

ISSN 2077–4893 (Print)  
ISSN 2077–4915 (Online)

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



**4 • 2024**

---

Виходить чотири рази на рік

## ЗАСНОВНИКИ

**Інститут агроекології і природокористування  
Національної академії аграрних наук України**

**Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»**

**Всеукраїнська громадська організація  
«Асоціація агроекологів України»**

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143  
тел. (044) 522-60-62; e-mail: agroecojournal@ukr.net  
<https://journalagroeco.org.ua>

*Журнал внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)  
згідно з Наказом МОН України від 17.03.2020 № 409  
для публікації основних результатів дисертаційних робіт та матеріалів  
досліджень вчених теоретичного і практичного характеру з актуальних питань  
за спеціальностями: 101 – Екологія; 201 – Агронімія;  
091 – Біологія; 051 – Економіка; 205 – Лісове господарство;  
204 – Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва.*

*Журнал включено до міжнародних інформаційних та наукометричних баз:  
Research Bib Journal Database (Японія)  
Index Copernicus (Республіка Польща)  
Google Scholar (США)  
Ulrich's Periodicals Directory (США)*

Пристатейний список літератури продубльовано відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації (зокрема, наукометричної бази SCOPUS)

Відповідальність за зміст і достовірність поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори наукових статей.  
Редколегія не завжди поділяє думки авторів статей

**Журнал друкується і поширюється через мережу Інтернет  
за рішенням вченої ради Інституту агроекології і природокористування НААН  
(протокол № 12 від 14 листопада 2024 р.)  
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23578-13418 ПР від 27.09.2018.**

---

---

Підписано до друку 19.11.2024 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 12,9. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-03–24.  
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

---

---

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

---

---

4 • 2024



КИЇВ • 2024

## EDITORIAL BOARD

### Editor-in-chief

**DREBOT O.**, Doctor of Economic Sciences, Prof., Academician of NAAS

### Executive Secretary

**SHUMYHAI I.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

- |  |  |
|--|--|
| <b>BUDZANIVSKA I.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                   | <b>SYCHOV M.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  |
| <b>BUSHTRUK M.</b> ,<br><i>Candidate of Agricultural Sciences,<br/>Docent (Ukraine)</i>                            | <b>TARARIKO O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,<br/>Academician of NAAS (Ukraine)</i>               |
| <b>VYSOCHANSKA M.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences,<br/>Senior Researcher (Ukraine)</i>                     | <b>TERTYCHNA O.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences,<br/>Senior Researcher (Ukraine)</i>                         |
| <b>VOVK N.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  | <b>TKACH Ye.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences,<br/>Senior Researcher (Ukraine)</i>                            |
| <b>GONCHARENKO I.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Docent (Ukraine)</i>                                  | <b>FURDYCHKO O.</b> ,<br><i>Doctor of Economic and Agricultural Sciences, Prof.,<br/>Academician of NAAS (Ukraine)</i> |
| <b>GUDKOV I.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof.,<br/>Academician of NAAS (Ukraine)</i>               | <b>CHOBOTKO G.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  |
| <b>DEMYANYUK O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,<br/>Corresponding member of NAAS (Ukraine)</i> | <b>SHERSTOBOEVA O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                    |
| <b>DOBRYAK D.</b> ,<br><i>Doctor of Economics Sciences, Prof.,<br/>Corresponding member of NAAS (Ukraine)</i>      | <b>SHERSHUN M.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Senior Researcher<br/>(Ukraine)</i>                            |
| <b>ZAITSEV Yu.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  | <b>SHKURATOV O.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Ukraine)</i>   |
| <b>KONISHCHUK V.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                    | <b>YUKHNOVSKIY V.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     |
| <b>KOPIY L.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                       | <b>WALAT W.</b> ,<br><i>Doctor of Humanities Sciences, Prof. (Poland)</i>  |
| <b>KOSTENKO S.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                      | <b>DURSUN S.</b> ,<br><i>PhD, Prof. (Turkey)</i>   |
| <b>LISOVYY M.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     | <b>KOWALSKA A.</b> ,<br><i>Doctor of Engineering and Technical Sciences,<br/>Docent (Poland)</i>                       |
| <b>MUDRAK O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                      | <b>COELHO PINHEIRO M.</b> ,<br><i>PhD, Prof. (Portugal)</i>  |
| <b>NAGORNIUK O.</b> ,<br><i>Candidate of Agricultural Sciences, Docent (Ukraine)</i>                               | <b>SOBCZYK V.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Poland)</i>  |
| <b>PALAPA N.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences,<br/>Senior Researcher (Ukraine)</i>                      | <b>OKABE Y.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Japan)</i>   |
| <b>PARFENYUK A.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     |  |
| <b>SYMOCHKO L.</b> ,<br><i>Candidate of Biological Sciences, Docent (Ukraine)</i>                                  |  |



РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ДРЕБОТ О.І., д-р екон. наук, проф., акад. НААН

Відповідальний секретар

ШУМИГАЙ І.В., канд. с.-г. наук, ст. досл.

БУДЗАНІВСЬКА І.Г.,

д-р біол. наук, проф. (Київ)

БУШТРУК М.В.,

канд. с.-г. наук, доцент (Біла Церква)

ВИСОЧАНСЬКА М.Я.,

д-р екон. наук, ст. досл. (Київ)

ВОВК Н.І.,

д-р с.-г. наук, проф. (Київ)

ГОНЧАРЕНКО І.В.,

д-р біол. наук, доцент (Київ)

ГУДКОВ І.М.,

д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ)

ДЕМ'ЯНЮК О.С.,

д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ)

ДОБРЯК Д.С.,

д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ)

ЗАЙЦЕВ Ю.О.,

д-р екон. наук, проф. (Київ)

КОНЩУК В.В.,

д-р біол. наук, проф. (Київ)

КОПІЙ Л.І.,

д-р с.-г. наук, проф. (Львів)

КОСТЕНКО С.О.,

д-р біол. наук, проф. (Київ)

ЛІСОВИЙ М.М.,

д-р с.-г. наук, проф. (Київ)

МУДРАК О.В.,

д-р с.-г. наук, проф. (Вінниця)

НАГОРНЮК О.М.,

канд. с.-г. наук, доцент (Київ)

ПАЛАПА Н.В.,

д-р с.-г. наук, старш. наук співроб. (Київ)

ПАРФЕНЮК А.І.,

д-р біол. наук, проф. (Київ)

СИМОЧКО Л.Ю.,

канд. біол. наук, доцент (Ужгород)

СИЧОВ М.Ю.,

д-р с.-г. наук, проф. (Київ)

ТАРАРІКО О.Г.,

д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ)

ТЕРТИЧНА О.В.,

д-р біол. наук, старш. наук співроб. (Київ)

ТКАЧ Є.Д.,

д-р біол. наук, ст. досл. (Київ)

ФУРДИЧКО О.І.,

д-р екон. і с.-г. наук, проф.,

акад. НААН (Київ)

ЧОБОТЬКО Г.М.,

д-р біол. наук, проф. (Київ)

ШЕРСТОБОЄВА О.В.,

д-р с.-г. наук, проф. (Київ)

ШЕРШУН М.Х.,

д-р екон. наук, доцент (Київ)

ШКУРАТОВ О.І.,

д-р екон. наук, проф. (Київ)

ЮХНОВСЬКИЙ В.Ю.,

д-р с.-г. наук, проф. (Київ)

ВАЛАТ В.,

д-р педаг. наук, проф. (Республіка Польща)

ДУРСУН С.,

д-р філософії, проф. (Туреччина)

КОВАЛЬСЬКА А.,

д-р інж.-техн. наук, доцент

(Республіка Польща)

КОЕЛЬО ПІНЕЙРО М.,

д-р філософії, проф. (Португалія)

СОБЧИК В.,

д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща)

ЙОШІХІКО ОКАБЕ,

д-р екон. наук, проф. (Японія)

- Дребот О.І., Барановська Н.А., Швиденко І.К.**  
Перспективні шляхи розвитку аграрного виробництва на радіоактивно забруднених територіях Українського Полісся
- Коніщук В.В., Мартиненко В.В., Конякін С.М.**  
Наукове обґрунтування створення гідрологічного заказника місцевого значення «Куделя»
- Райчук Л.А., Швиденко І.К., Чоботько Г.М.**  
«Зелена» оптимізація агровиробничої діяльності як основа реабілітації забруднених радіонуклідами агроландшафтів Українського Полісся
- Мудрак О.В., Морозова Т.В.**  
Вплив екологічних криз на функціональний стан *Picea abies* (L.) Karst. у мікросмосмах
- Буценко Л.М., Пасічник Л.А., Коломієць Ю.В.**  
Бактерії роду *Burkholderia* у рослинництві: небезпека чи користь?
- Паляничко Н.І., Беліменко С.В.**  
Соціально-економічний аспект лісогосподарського землекористування
- Поліщук В.М., Герасімова О.В.**  
Комплексна оцінка енергетичних інструментів європейської еколого-економічної політики
- Чорнобров О.Ю., [Соломаха В.А.], Соломаха І.В., Саблук В.Т., Гументик М.Я., Шевчик В.Л.**  
Відтворення полезахисних лісосмуг, пошкоджених унаслідок військових дій, у зоні Лісостепу України
- Шумигай І.В., Душко П.М., Манішевська Н.М.**  
Моніторинг прояву кліматичних змін у Черемському природному заповіднику та адаптація до них водних екосистем
- Рибалко С.О., Цуркан Р.П., Лісовий М.М.**  
Структура та домінування видового ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся
- 6 **Drebot O., Baranovska N., Shvydenko I.**  
Promising ways of developing agricultural production in radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissia
- 13 **Konishchuk V., Martynenko V., Koniakin S.**  
Scientific substantiation of creating Kudelia hydrological reserve of local importance
- 24 **Raichuk L., Shvydenko I., Chobotko G.**  
«Green» optimization of agricultural activities as a basis for rehabilitation of radionuclide-contaminated agro-landscapes of Ukrainian Polissia
- 33 **Mudrak O., Morozova T.**  
Impact of global environmental crises on the functional state of *Picea abies* (L.) Karst. in microcosms
- 44 **Butsenko L., Pasichnyk L., Kolomiets Yu.**  
Bacteria of *Burkholderia* genus in plant production – danger or benefit?
- 55 **Palianychko N., Belimenko S.**  
Socio-economic aspect of forestry land use
- 66 **Polishchuk V., Herasimova O.**  
Complex evaluation of energy instruments of European environmental-economic policy
- 81 **Chornobrov O., [Solomakha V.], Solomakha I., Sabluk W., Gumentyk M., Shevchyk V.**  
Restoration of the field protective forest belts damaged by military activities in the Forest-steppe zone of Ukraine
- 92 **Shumyhai I., Dushko P., Manishevska N.**  
Monitoring of the manifestation of climate changes in Cheremske nature reserve and adaptation of aquatic ecosystems to them
- 105 **Rybalko S., Tsurkan R., Lisovyy M.**  
Structure and dominance of species of entomological biodiversity of leaf biotopes in Kyiv Polissia

**Палапа Н.В., Устименко О.В.**

Оцінка якості атмосферного повітря сільських селітебних територій за впливу свинарських господарств

**Бунас А.А., Ткач Є.Д., Дворецький В.В.**

Біопрепарати в Україні та світі: сучасні тренди та перспективи

**Цвігун В.О., Ткач Є.Д.**

Моніторинг та діагностика вірусних хвороб соняшника (*Helianthus annuus* L.) в агроценозах України

**Левішко А.С., Маменко П.М., Колодяжний О.Ю.**

Ефект поєднання хімічних і біологічних компонентів суміші для обробки насіння сої (*Glycine max* L.)

