиним графічним об'єктом і згрупованим; мати номер і назву, що вказується поза об'єктом (кегль шрифту — 14, напівжирний, міжрядковий інтервал — 1, розміщення по ширині).

Розташування рисунку має бути в тексті. Рисунки повинні бути згруповані та виконані в чорно-білому форматі (лише книжний). Букви і символи повинні бути пояснені у підписі, і тільки у виняткових випадках — на малюнку. Підписи рисунків повинні бути доступні для редагування. Якість ілюстрацій повинна забезпечувати їхнє чітке відтворення. Графічні матеріали не повинні бути сканованими.

На всі рисунки й таблиці давати посилання в тексті. Усі рисунки мають супроводжуватися підписаними підписами, а таблиці повинні мати заголовки.

Не можна посилатися на національні стандарти, технічні умови, підручники, навчальні посібники та іншу ненаукову літературу. Посилання на патенти доцільно робити у тексті статті, вказавши лише номер та назву патенту, не зазначаючи у списку джерел.

Формули (зі стандартною технічною нумерацією) мають бути виконані в редакторі Microsoft Equation. Всі формули повинні бути вказані у тексті і пронумеровані послідовно: наприклад, (1). Цифри та підписи формул повинні бути хорошої якості, а також доступні для редагування.

Після списку використаних джерел надається відомості про автора (-ів) українською мовою: прізвище, ім'я, по батькові повністю; науковий ступень, вчене звання кожного автора; повна назва організації — місця роботи/навчання, із наведенням повної поштової адреси; адреса електронної пошти та телефон для кожного автора (зазначити для контактування); ORCID (за наявності) для кожного автора.

У наступному блоці інформація англійською мовою — відомості про автора, назва статті, анотація (більш розширена), ключові слова. Анотація має відображати вихідні дані, предмет, мету дослідження, метод або методологію проведення роботи, результати роботи, висновки та сферу застосування результатів. Переклад матеріалів, що подаються англійською мовою, повинен бути виконаний або відредагований професійним перекладачем. Комп'ютерний переклад не допускається. Якщо текст статті англійською мовою виконано не професійно, потребує значного обсягу редагування, він може бути повернений автору на доопрацювання або відхилений від публікації.

Згідно зі стандартами міжнародних систем цитування, автори статей також мають подавати список використаних джерел (References) відповідно до вимог APA (American Psychological Association). У випадку, якщо стаття підготовлена українською мовою, реферат українською мовою розміщується на початку статті, а далі наводиться її англійський варіант. У разі підготовки статті англійською мовою, послідовність розміщення рефератів — протилежна.

Всі автори мають підписати статтю на останній сторінці.

Рукопис необхідно надіслати у вигляді одного файлу у форматі Microsoft Word на адресу:

nature_us@ukr.net.

Телефон редакції: (044) 522-33-36.

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