**Гунчак М.В.**

Біологічна та економічна ефективність мікробних препаратів проти борошнистої роси (*Podosphaera Leucotricha* Salm.) на яблуні в умовах Західного Лісостепу України

**Забарний О.С.**

Вплив строків та норм висіву на зимостійкість гібридів ріпаку озимого (*Brassica napus* L.)

**Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Повидало В.М., Тарасенко О.А., Сербенюк Г.А.**

Інтенсивність, емісія CO<sub>2</sub> та біологічна активність дренажних органогенних ґрунтів залежно від способів їхнього використання за умов змін клімату

**ЮВІЛЕЙ**

Г.М. Чоботьку — 75

**121 Palapa N., Ustymenko O.**

Assessment of atmospheric air quality of rural residential areas under the influence of pig farms

**132 Bunas A., Tkach Ye., Dvoretzky V.**

Biopreparations in Ukraine and in the world: trends and perspectives

**141 Tsvihun V., Tkach Ye.**

Monitoring and diagnosis of viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in agro-cenoses of Ukraine

**150 Levishko A., Mamenko P., Kolodiaznyi O.**

Compatible action of chemical and biological components in a blend for soybean (*Glycine max* L.) seed treatment

**161 Hunchak M.**

Biological method of apple trees protection against apple powdery mildew (*Podosphaera Leucotricha* Salm.) in the Western Forest Steppe of Ukraine

**170 Zabarnyi O.**

Influence of sowing dates and norms on winter hardiness of winter rape (*Brassica napus* L.) hybrids

**178 Slyusar I., Serbeniuk V., Povydalo V., Tarasenko O., Serbeniuk G.**

CO<sub>2</sub> emission, intensity and biological activity of drained organic soils depending on the methods of their use under the conditions of climate change

**JUBILEE**

192 G. Chobotko — 75

Реферати 194 Abstract

Відомості про авторів 203 Information about the authors

Правила для авторів 207 Rules for the authors

## ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ РОЗВИТКУ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

О.І. Дребот, Н.А. Барановська, І.К. Швиденко

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

*e-mail: drebot\_oksana@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2681-1074*

*e-mail: baranovska23074@gmail.com; ORCID: 0009-0004-4391-7174*

*e-mail: favor09@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6135-8968*

*В умов тимчасової окупації територій на півдні й сході України та змінами клімату постає питання розвитку і розширення аграрного виробництва в зоні Полісся, зокрема на радіоактивно забруднених територіях. На віддаленому періоду після аварії на ЧАЕС ці території розглядаються як потенційно можливі для повернення і ведення сільського господарства, однак водночас потребують наукового обґрунтування використання земельних, ґрунтових, водних і біологічних ресурсів для виробництва екологічно безпечної продукції. Розглянуто актуальні питання щодо «зеленої» оптимізації аграрного виробництва, що є комплексним підходом, спрямованим на відновлення продуктивності ґрунтів, зниження радіоактивного забруднення продукції. Визначено ключову роль державної підтримки, яка є важливим чинником успішної реалізації заходів у сфері «зеленої» оптимізації аграрного виробництва. Обґрунтовано специфіку сучасного стану радіоактивно забруднених територій Українського Полісся і їх значення для аграрної галузі. Відзначено, що внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, ці землі втратили продуктивність і стали джерелом небезпеки для навколишнього середовища та здоров'я населення. Проаналізовано сучасні підходи до «зеленої» оптимізації агровиробництва, які відкривають перспективи для відновлення використання цих земель. Здійснено розрахунок допустимих рівнів забруднення ґрунту цезієм-137 для вирощування різних районованих сортів овочевих рослин із застосуванням інноваційних аграрних технологій. Доведено ефективність поєднання різних методів для досягнення сталих результатів у реабілітації земельних ресурсів. Досліджено концепцію «зеленої» оптимізації як інтеграції екологічних і технологічних інновацій, зокрема фіторе mediaції, застосування сорбентів для зменшення мобільності радіонуклідів, вибору культур із низьким накопиченням радіоактивних елементів та адаптації сучасних аграрних технологій. Аргументовано необхідність формування цільової державної політики щодо підтримки реабілітації земель і стимулювання аграрного виробництва в зоні радіоактивного забруднення. Визначено необхідність відновлення сільськогосподарського виробництва на цих землях без шкоди для навколишнього середовища і здоров'я людини з метою гарантування продовольчої безпеки та економічного розвитку поліських регіонів.*

**Ключові слова:** екологічність виробництва, мобільність радіонуклідів, технологічні інновації, реабілітація земель, фіторе mediaція, сільське господарство.

### ВСТУП

Радіоактивне забруднення земель Українського Полісся є однією з екологічних і соціально-економічних проблем не лише регіонального значення. Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС й досі мають потужний вплив на стан екосистем, економіку та життя місцевого населення. Забруднені радіонуклідами землі, які раніше використовувалися для сільськогосподарського виробництва, виведено з

обігу через високий рівень небезпеки для життя й здоров'я людей [1]. За даними Міністерства економіки України, близько 1,24 млн га сільськогосподарських угідь наразі залишаються непридатними для традиційного агровиробництва через забруднення цезієм-137, стронцієм-90 та ін. небезпечними елементами [2].

Окрім екологічних наслідків, радіоактивне забруднення земель призвело до значного скорочення виробництва агропродукції і сировини в регіоні, що вплину-

ло на продовольчу безпеку України. Втрата сільськогосподарських площ негативно позначилася на економіці всього регіону, зменшивши доходи місцевих громад і створивши додаткове соціальне навантаження через зростання безробіття. Для населення, яке залишається на забруднених територіях, основною проблемою є обмежений доступ до безпечної продукції, оскільки вирощені на місцевих ґрунтах культури часто перевищують допустимі рівні вмісту радіонуклідів.

З огляду на очевидну складність проблеми, реабілітація забруднених територій залишається стратегічно важливим завданням для України [3; 4]. У цьому контексті актуальним є пошук ефективних шляхів повернення радіоактивно забруднених ґрунтів до активного господарського використання, що потребує впровадження інноваційних підходів до організації сільськогосподарського виробництва на таких територіях. До того ж одним із найперспективніших напрямів розв'язання проблеми є практичне застосування концепції «зеленої» оптимізації агровиробництва на основі екологічно безпечних технологій. Крім того, важливе завдання наразі полягає у впровадженні системи постійного моніторингу забруднення ґрунтів й аграрної продукції, вирощеної на них, що дасть можливість оперативно визначати ступінь ризику та коригувати агротехнічні заходи.

Отже, зазначені проблеми зумовлюють актуальність дослідження підходів щодо повернення забруднених земель до сфери сільськогосподарського використання та досягнення безпечного й економічно вигідного розвитку Поліського регіону.

**Метою** є дослідження підходів «зеленої» оптимізації агровиробництва на радіоактивно забруднених територіях Українського Полісся.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аварія на ЧАЕС стала однією із екологічних катастроф ХХ ст., яка завдала значного впливу на функціонування всіх складових екосистеми [5; 6]. Проблема

реабілітації радіоактивно забруднених земель є предметом багаторічних досліджень. У науковій літературі акцентується увага на різних аспектах оптимізації агровиробництва на цих територіях — від агротехнічних до інноваційних, зокрема на екологічних методах [7; 8].

В окресленому аспекті варто відзначити дослідження Інституту агроєкології і природокористування НААН щодо оцінки можливості повернення в господарське виробництво радіоактивно забруднених земель Полісся України. Зокрема, комплексна реабілітація сільськогосподарських угідь передбачає не лише врахування рівнів забруднення радіонуклідами, але й низки інших чинників, зокрема ґрунтових характеристик, що є особливо актуальним для переважаючих у регіоні типів ґрунтів [3; 9–11].

Важливо відзначити дослідження І.К. Швиденко, присвячене отриманню радіологічно безпечної продукції овочівництва в умовах Українського Полісся. У роботі здійснено розрахунок допустимих рівнів забруднення ґрунту цезієм-137 для вирощування різних районованих сортів овочевих рослин за умови застосування інноваційних аграрних технологій, що підтверджує можливість господарського використання земель за наявного рівня забруднення території [7].

Встановлено, що комплексна реабілітація земель Українського Полісся залежить щонайперше від еколого-економічної ефективності ведення сільськогосподарського виробництва, що передбачає чітку диференціацію сільськогосподарської діяльності відповідно до низки екологічних, економічних та соціальних чинників, а також загального вдосконалення сценаріїв агровиробничої діяльності. В цьому аспекті привертають також дослідження Т.О. Шматковської [12] та Р.І. Содоми [13], присвячені ефективності використання земель сільськогосподарського призначення в Україні. Крім того, автори обґрунтовують також й ефективність поєднання різних методів для досягнення сталих результатів у реабілітації земельних ресурсів.

Загалом бачимо, що найвні наукові напрацювання достатньо широко розкривають проблему відновлення забруднених земель Поліського регіону. Водночас існує об'єктивна необхідність поглиблення досліджень щодо застосування зелених технологій у забезпеченні господарської реабілітації земельних ресурсів.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нині радіоактивно забруднені території Українського Полісся все ще залишаються серйозною екологічною та економічною проблемою регіону і країни загалом. Водночас загальна їх площа за останні 30 років майже не змінилася і в окремих областях займає значну частку сільгоспугідь (рис. 1).

Реабілітація таких земель вимагає впровадження інноваційних підходів, що поєднують як екологічну безпеку, так і гарантують економічну ефективність сільського господарства [5]. Серед таких рішень ключову роль відіграє «зелена» оптимізація агровиробництва, що є комплексним підходом, спрямованим на відновлення продуктивності ґрунтів, зниження радіоактивного

забруднення продукції та, як наслідок, забезпечення сталого розвитку регіону.

Необхідно відзначити, що одним із основних та найефективніших інструментів відновлення ґрунтів наразі є фітореMediaція. Загалом вона полягає в господарському використанні рослин, які здатні поглинати радіонукліди з ґрунту, що дає змогу поступово протягом кількох років знижувати рівень забруднення. Експериментальні дослідження, проведені на територіях Рівненської та Житомирської обл., довели ефективність цієї технології. Зокрема, вирощування гірчиці, люцерни та конопель упродовж трьох сезонів дало можливість знизити вміст цезію-137 у ґрунті на 25–30% [7]. Водночас для успішної реалізації фітореMediaції необхідно враховувати специфіку кожного регіону, зокрема тип ґрунту, кліматичні умови та рівень забруднення.

Крім того, важливу роль у зниженні мобільності радіонуклідів відіграють сорбенти. Спеціальні матеріали, як-от цеоліти, бентонітові глини та активовані карбонові сорбенти, мають високу здатність до зв'язування радіоактивних часток. Це дає змогу обмежити їх міграцію в ґрунті та

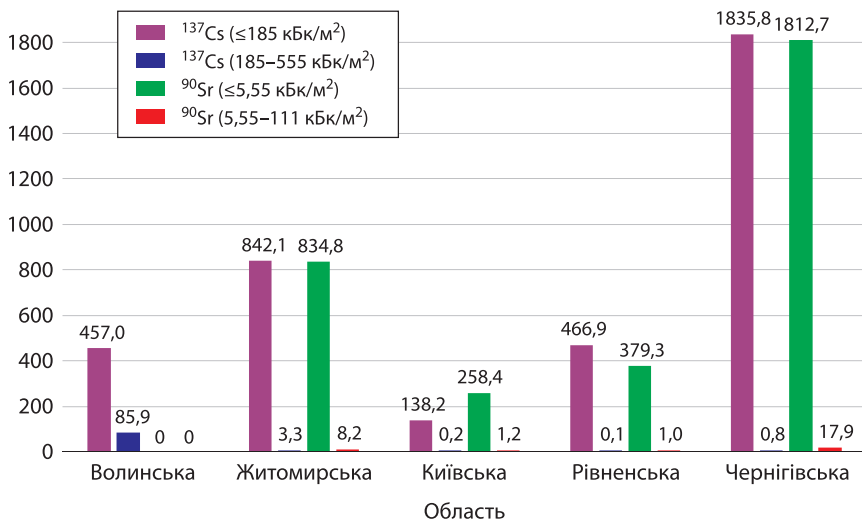


Рис. 1. Площі радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь Українського Полісся, тис. га

Примітка: побудовано авторами на основі [1].



рослинах. Так, за даними Міністерства економіки України, впродовж 2023 р. у межах програми з реабілітації забруднених земель було внесено цеоліти на площу понад п'ять тис. га. Це забезпечило зниження коефіцієнта переходу цезію-137 у продукцію на 40%, що істотно зменшило ризик забруднення кінцевих харчових продуктів [2].

Іншим ефективним заходом щодо відновлення забруднених земель є оптимізація сівозмін. Відомо, що забруднені території найкраще підходять для вирощування технічних культур, як-от льон, ріпак та конопль, оскільки вони мають низький коефіцієнт накопичення радіонуклідів. Водночас ці культури є економічно вигідними, бо їх продукція використовується в текстильній та енергетичній галузях. Наприклад, упровадження сівозмін із насиченням такою культурою, як ріпак на забруднених ґрунтах Житомирської обл. дало змогу отримати на 15% більше екологічно безпечні врожаї протягом двох років [11].

Окремо варто відзначити використання органічних добрив на забруднених територіях, оскільки їх застосування збагачує ґрунти поживними речовинами та зменшує мобільність радіонуклідів. Як стверджують експерти, компост, збагачений калієм та кальцієм, не лише покращує родючість, але й сприяє зниженню накопичення цезію-137 у рослинах. Зокрема, результати польових досліджень на території Полісся продемонстрували, що додавання калійних добрив зменшує вміст радіонуклідів у картоплі та зернових культурах на 20–30% [2]. Це свідчить, що такий підхід дає можливість використовувати органічні добрива як ключовий елемент системи «зеленої» оптимізації агровиробництва.

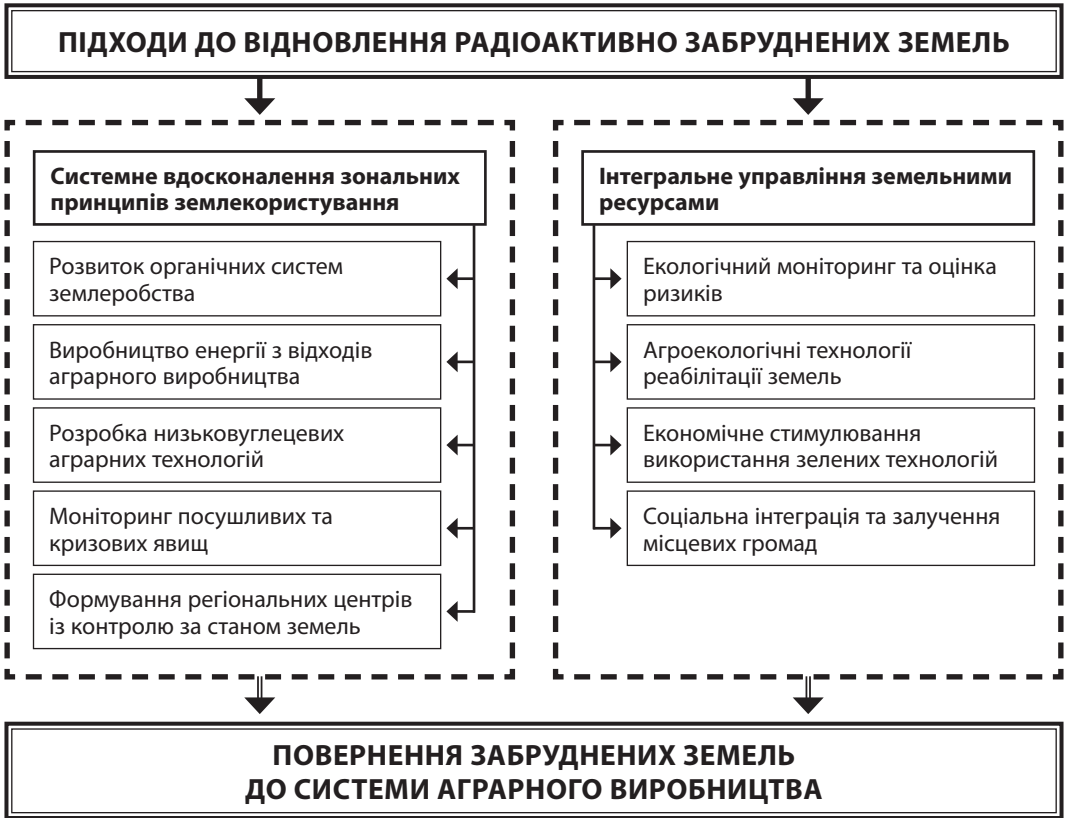
Однак реалізація таких підходів неможлива без застосування сучасних технологій моніторингу як важливої складової системи реабілітації земель. Так, використання дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС) дає змогу здійснювати достатньо точний аналіз рівня забруднення ґрунтів і продукції, яка на них виробляється. Також подібні технології дають можливість виробникам визначати

найбільш проблемні зони за рівнем забруднення та розробляти ефективні заходи з їх реабілітації. Зокрема, у 2024 р. за держаної підтримки на основі використання ГІС-систем було складено інтерактивну карту забруднених земель Полісся, що значно спростило для господарств планування сільськогосподарських робіт у регіоні [2].

Зазначимо, що саме державна підтримка є важливим чинником успішної реалізації заходів у сфері зеленої оптимізації агтарного виробництва. Зокрема, урядові програми, спрямовані на субсидування господарств, які займаються відновленням забруднених земель, забезпечують фінансові стимули для використання екологічно безпечних технологій. Так, за даними Мінекономіки України, за 2023 р. було виділено понад 200 млн грн на підтримку агровиробників, які використовують сорбенти, органічні добрива та фіторе mediaцію. Завдяки цьому понад 10 тис. га забруднених земель було повернуто до сільськогосподарського обігу [2]. На жаль, обсяг видатків на вказані цілі є недостатнім для забезпечення ефективного відновлення земель сільськогосподарського призначення у поліських районах. Відповідно, для підвищення ефективності таких заходів необхідно розробляти довгострокові плани фінансового стимулювання відновлення земель та забезпечити їх надійними джерелами фінансування.

З огляду на важливість вирішення проблем, пов'язаних із відновленням радіоактивно забруднених земель Поліського регіону, необхідно визначити головні напрями та способи реалізації цього завдання на основі зелених технологій (рис. 2).

Отже, «зелена» оптимізація агровиробництва є комплексним підходом, що об'єднує екологічні, економічні та соціальні заходи. Сучасні технології, інноваційні методи й державна підтримка створюють умови для безпечного повернення радіоактивно забруднених земель у виробництво. Такий підхід не лише сприяє реабілітації територій, але й забезпечує стійкий розвиток агтарного сектору Українського Полісся.



**Рис. 2.** Підходи до відновлення радіоактивно забруднених земель Українського Полісся  
*Примітка:* розроблено авторами на основі [3].

## ВИСНОВКИ

Радіоактивно забруднені території Українського Полісся сьогодні залишаються серйозною проблемою для держави в контексті необхідності забезпечення їх господарського використання. Однак застосування підходів «зеленої» оптимізації аграрного виробництва сприятиме в перспективі їх функціональній реабілітації. Такі заходи, як фітореMediaція, використання спеціальних добрив та впровадження сучасних технологій моніторингу стану земельних ресурсів дають можливість істотно знизити ризики забруднення продукції, що вироблятиметься на цих землях, та підвищити їх продуктивність.

Для досягнення окресленої мети необхідно сформувати систему державної під-

тримки відновлення забруднених земель Поліського регіону, зокрема фінансування відповідних заходів та організаційне регулювання цього процесу. До того ж розробка програм цільового субсидування виробників до застосування зелених технологій відновлення та залучення місцевих громад сприятимуть ефективній реалізації зазначених заходів. Водночас важливо гарантувати екологічну безпеку та соціальну підтримку населення в регіонах, у яких реалізовуватимуться програми відновлення.

Загалом на основі оцінки підходів до відновлення радіоактивно забруднених земель Полісся можна стверджувати, що реабілітація цих територій можлива за умов комплексного підходу, який інтегрує



системне вдосконалення зональних принципів землекористування та інтегральне управління земельними ресурсами. Реалі-

зація запропонованих заходів сприятиме економічному розвитку та сталому використанню ресурсів Українського Полісся.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua/>.
3. Дребот О.І., Дем'янюк О.С., Райчук Л.А. Науково-методичні засади реабілітації радіоактивно забруднених агроландшафтів у контексті зеленої економіки. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2. С. 74–81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-10>.
4. Дем'янюк О.С., Гуменюк І.І., Левішко А.С., Вакуленко С.О., Полтава О.П. Екологічні аспекти формування стійких продовольчих систем. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. С. 119–128. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275863>.
5. Фурдичко О.І., Дребот О.І., Дем'янюк О.С. та ін. Еколого-економічні засади збалансованого аграрного виробництва та використання природних ресурсів агрофери: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2022. 408 с.
6. Мусич О.Г., Парфенюк А.І., Ландін В.П., Дем'янюк О.С. Порушення екологічної рівноваги мікробіоценозу на радіаційно забруднених ґрунтах Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2018.148332>.
7. Швиденко І.К., Паньковська Г.П., Якименко Г.М., Райчук Л.А. Деякі аспекти отримання радіологічно безпечної продукції овочівництва в умовах Українського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219446>.
8. Кореун С.Г., Болоховська В.А., Болоховський В.В. та ін. Агроекологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663>.
9. Райчук Л.А., Дем'янюк О.С., Коніщук В.В., Городиська І.М. Соціально-економічні передумови сталого розвитку радіоактивно забруднених територій Українського Полісся. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 66–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278541>.
10. Райчук Л.А., Швиденко І.К. Попередня оцінка можливості повернення у господарське виробництво радіоактивно забруднених земель Полісся України. Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність: матеріали конференції МЦНД (м. Чернівці, 26 серп. 2022 р.). Вінниця: Європейська наукова платформа, 2022. С. 234–238.
11. Чоботько Г.М., Райчук Л.А., Кучма Т.Л., Швиденко І.К. Деякі аспекти повернення в сільгоспвикористання виведених з обігу забруднених радіонуклідами земель Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283696>.
12. Shmatkovska T., Dziamulych M., Yakubiv V. et al. Economic efficiency of land use by agricultural producers in the system of their non-current assets analysis: a case study of the agricultural sector of Ukraine. *Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development: Scientific Papers Series*. 2020. Vol. 20 (3). P. 543–554.
13. Sodoma R., Shmatkovska T., Dziamulych M. et al. Economic efficiency of the land resource management and agricultural land-use by agricultural producers. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2021. Vol. 43 (4). P. 524–535. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2021.47>.

## REFERENCES

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. Ministerstvo ekonomiky Ukrayiny [Ministry of Economy of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://me.gov.ua/> (accessed November 01, 2024) [in Ukrainian].
3. Drebot, O.I., Demyanyuk, O.S. & Raychuk, L.A. (2022). Naukovo-metodychni zasady reabilitatsii radioaktyvno zabrudnennykh ahrollandshaftiv u konteksti zelenoi ekonomiky [Scientific and methodological principles of rehabilitation of radioactively contaminated agricultural landscapes in the context of a green economy]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 2, 74–81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-10> [in Ukrainian].
4. Demyanyuk, O.S., Humeniuk, I.I., Levishko, A.S., Vakulenko, S.O. & Poltava, O.P. (2022). Ekologichni aspekty formuvannia stiikykh prodovolchykh system [Ecological aspects of the formation of sustainable food systems]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 4, 119–128. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275863> [in Ukrainian].
5. Furdychko, O.I. (Ed.), Drebot, O.I., Demyanyuk, O.S. et al. (2022). *Ekoloho-ekonomichni zasady zbalansovanoho ahrarnoho vyrobnytstva ta vykorystannia pryrodnykh resursiv ahrasfery: monohrafiya* [Ecological and economic principles of balanced agricultural production and use of natural resources of the agricultural sphere: monograph]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

6. Musych, O.H., Parfeniuk, A.I., Landin, V.P. & Demyanyuk, O.S. (2018). Porushennia ekolohichnoi rivnovagy mikrobootsenozu na radiatsiino zabrudnennykh gruntakh Polissia Ukrainy [Disturbance of the ecological balance of microbiocenosis in radiation-contaminated soils of Polissya, Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological Journal*, 3, 70–76. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2018.148332> [in Ukrainian].
7. Shvydenko, I.K., Pankovska, H.P., Yakymenko, H.M. & Raichuk, L.A. (2020). Deiaki aspekty otrymannia radiolohichno bezpechnoi produktsii ovochivnytstva v umovakh Ukrainського Polissia [Some aspects of obtaining radiologically safe vegetable products in the conditions of Ukrainian Polissia]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological Journal*, 4, 59–66. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219446> [in Ukrainian].
8. Korsun, S.H., Bolokhovska, V.A., Bolokhovskiy, V.V. et al. (2024). Ahroekolohichne obgruntuvannia melioratyvnykh chynnykiv dlia vidnovlennia gruntiv, porushenykh voiennymi diiamy [Agroecological justification of land reclamation factors for the restoration of soils disturbed by military actions]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 100–112. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663> [in Ukrainian].
9. Raychuk, L.A., Demyanyuk, O.S., Konishchuk, V.V. & Horodyska, I.M. (2023). Sotsialno-ekonomichni peredumovy staloho rozvytku radioaktyvno zabrudnennykh terytorii Ukrainського Polissia [Socio-economic prerequisites for sustainable development of radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissya]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 1, 66–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278541> [in Ukrainian].
10. Raichuk, L.A. & Shvydenko, I.K. (2022). Poperednia otsinka mozhyvosti povnennia u hospodarske vyrobnytstvo radioaktyvno zabrudnennykh zemel Polissia Ukrainy [Preliminary assessment of the possibility of returning radioactively contaminated lands of Polissia]. *Kompleksnyi pidkhid do modernizatsii nauky: metody, modeli ta multidystrylinarnist: materialy mizhnarodna naukova konferentsiia MTSND [A comprehensive approach to the modernization of science: methods, models and multidisciplinary: materials of the conferences of the National Academy of Science and Technology]*. (pp. 234–238). Chernivtsi [in Ukrainian].
11. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Kuchma, T.L. & Shvydenko, I.K. (2023). Deiaki aspekty povnennia v silhospvykorystannia vyvedenykh z obihu zabrudnennykh radionuklidamy zemel Polissia Ukrainy [Some aspects of returning to agricultural use the lands of Polissia, Ukraine, contaminated with radionuclides, withdrawn from circulation]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 47–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283696> [in Ukrainian].
12. Shmatkovska, T., Dziamulych, M., Yakubiv, V. et al. (2020). Economic efficiency of land use by agricultural producers in the system of their non-current assets analysis: a case study of the agricultural sector of Ukraine. *Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development: Scientific Papers Series*, 20 (3), 543–554 [in English].
13. Sodoma, R., Shmatkovska, T., Dziamulych, M. et al. (2021). Economic efficiency of the land resource management and agricultural land-use by agricultural producers. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 21 (4), 524–535. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2021.47> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2024

## НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «КУДЕЛЯ»

В.В. Коніщук<sup>1</sup>, В.В. Мартиненко<sup>1</sup>, С.М. Конякін<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [konishchuk\\_vasily@ukr.net](mailto:konishchuk_vasily@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4115-5642  
e-mail: [martinenko.vasil@ukr.net](mailto:martinenko.vasil@ukr.net); ORCID: 0000-0002-2526-6732

<sup>2</sup>ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України» (м. Київ, Україна)  
e-mail: [ser681@ukr.net](mailto:ser681@ukr.net); ORCID: 0000-0002-6715-5707

У цій статті науково обґрунтовано створення нового об'єкта природно-заповідного фонду гідрологічного заказника місцевого значення р. Куделя, яка знаходиться у Фастівському р-ні Київської обл. Мета створення — охорона гідрологічного басейну річки, раритетної компоненти та розвиток громади, а також виконання постанови Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 р. № 695 «Про затвердження Державної екологічної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки». За результатами експедиційних досліджень було виявлено зростання фітоценозів Зеленої книги України (із представництвом *Niphar lutea* (L.) Smith., *Nymphaea candida* J. et C. Presl.), регіонально рідкісні види Київської обл. (латаття сніжно-біле (*Nymphaea candida* L.)). Червонокнижну флору не було знайдено на момент дослідження, що потребує додаткового моніторингу, однак наявні два рідкісні види мохоподібних: річчя плавуча (*Riccia fluitans* L.), річіокарпус плавучий (*Riccioagaris natans* L.). Також навколо водойми зростають згідно з Прогнозу рослинності України 5 асоціацій, з яких 4 біотопи охороняються Директивою Ради Європи 92/43/ЄЕС (№3150 — *Limnetum minoris* Sob 1927, *Ricciatum fluitantis* Slavnic 1956, *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958, *Potametum natantis* Hild 1959). Серед раритетної фауністичної компоненти відмічаються червонокнижний вид риб'язець звичайний (*Leuciscus leuciscus* L.), а також види, що охороняються Бернською та Боннською конвенціями — гірчак (*Rhodeus sericeus* Pallas), вівсянка (*Leucaspius delineatus* L.), ряд рукокрилих або кажанів (*Chiroptera*), лебідь-шипун (*Cygnus olor* Gmelin). Для ефективного функціонування заказника було розроблено менеджмент-план, який включає адміністративну, наукову та екосвітницьку складову. За результатами експедиційних досліджень, сформовано клопотання про оголошення (створення) гідрологічного заказника місцевого значення Куделя та надано в Бишівську сільську територіальну громаду для подання в Департамент екології та природних ресурсів Київської обласної державної адміністрації, або бути продовженням регіонального ландшафтної парку «Приірпіння».

**Ключові слова:** природно-заповідний фонд, екологічний менеджмент, рідкісні види флори і фауни, екомережа, Червона книга України, Зелена книга України.

### ВСТУП

Куделя — річка в Україні, ліва притока Ірпеня (басейн р. Дніпро), завдовжки 13 км [1] (за уточненими даними дистанційного зондування і матеріалів супутникового знімка — 16,24 км [2]), що протікає у межах Фастівського р-ну Київської обл. Витоки бере в урочищах Дурнівка і Попове, північніше с. Лишня на південь від с. Мотижин. Найвища точка рельєфу території між двома урочищами 190,7 м над

рівнем Балтійського моря. Площа басейну 57,3 км<sup>2</sup>. Відмітка впадання в р. Ірпінь близько 125 м над рівнем Балтійського моря. Географічні координати гирла р. Куделя — 50.254665° північної широти, 30.000537° східної довготи [2]. Територія басейну, акваторія р. Куделя входять до Бишівської сільської територіальної громади (15 сіл: Бишів, Весела Слобідка, Горобіївка, Грузьке, Козичанка, Леонівка, Лишня, Лубське, Мостище, Нові Опачичі, Осикове, Ферма, Чорногородка, Яблунівка, Ясно-

городка), площа 279,7 км<sup>2</sup>, населення — 6136 осіб (2020 р.).

Специфічною ознакою річки є наявність каскаду ставів, зокрема два біля сіл Яблунівка, Леонівка, три — у с. Лишня та три — на північ до с. Мотижин. Гідрологічний басейн досить розгалужений, в основне русло р. Куделя впадає сім струмків, окремі з яких часто пересихають, особливо у меженний, маловодний літньо-осінній період. Річка належить до рівнинного типу із повільною течією, максимальна глибина до 5 м, зокрема в центральних ділянках ставів. Живлення поверхневе, водність залежить від атмосферних опадів (дощів, снігового покриву), погодно-кліматичних умов. Вплив на гідрорежим підземного напору, джерел неістотний.

Попередньо було виявлено нові місцезростання рідкісних видів флори, зокрема: відкашник Біберштейна (*Carlina biebersteinii* Bernh. Ex Hornem.), смикавець бурий (*Cyperus fuscus* L.), родовик лікарський (*Sanguisorba officinalis* L.), дутень ягідний (*Silene baccifera* (L.) Roth.), річиокарпус плавучий (*Ricciocarpos natans* (L.) Corda), річія плавуча (*Riccia fluitans* L.), а також фітоугруповання Зеленої книги України із

латаття сніжно-білого (*Nymphaea candida* J. Presl.), глечиків жовтих (*Nupharetta luteae*). Серед видів тварин відмічені бобри (*Castor fiber* L.), лебідь-шипун (*Cygnus olor* Gmelin), чепури (*Ardea alba* L.), баранці (*Gallinago gallinago* L.) та ін.

Природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти, що мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного й рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища, сталого (збалансованого) розвитку громади. У зв'язку з цим, законодавством України природно-заповідний фонд охороняється як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання.

Україна розглядає цей фонд як складову світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною. Географічне положення проєктованого заказника вказано на мапі (рис. 1).

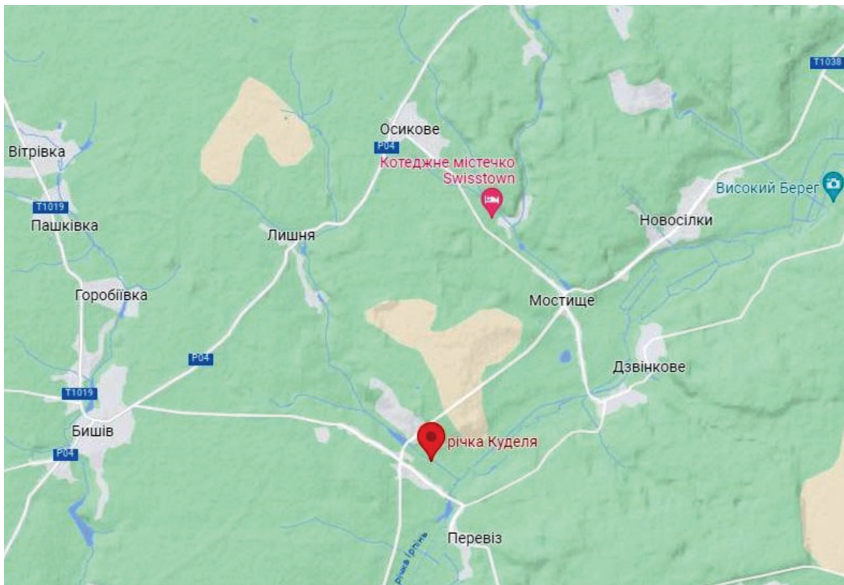


Рис. 1. Загальний вигляд території басейну р. Куделя [1]

**Мета роботи** — охорона гідрологічного басейну р. Куделя, збереження рідкісних видів флори, фауни, фітоценозів, заповідання унікальних ландшафтів, раритетних гідроекосистем, сталий розвиток громади.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Верховна Рада України прийняла закон [3], згідно якого до 2030 р. необхідно збільшити площу природно-заповідного фонду шляхом створення нових та збільшення площ вже існуючих об'єктів. За цією тематикою опубліковано більше десятки праць.

З моменту набуття чинності Закону було проведено дослідження та розроблено наукове обґрунтування такими вченими, як О.В. Мудрак [4; 5], В.В. Коніщук [6; 7], Є.Д. Ткач [8], В.В. Мартиненко [9], а також громадськими організаціями [10; 11].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для написання наукового обґрунтування з метою створення заказника було використано такі методи: бібліографічний огляд (попередні відомості про місце та територію дослідження), польові експедиції (зібрання наукового матеріалу як основу обґрунтування), рекогносцирування (визначення меж майбутнього об'єкта в натурі), геоботанічні описи (підтвердження наявності рідкісних біотопів та флори, фітогруповань), маршрутні обліки (встановлення видового та кількісного складу раритетної компоненти), камеральна обробка (оброблення експедиційних матеріалів та підготовка клопотання).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

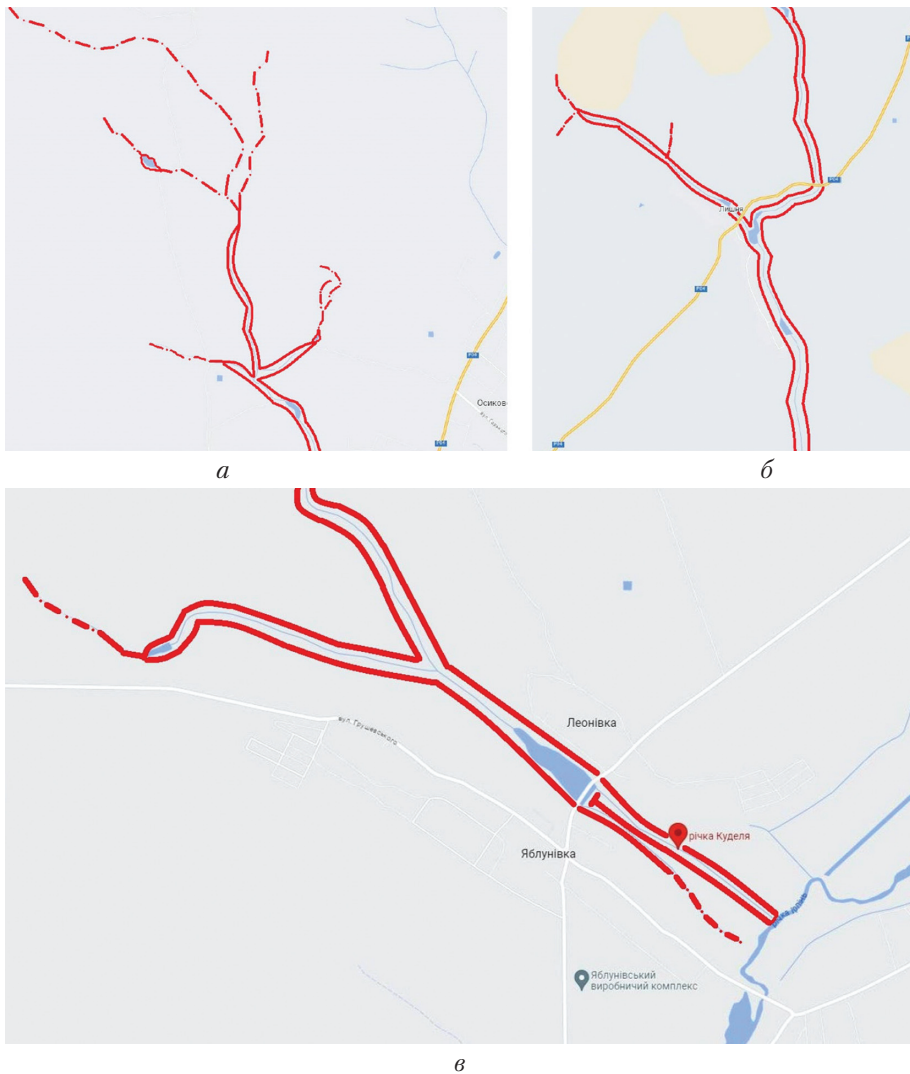
Для оголошення території р. Куделя об'єктом природно-заповідного фонду необхідно оформити клопотання відповідного зразка [12] та подати його на схвалення до органів державної влади. Клопотання подається в Департамент екології та природних ресурсів Київської ОДА, де рішення про створення ухвалює Київська об-

ласна рада. Це клопотання матиме такий вигляд:

- *Назва:* Гідрологічний заказник місцевого значення Куделя.
- *Місцезнаходження:* Київська обл., Фастівський р-н, с. Лишня.
- *Площа:* Потрібне уточнення земельного кадастру.
- *Характеристика використання території, землеволодіння, землекористування.* Землеволодіння — Бишівська сільська територіальна громада. Землекористування — Бишівська сільська територіальна громада. Природоохоронний статус рекомендовано надати території в межах русла р. Куделя із водоохоронною зоною по 25 м лівого і правого берегів, включаючи стави на річці, притоки (струмки) із лісовими захисними смугами вздовж берегів та на місці осушених струмків (рис. 2).
- *Загальна фізико-географічна характеристика* (геологічні, геоморфологічні, гідрологічні особливості, кліматичні умови, поверхневі води, ландшафти, ґрунти, фізико-географічне, геоботанічне, зоогеографічне районування). За фізико-географічним районуванням України — Київське Полісся Поліського краю Мішанолісової хвойно-широколистої вологої помірно теплої зони Східноєвропейської рівнини [13; 14]. Згідно з гідрологічним районуванням України, р. Куделя відноситься до рівнинної частини України, зони надмірної водності, Поліської області надмірної водності [15]. За геоботанічним районуванням — Київський правобережний округ грабово-дубових, дубово-соснових лісів, заплавних лук та евтрофних боліт Поліської підпровінції хвойно-широколистяних лісів Східноєвропейської провінції дубових лісів, остепнених лук та лучних степів Східноєвропейської (Сарматської) провінції хвойно-широколистяних та широколистяних лісів Європейської широколистяно-лісової області Голарктичного домініону [16].

За зоогеографічним районуванням України — Поліський зоогеографічний ра-





**Рис. 2.** Загальна схема проєктованого гідрологічного заказника місцевого значення Куделя (північна (а), центральна (б), південна (в) частини) [1]

йон [17]. Східноєвропейський округ, Район мішаного, листяного лісу та лісостепу, Ділянка Східноєвропейського мішаного лісу, Підділянка Центрального (Житомирського та Київського) Полісся [17].

**Тектонічна, геологічна структура, рельєф, ландшафти.** У геолого-тектонічному положенні регіон знаходиться на Українському кристалічному щиті перекритому осадовими, здебільшого піщаними, породами.

Східноєвропейська дорифейська платформа, Росинсько-Тікицький мегаблок [14]. Четвертинні відклади представлені Кайнозойською групою Неогеновою, Палеогеновою системою (Пліоцен, Міоцен, Еоцен). Четвертинні відклади — алювій Верхньоплейстоценової ланки, водно-льодовикові (флювіо-гляціальні) відклади Середньоплейстоценової ланки. Запаси та асортимент мінерально-сировинних ресурсів

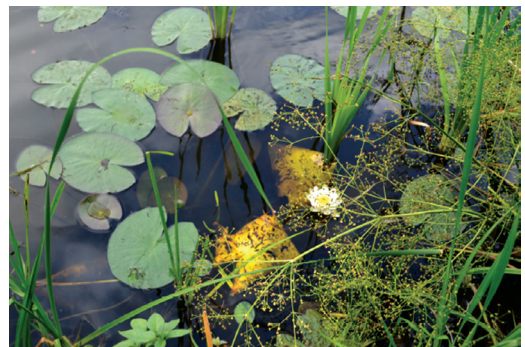
сів, корисних копалин не мають істотного промислового значення. Пісок кварцовий, суглинистий. Материнська (корінна, підлегла) порода ґрунтів, дна водойм – переважно супісок, крейда і мергель [13; 14; 17]. Східноєвропейська полігенна рівнина, Київська пластово-аккумулятивна рівнина на палеогенових та неогенових відкладах із моренними, моренно-зандровими хвилястими, місцями горбистими ділянками. Рельєф переважно рівнинний, наявні пологі схили. Перша надзаплавна тераса як лівого, так і правого берега в окремих випадках підвищена. Це як водно-льодовикові пагорби із сосновим, мішаним листяним лісом, так і останки лесових підвищень із лучною, частково остепненою рослинністю. Заплава річки не розчленована. Прояви інтенсивної водної ерозії, яружності не зафіксовано. Ландшафти представлені заплавами аквально-болотними, лучними угіддями, заболоченими вільховими лісами, а також наявні спонтанно утворені захисні лісові смуги із верби, осики, берези тощо вздовж берегів річки та у межах пересихаючих струмків. В окремих ділянках наявні агроландшафти, лісові посадки.

**Погодно-кліматичні умови.** Клімат помірно континентальний із активним впливом субатлантичних повітряних мас. Сумарна сонячна радіація за рік від 3800 до 4200 МДж/м<sup>2</sup>. Радіаційний баланс за рік 1500–1800 МДж/м<sup>2</sup>. Атмосферний тиск у січні 1019–1021 гПа на рівні моря, у липні 1012–1014 гПа. Середня річна кількість опадів 550–650 мм. Максимальна температура повітря в тіні +39°C, мінімальна температура повітря –33°C. Ізотерми січня –6°C, липня +19°C. Вітер переважає західний і північно-західний. Середня кількість днів із туманом у рік від 40 до 50. Середня кількість днів із грозою в рік 25–30. Середня кількість днів із хуртовиною в рік 10. Максимальна кількість днів із градом у рік 8. Середня тривалість безморозного періоду 160–180 днів [14; 17]. У водних екосистемах накопичився мул, детрит, сапропель (дуже спорадично й рідко). Водні ресурси зосереджено у межах басейну р. Ірпінь. У долині річки переважають лучно-болотні,

торфово-болотні типи ґрунтів на піщаних, суглинистих відкладах. У прибережній зоні формується алювій, глей, детрит. Поруч із заплавою найпоширеніші дерново-підзолисті ґрунти, на пагорбах – борові, а на лучних ділянках супіщані суглинки із лесовими відкладами тощо. За кислотністю вода ставка близька до нейтральної реакції водного рН – 7,0–8,5. У застійних, слабо проточних ділянках проявляється лужна реакція через перегнивання мортмаси гідробіонтів, підвищену евтрофікацію внаслідок «цвітіння води» масового розвитку синьозелених водоростей (*Cyanoprokaryota* (*Cyanophyta*)). Солоність незначна, менше 1 г на 1 л. Сухий залишок, загальна мінералізація у межах допустимих норм. Електропровідність, окисно-відновний потенціал типові для проточних вод Полісся. Ресурс місцевого стоку в межах східної частини гідробасейну р. Ірпінь – 50–57 м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> за рік [17].

**Загальна характеристика рослинності, флори. Наявність охоронюваних фітоценозів (Зелена книга України), рідкісних видів (Червона книга України, міжнародні, регіональні червоні списки).** У межах водойм відмічені фітогрупування Зеленої книги України із *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Nymphaea candida* J. Presl. [18] (рис. 3).

Серед регіонально рідкісних видів флори [19–21] зростають: вольфія безкоренева (*Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm.),



**Рис. 3.** Фітогрупування Зеленої книги України (угруповання формації латаття сніжно-білого – *Nymphaea candida* J. Presl.)  
Примітка: автор фото – Коніщук В.В.



а



б

**Рис. 4.** Рідкісні гідрофітні мохоподібні:

а – річія плавуча (*Riccia fluitans* L.); б – річіокарпус плавучий (*Ricciocarpus natans* L.)

Примітка: автор фото – Коніщук В.В.

латаття сніжно-біле (*Nymphaea candida* J. Presl.), ряска горбата (*Lemna gibba* L.) та ін. Прибережно-водна рослинність заказника представлена також регіонально рідкісної рослини – їжачої голівки прямої (*Sparganium erectum* L.), що охороняється рішенням Київради № 880/2290 «Про затвердження переліку рослин, які підлягають охороні на території м. Києва» [22]. Із видів водних мохоподібних відмічено два рідкісних види: річія плавуча (*Riccia fluitans* L.), річіокарпус плавучий (*Ricciocarpus natans* L.) (рис. 4).

Гідрофітів Червоної книги України [23] наразі не виявлено, тому в перспективі моніторингові, експедиційні дослідження варто продовжити. Особливої охорони заслуговують низькорослі угруповання дрібних терофітів у місцях витоку струмків, заболочених ділянок, зокрема фітоценози із смикавця бурого (*Cyperus fuscus* L.).

Синтаксономічна схема водно-болотного фітоценозу проєктованого заказника «Куделя» включає п'ять асоціацій [24], чотири з яких мають синсозоологічний статус [25].

Клас **LEMNETEA O. DE BOLÒS ET MASCLANS 1955**

Порядок *Lemnetalia minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955

Союз *Lemnion minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955

Асоціація ***Lemnetum minoris* Soó 1927**

**Синсозоологічний статус:** Біотопи угруповань охороняються за Директивою Ради Європи 92/43/ЄС (№ 3150).

Асоціація ***Riccietum fluitantis* Slavnić 1956**

**Синсозоологічний статус:** Біотопи угруповань охороняються за Директивою Ради Європи 92/43/ЄС (№ 3150).

Клас **POTAMOGETONETEA KLIKA IN KLIKA ET NOVÁK 1941**

Порядок *Potamogetonetalia* Koch 1926

Союз *Nymphaeion albae* Oberd. 1957

Асоціація ***Nymphaetum candidae* Miljan 1958**, віднесена до Зеленої книги України [18].

**Синсозоологічний статус:** угруповання асоціації занесені до Червоного списку угруповань водних макрофітів України (категорія 4). Діагностичний вид синтаксону включений до Червоного списку водних макрофітів України. Біотопи угруповань охороняються за Директивою Ради Європи 92/43/ЄС.

Союз *Potamogetonion* Libbert 1931

Асоціація ***Potametum natantis* Hild 1959.**

**Созоологічний статус:** біотопи за участю цих угруповань охороняються за Директивою Ради Європи 92/43/ЄС (№ 3150).

**Загальна характеристика фауни. Наявність рідкісних видів (Червона книга України, міжнародні, регіональні червоні списки).**



**Іхтіофауна:** ялець звичайний (*Leuciscus leuciscus*) (Червона книга України) [23]. Два види риб охороняється згідно з Додатком № III «Бернської конвенції»: гірчак (*Rhodeus sericeus*), вівсянка (*Leucaspis delineatus*). Спорадично фіксується нічниця водяна (Добантона) (*Myotis daubentonii*), вид рукокрилих (кажанів) що охороняється згідно з Додатком № III «Бернської конвенції» [26], Червоного списку МСОП (Міжнародного союзу охорони природи) [27].

**Орнітофауна:** чепурна велика (*Ardea alba* L.), чапля сіра (*Ardea cinerea* L.), бугайчик (*Ixobrychus minutus* L.), лебідь-шипун (*Cygnus olor* Gmelin), крижень (*Anas platyrhynchos* L.), лиска (*Fulica atra* L.), курочка водяна (*Gallinula chloropus* L.) та ін.

**Соціально-економічна характеристика.**

Техногенне навантаження не істотне. Відсутні крупні підприємства, заводи, фабрики. Екологічні умови проживання населення дещо напружені через частковий вплив аварії на Чорнобильській АЕС (1986 р.). Нині окремі території заміновані, уражені в результаті негативного впливу російської військової агресії (2022, 2023 рр.). Відбувалося руйнування греблі р. Куделя у межах с. Лишня, наразі міст відновлений. Водойми використовуються рибалками. Каскад ставів має шлозо-греблеву, дамбову систему регулювання рівня гідрорежиму. Поруч із об'єктами ведеться сільськогосподарська, лісогосподарська діяльність. В окремих ставках практикується аквакультура, риборозведення і любительське рибальство. Наявні пляжі, облаштовані місця для рекреації, відпочинку.

**Природоохоронна, наукова, рекреаційна, естетична та історико-культурна цінність.** Каскад ставів має істотне гідрологічне значення та важливий з огляду на необхідність збереження рідкісних видів гідрогелофітів, іхтіофауни, рідкісних видів водно-болотних птахів. Заказник може відіграти важливу еколого-просвітницьку роль, а також функцію екосистемних послуг, проведення екскурсій на екологічних стежках створюватиме освітній, культурний і виховний ефект.

**Місце в структурі екомережі.** Поліський природний коридор загальнодержавного значення. На території області екокоридор представлений крайньою північною частиною Київського Полісся і повністю входить до складу Поліської ключової території міжрегіонального значення. Ірпінський природний коридор регіонального значення може включати локальний екокоридор Куделя місцевого значення. Розміщений у центрі Київського Полісся та включає долину р. Ірпінь та прилягаючі до неї лісові масиви. Екологічний коридор залучений до системи обхідних коридорів Дніпровського екологічного коридору навколо м. Києва [28; 29].

На південь знаходиться територія Смагдавовой (Emerald) екомережі міжнародного значення «Приірпіння та Чернечий ліс» № UA0000338 площею 6094,7 га [28].

**Пропозиції категорії заповідання, рекомендації режиму.** Серед негативних явищ варто відмітити евтрофікацію, замулення, засмічення, змив від розораних полів у водоохоронній зоні, інвазії адвентів, вирубку дерев у межах водоохоронної зони, рекреацію, нерегламентоване рибальство. Створювати заказник бажано за басейновим принципом, включаючи водоохоронну зону, заплавні ліси, лісосмуги струмків із дотриманням концептуальних положень [30].

Оптимальна категорія природоохоронного заповідання – гідрологічний заказник місцевого значення. Відповідно Закону України «Про природно-заповідний фонд України» (від 16.06.1992 р. із подальшими змінами, Глава 5, ст. 25–26) [31]: Заказниками оголошуються природні території (акваторії) з метою збереження і відтворення природних комплексів чи їх окремих компонентів. Оголошення заказників провадиться без вилучення земельних ділянок, водних та інших природних об'єктів у їх власників або користувачів. На території заказника обмежується або забороняється діяльність, що суперечить цілям і завданням, передбаченим положенням про заказник. Господарська, наукова та інша діяльність, що не суперечить цілям і завданням за-

казника, проводиться з додержанням загальних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища. Власники або користувачі земельних ділянок, водних та інших природних об'єктів, оголошених заказником, беруть на себе зобов'язання щодо забезпечення режиму їх охорони та збереження.

Для ефективного виконання завдань, з метою якого створено гідрологічний заказник запропоновано такий природоохоронний режим і заходи:

- заборона зміни русла;
- контроль, очищення, збереження водоохоронної зони;
- заборона скиду забруднювальних речовин у акваторію;
- обмеження заходу в річку великої рога тої худоби;
- обмеження риболовлі (лише відведені місця);
- розчистка русла дозволена лише за наукового обґрунтування;
- регулювання оптимального рівня води шлюзо-греблевою, дамбовою системами, відновлення мостів;
- встановлення інформаційних аншлаків;
- розробка природоохоронних зобов'язань;
- розробка проекту створення заказника,
- санітарно-епідеміологічний контроль якості та фізико-хімічного складу води, моніторинг гідробіотів та ландшафтів заболочених лісів заплави, басейну річки;
- необхідно проводити контроль, моніторинг інвазійних видів біоти, а також здійснювати оцінку трансформації ландшафтів;
- еколого-просвітницька робота, створення екологічної стежки вздовж русла р. Куделя.

## ВИСНОВКИ

Досліджена територія відповідає вимогам створення гідрологічного заказника місцевого значення «Куделя». Гідроекосистема каскаду ставів із навколишньою територією має унікальне значення і потребує першочергової охорони. Створення об'єкта природно-заповідного фонду проводиться згідно з забезпеченням виконання Законів України «Про природно-заповідний фонд України», «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки», «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» у частині створення територій і об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення.

На підставі викладеного вище та відповідно до ст. 60 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» особливій охороні підлягають природні території та об'єкти, що мають велику екологічну цінність, як унікальні та типові природні комплекси, для збереження сприятливої екологічної обстановки, попередження та стабілізації негативних природних процесів і явищ, а також враховуючи важливе гідрологічне значення р. Куделя потребує заповідання. Особливого фонового моніторингу потребують гідроекосистеми і прилегла водоохоронна зона, які свідчать про екологічну безпеку водойм і чистоту навколишнього середовища. За результатами наукового обґрунтування щодо створення гідрологічного заказника місцевого значення «Куделя», акваторія цієї річки була включена до РЛП «Приірпіння», оскільки р. Куделя є притокою р. Ірпінь.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Річка Куделя (притока Ірпеня). URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
2. Google maps. URL: <https://www.google.com/maps/place/>.
3. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2019. № 16. ст. 70. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>.
4. Мудрак О.В., Мудрак Г.В., Серебряков В.В. та ін. Обґрунтування розширення території національного природного парку «Кармелюкове Поділля». *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 14–30. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227234>.
5. Мудрак О.В., Хаєцький Г.С., Мудрак Г.В. та ін. Унікальні водні антропогенні ландшафти Поділля як перспективні заповідні об'єкти. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 3. С. 104–115.

- DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.266564>.
- Конішук В.В., Смаголь В.М., Шумигай І.В. Природоохоронне значення торфових екосистем Плав-П, Ямни Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 3. С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266405>.
  - Конішук В.В. Перспективи створення ботанічного заказника «Горищвіт» (Чернігівська область). *Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., з нагоди 10-ї річниці Національного природного парку «Мале Полісся» (м. Славута, 3–4 серп. 2023 р.). Славута, 2023. С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-6>.
  - Ткач Є.Д., Бунас А.А., Охріменко С.Г. Особливості формування структури екомережі у Центральному Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 3. С. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.268169>.
  - Мартиненко В.В., Кондратюк Д.М. Перспективи розширення території природного заповідника «Древляньський». *Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., з нагоди 10-ї річниці Національного природного парку «Мале Полісся» (м. Славута, 3–4 серп. 2023 р.). Славута, 2023. С. 55–57. DOI: <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-10>.
  - План України із заповідання цінних природних територій до 2030 р. Виконаний ... на 3,5%. URL: <https://uncg.org.ua/plan-ukrainy-iz-zapovidannia-tsinnnykh-pryrodnykh-terytorij-do-2030r-vykonany-na-3-5/>.
  - Природа знищується швидше, ніж зберігається: за минулий рік площа заповідного фонду України зросла на 0,02%. URL: <https://uncg.org.ua/pryrodaznyshhuetsya-shvydshe-nizh-zberigayetsya/>.
  - Гуцал О., Василенко Н., Бовсунівський Є. Методичні рекомендації щодо оголошення заказників, пам'яток природи та заповідних урочищ для удосконалення формування екологічної мережі України. Київ, 2023. 40 с.
  - Барановський В.А. та ін. Україна. Еколого-географічний атлас. Атлас-монографія. Київ: Варта, 2006. 220 с.
  - Веклич Л.М. Комплексний атлас України. Київ: ДНВП «Картографія», 2005. 96 с.
  - Карти України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-7.html>.
  - Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. Т. 60. № 1. С. 6–17.
  - Національний атлас України. Київ: Інститут географії НАН України, 2008. 440 с.
  - Зелена книга України / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Альтерпрес, 2009. 448 с.
  - Конішук В.В., Мосякін В.Л., Царенко П.М. та ін. Червона книга Київської області. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 3. С. 46–58.
  - Андрієнко Т.Л., Перегрим М.М. Офіційний перелік регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання). Київ: Альтерпрес, 2012. 148 с.
  - Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона / за ред. Т.Л. Андрієнко. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 316 с.
  - Про внесення змін та доповнень до рішення Київради від 29.06.00 №219/940: рішення від 23.12.2004 р. №880/2290. Київська міська рада.
  - Перелік видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ): наказ від 15.02. 2021 р. № 111. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://merg.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/vklyuchennya-858-05.03.2021.pdf>.
  - Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М. та ін. Продромус рослинності України. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с.
  - Про збереження природних оселищ та дикої фауни і флори: Директива від 21.05.1992 року. Рада 92/43/ЄЕС (ОВ L 206, 22.07.1992, с. 7). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987\\_004-92#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987_004-92#Text).
  - Resolution 6 (1998) of the standing committee of the Bern Convention «On the list of species that require special measures for their preservation». URL: <https://wownature.in.ua/wp-content/uploads/2021/05/Rezoliutsiia-6-1998-ponovlennia-2011-vydy.pdf>.
  - International Union for Conservation of Nature. URL: <https://www.iucnredlist.org/>.
  - Василюк О., Костюшин В., Норенко К. та ін. Природно-заповідний фонд Київської області. Київ: НЕЦУ, 2012. 338 с.
  - The European Community Directive on the Conservation of Natural Habitats of Wild Fauna and Flora (ECCB), 1992.
  - Конішук В.В., Концепція і стратегія збалансованого розвитку ландшафтів водно-болотних угідь і торфових екосистем України. Київ: ДІА, 2015. 52 с.
  - Про природно-заповідний фонд України: Закон України. *Відомості Верховної Ради України* (ВВР). 1992. № 34. ст. 502. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>.

## REFERENCES

- Richka Kudelia (prytoka Irpenia) [The Kudelia River (a tributary of the Irpin River)]. (n.d.). URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> [in Ukrainian].
- Google maps. URL: <https://www.google.com/maps/place/@50.3515469,30.4807936,14z/data=!3m1!4b1?entry=ttu> [in English].
- Pro Osnovni zasady (stratehiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy do 2030 roku: Zakon Ukrainy vid 28.02.2019 r. [On the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine until 2030: The Law of Ukraine of 28.02.2019]. (2019). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information*

- from the Verkhovna Rada of Ukraine, 16, art. 70. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian].
4. Mudrak, O.V., Mudrak, H.V., Serebriakov, V.V. et al. (2021). Obgruntuvannia rozshyrennia terytorii natsionalnogo pryrodnoho parku «Karmeliukove Podillia» [Substantiation of the expansion of the territory of the National Nature Park «Karmeliukove Podillya»]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 14–30. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227234> [in Ukrainian].
  5. Mudrak, O.V., Khaietskyi, H.S., Mudrak, H.V. et al. (2022). Unikalni vodni antropohenni landshafty Podillia yak perspektyvni zapovidni obiekty [Unique aquatic anthropogenic landscapes of Podillia as promising protected areas]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 3, 104–115. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.266564> [in Ukrainian].
  6. Konishchuk, V.V., Smahol, V.M. & Shumyhai, I.V. (2022). Pryrodokhoronne znachennia torfovykh ekosystem Plav-II, Yamny Zhytomyrskoho Polissia [Nature conservation value of peat ecosystems of Plav-II, Yamny of Zhytomyr Polissya]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266405> [in Ukrainian].
  7. Konishchuk, V.V. (2023). Perspektyvy stvorennia botanichnogo zakaznyka «Horitysvit» (Chernihivska oblast) [Prospects for the creation of the botanical reserve «Horitysvit» (Chernihiv region)]. *Obiekty pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy: suchasnyi stan ta shliakhy zabezpechennia efektyvnoi yikh diialnosti: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, z nahody 10-yi richnytsi Natsionalnogo pryrodnoho parku «Male Polissia»* [Objects of the Nature Reserve Fund of Ukraine: Current Status and Ways to Ensure Their Effective Activity: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference on the occasion of the 10<sup>th</sup> anniversary of the National Nature Park «Small Polissia»]. (pp. 35–40). Slavuta. DOI: <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-6> [in Ukrainian].
  8. Tkach, Ye.D., Bunas, A.A. & Okhrimenko, S.H. (2022). Osoblyvosti formuvannia struktury ekomerezhii u tsentralnomu lisostepu Ukrainy [Features of the formation of the ecological network structure in the central Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 3, 124–132. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.268169> [in Ukrainian].
  9. Martynenko, V.V. & Kondratiuk, D.M. (2023). Perspektyvy rozshyrennia terytorii pryrodnoho zapovidnyka «Drevlianskyi» [Prospects for expanding the territory of the Drevlyansky Nature Reserve]. *Obiekty pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy: suchasnyi stan ta shliakhy zabezpechennia efektyvnoi yikh diialnosti: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, z nahody 10-yi richnytsi Natsionalnogo pryrodnoho parku «Male Polissia»* [Objects of the Nature Reserve Fund of Ukraine: Current Status and Ways to Ensure Their Effective Activity: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference on the occasion of the 10<sup>th</sup> anniversary of the National Nature Park «Small Polissia»]. (pp. 55–57). Slavuta. DOI: <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-10> [in Ukrainian].
  10. Plan Ukrainy iz zapovidannia tsinnykh pryrodnykh terytorii do 2030 r. Vykonanyi ... na 3,5% [The Plan of Ukraine for the Protection of Valuable Natural Areas until 2030 is fulfilled... by 3.5%]. (n.d.). URL: <https://uncg.org.ua/plan-ukrainy-iz-zapovidannia-tsinnykh-pryrodnykh-terytorij-do-2030r-vykonanyj-na-3-5/> [in Ukrainian].
  11. Pryroda znyschuietsia shvydshe, nizh zberihaietsia: za mynulyi rik ploshcha zapovidnoho fondu Ukrainy zrosla na 0,02% [Nature is being destroyed faster than it is being preserved: last year, the area of the Ukrainian reserve fund increased by 0.02%]. (n.d.). URL: <https://uncg.org.ua/pryroda-znyschuyetsya-shvydshe-nizh-zberigayetsya/> [in Ukrainian].
  12. Hutsal, O., Vasylenko, N. & Bovsunovskyi, Ye. (2023). *Metodychni rekomendatsii shchodo oholoshennia zakaznykiv, pamiatok pryrody ta zapovidnykh urochyskh dlia udoskonalennia formuvannia ekolohichnoi merezhi Ukrainy* [Methodological recommendations for the declaration of reserves, natural monuments and protected tracts to improve the formation of the ecological network of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
  13. Baranovskyi, V.A. et al. (2006). *Ukraina. Ekoloho-heohrafichnyi atlas. Atlas-monohrafiia* [Ukraine. Ecological and geographical atlas. Atlas-monograph]. Kyiv: Varta [in Ukrainian].
  14. Veklych, L.M. (2005). *Kompleksnyi atlas Ukrainy* [Comprehensive Atlas of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
  15. Karty Ukrainy [Maps of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-7.html> [in Ukrainian].
  16. Didukh, Ya.P. & Sheliakh-Sosonko, Yu.R. (2003). Heobotanichne raionuvannia Ukrainy ta sumizhnykh terytorii [Geobotanical zoning of Ukraine and adjacent territories]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 60 (1), 6–17 [in Ukrainian].
  17. Instytut heohrafiï NAN Ukrainy (2008). *Natsionalnyi atlas Ukrainy* [National Atlas of Ukraine]. Kyiv: Cartography [in Ukrainian].
  18. Didukh, Ya. (Ed.). (2009). *Zelena knyha Ukrainy* [Green Data Book of Ukraine]. Kyiv: Alterpres [in Ukrainian].
  19. Konishchuk, V.V., Mosiak, V.L., Tsarenko, P.M. et al. (2012). Chervona knyha Kyivskoi oblasti [Red Book of Kyiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 46–58 [in Ukrainian].
  20. Andrienko, T.L. & Perehrym, M.M. (2012). *Ofitsyniyi perelik rehionalno ridsknykh roslin administratyvnykh terytorii Ukrainy (dovidkove vydannia)* [The official list of regionally rare plants of administrative territories of Ukraine (reference edition)]. Kyiv: Alterpres [in Ukrainian].
  21. Andrienko, T.L. (Ed.). (2006). *Fitoriznomanittia Ukrainskoho Polissia ta yoho okhorona* [Phytodiversity of Ukrainian Polissya and its protection]. Kyiv: Phytosociocenter [in Ukrainian].
  22. Pro vnesennia zmin ta dopovnen do rishennia Kyivrady vid 29.06.00 № 219/940: Rishennia vid 23.12.2004 r.

- № 880/2290 [On Amendments and Additions to the Decision of the Kyiv City Council of 29.06.00 No. 219/940: Decision of 23.12.2004, No. 880/2290]. (2004). *Kyivska miska rada — Kyiv City Council* [in Ukrainian].
23. Perelik vydiv roslyn ta hrybiv, shcho zanosyatsia do Chervonoj knyhy Ukrainy (roslynnyi svit): nakaz vid 15.02.2021 roku № 111 [List of species of plants and fungi included in the Red Book of Ukraine (flora): order of 15.02.2021, No. 111]. (2021). *Ministerstvo zakhystu dovykillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy — Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/vklyuchennya-858-05.03.2021.pdf> [in Ukrainian].
  24. Dubyna, D.V., Dziuba, T.P., Emelianova, S.M. et al. (2019). *Prodromus roslynnosti Ukrainy [Prodromus vegetation of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
  25. Pro zberezhenня pryrodnykh oselyshch ta dykoi fauny i flory: dyrektyva vid 21.05.1992 roku [On the conservation of natural habitats and wild fauna and flora: directive of 21.05.1992]. *Rada 92/43/IeES (OB L 206, 22.07.1992, s. 7) — Council 92/43/EEC (OB L 206, 22.07.1992, p. 7)*. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987\\_004-92#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987_004-92#Text) [in Ukrainian].
  26. Resolution 6 (1998) of the standing committee of the Bern Convention «On the list of species that require special measures for their preservation». URL: <https://wownature.in.ua/wp-content/uploads/2021/05/Rezoliutsiia-6-1998-ponovlennia-2011-vydy.pdf> [in English].
  27. International Union for Conservation of Nature. URL: <https://www.iucnredlist.org/> [in English].
  28. Vasilyuk, O., Kostiushyn, V., Norenko, K. et al. (2012). *Pryrodno-zapovidnyi fond Kyivskoi oblasti [Nature Reserve Fund of Kyiv Region]*. Kyiv: NECU [in Ukrainian].
  29. The European Community Directive on the Conservation of Natural Habitats of Wild Fauna and Flora (ECCB) [in English].
  30. Konishchuk, V.V. (2015). *Kontseptsii i stratehiiia zbalansovanoho rozvytku landshaftiv vodno-bolotnykh uhid i torfovykh ekosystem Ukrainy [Concept and strategy of balanced development of landscapes of wetlands and peat ecosystems of Ukraine]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
  31. Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: Zakon Ukrainy [On the Nature Reserve Fund of Ukraine: Law of Ukraine]. (1992). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information of the Verkhovna Rada of Ukraine, 34, art. 502*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.08.2024



# «ЗЕЛЕНА» ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЯК ОСНОВА РЕАБІЛІТАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ АГРОЛАНДШАФТІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Л.А. Райчук, І.К. Швиденко, Г.М. Чоботько

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2552-4578  
e-mail: favor09@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6135-8968  
e-mail: chobotko@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8228-4331*

*Досліджено можливості оптимізації агровиробничої діяльності на радіоактивно забруднених територіях Українського Полісся в контексті сучасних викликів, спричинених військовими діями та кліматичними змінами, а також необхідності компенсації втрат сільськогосподарських угідь внаслідок російської агресії. На основі аналізу міжнародного досвіду та локальних досліджень, нормативних документів та статистичних даних визначено особливості впливу кліматичних змін на агроекосистеми регіону. Використано інформаційно-аналітичні й математично-статистичні методи дослідження, а також монографічний та абстрактно-логічний підходи для розробки оптимальних сценаріїв агровиробничої діяльності, адаптованих до нових екологічних та соціально-економічних умов. Дослідження базується на даних національної інформаційної бази та результатах попередніх наукових розвідок щодо адаптивно-ландшафтної системи землеробства. Встановлено, що кліматичні зміни розширили потенціал регіону для вирощування нетипових культур, включаючи кукурудзу, соняшник і сою, що підвищує можливості території для компенсації втрат сільськогосподарських угідь інших регіонів України. Запропоновано інноваційні підходи до реабілітації забруднених агроландшафтів, що ґрунтуються на принципах «зеленої» економіки, а також упровадження систем точного землеробства, ГІС-технологій та методів фіторе mediaції. Визначено, що в короткостроковій перспективі найбільш економічно доцільними є традиційні сценарії рослинництва та молочного скотарства, тоді як для довгострокової екологічної стійкості перевагу мають біоенергетичний напрям та м'ясне скотарство. Розроблено модельні сценарії агропромислового виробництва, що враховують специфіку воєнного та повоєнного періодів, зокрема необхідність запровадження протиерозійних заходів на порушених територіях та використання стійких культур для швидкого відновлення ґрунтового покриву. Обґрунтовано економічну ефективність рекомендованих рішень через створення нових робочих місць, розвиток експортного потенціалу та підвищення енергетичної незалежності регіону. Результати дослідження створюють наукове підґрунтя для ефективної компенсації втрат сільськогосподарського потенціалу східних та південних регіонів України за одночасного дотримання принципів сталого розвитку.*

**Ключові слова:** *аграрне виробництво, екологічна безпека, кліматичні зміни, стале землекористування, біоенергетика, точне землеробство, фіторе mediaція, продовольча безпека, бойові дії.*

## ВСТУП

Глобальні екологічні виклики, посилені військовими конфліктами, створюють безпрецедентні загрози для довкілля, продовольчої безпеки та сталого розвитку. Особливої актуальності набуває питання перепрофілювання сільськогосподарства України в умовах тимчасової втрати значних сільськогосподарських угідь на сході та півдні держави внаслідок бойових

дій. У цьому контексті Українське Полісся, регіон, що зазнав значного радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської аварії, може відіграти ключову роль у компенсації цих втрат та забезпеченні продовольчої безпеки країни. Зміни клімату розширили спектр сільськогосподарських культур, а рівні радіоактивного забруднення поступово знижуються. Ці чинники, разом зі змінами соціально-економічного статусу

регіону, створюють нові можливості для розвитку аграрного сектору Полісся. Однак, комплексні дослідження радіологічної безпеки вирощування нових культур у цьому регіоні досі відсутні. Реабілітація радіоактивно забруднених територій Українського Полісся вимагає холистичного міждисциплінарного підходу, який би враховував як локальні проблеми (незбалансоване удобрення, надмірна розораність, зменшення лісистості), так і глобальні виклики (зміни клімату, епіфітотії, епізоотії, лісові пожежі, наслідки військових дій). Особливої уваги потребує оптимізація еколого-економічної ефективності аграрного виробництва, що передбачає диференціацію сільськогосподарської діяльності відповідно до екологічних, економічних та соціальних чинників.

З огляду на вищезазначене, **метою дослідження** є розробка та оптимізація модельних сценаріїв агровиробничої діяльності на забруднених радіонуклідами територіях Українського Полісся з урахуванням нових кліматичних, екологічних та соціально-економічних умов, а також необхідності компенсації втрат сільськогосподарського потенціалу інших регіонів України.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз літератури свідчить про різноманітність підходів до агровиробничої діяльності на забруднених землях у різних країнах. Так, у США Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) розробляє загальнодержавні рекомендації, але їх застосування може відрізнятись на рівні штатів чи окремих територій [1]. EPA запропоновано базувати сценарії рекреаційного впливу на місцевих практиках [2–3]. До того ж документи щодо радіоактивного забруднення вказують на можливість безпечного використання територій приблизно через три століття після забруднення [2]. Загальні підходи до планування використання забруднених земель включають: балансування економічних, соціальних та екологічних інтересів; узгодження май-

бутнього використання земель із цілями ремедіації; використання трьох основних категорій землекористування: промислове, рекреаційне та житлове [4]. Важливим аспектом є врахування невизначеностей, пов'язаних із довгостроковими демографічними, політичними, економічними та кліматичними змінами. Італійські дослідники С. Пандоччі, Е. Карвеллі та ін. [5] застосували модель Дуна-CLUE для аналізу змін землекористування на забрудненій території. Було розроблено два сценарії: продовження поточних тенденцій та впровадження фітотехнологій для рекультивації забруднених ґрунтів. Модель враховувала геофізичні та соціально-економічні чинники. У Чилі автори П. Мондака, М. Берасалусе, С. Ларрагібель-Гонсалес та ін. [6] використовували геопросторову систему підтримки прийняття рішень (S-DSS) для інтеграції інформації про забруднення ґрунтів та планування використання земель. Останні розподілили за категоріями як «придатні», «ризиковані» та «непридатні» для різних видів використання. Японський досвід за аналізом Г. Ванденхов та С. Туркану [7] демонструє перевагу гнучких систем підтримки ухвалення рішень на основі ПС для вибору оптимальних варіантів управління радіоактивно забрудненими землями. Дослідження на тематику ремедіації і моніторингу забруднених земель науковцями Фагнано, Д. Вісконті і Н. Фйорентіно [8] були зосереджені на різних підходах залежно від типу забруднення. У Китаї ж розробці стратегій використання забруднених земель вченому і аналізу Д. Гоу, Й. Ма, Й. Чен та ін. [9–11] передує обов'язкова оцінка ризиків. На території Полісся України М. Тараріком та ін. [12–14] було здійснено дослідження, присвячені науково-теоретичній основі агровиробничих сценаріїв та моделей аграрного виробництва, що дають змогу кількісно оцінити ефективність агроecosистем в умовах радіоактивного забруднення. Також аналіз досліджень щодо оцінки ризиків використання земель, забруднених унаслідок бойових дій, виявив прогалини у знаннях і методиках. Зокрема, П. Бруманді та спів-

авт. [15] наголошують на недостатньому вивченні мобільності потенційно токсичних елементів та властивості енергетичних сполук і хімічних бойових агентів.

Загалом, аналіз літератури підкреслює, що ефективне управління забрудненими землями вимагає комплексного підходу, який враховує локальні умови, тип забруднення, соціально-економічні чинники та екологічні ризики. Важливим є розробка гнучких систем підтримки прийняття рішень та довгострокових стратегій управління, які можуть адаптуватися до змін умов та нових викликів.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження передбачає використання інформаційно-аналітичних і математично-статистичних методів, а також монографічного (опрацювання наукових публікацій і нормативних документів) та абстрактно-логічного (теоретичне узагальнення, формування висновків і рекомендацій) підходів. У роботі застосовуються дані національної інформаційної бази (статистичні та фондові дані), нормативні документи, електронні й друковані наукові й довідкові матеріали, як вітчизняні, так і зарубіжні. Аналіз сценаріїв агровиробничої діяльності та систем землекористування радіоактивно забрудненої території Українського Полісся проводиться на основі агроекологічного групування земель відповідно до адаптивно-ландшафтної системи землеробства, спираючись на загальнодоступні результати досліджень [12–14].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБҐРУНТУВАННЯ

Аналіз виявив, що розвиток агроєкосистем на радіоактивно забруднених землях Українського Полісся залежить від комплексу взаємопов'язаних чинників: кліматичні зміни (підвищення середньорічної температури та суми ефективних температур, збільшення кількості опадів, особливо зливого характеру [16], подовження періоду активної вегетації), вплив на ґрунти та рослинність (зміна динаміки міграції

хімічних елементів у ґрунті [17], трансформація видового складу рослинності [18]), адаптація сільськогосподарських практик (необхідність перегляду традиційних методів ведення сільського господарства [19], застосування інноваційних агротехнологій (крапельне зрошення, *no-till*, *mini-till*, *strip-till*)), перспективи вирощування культур (збереження сприятливих умов для ріпаку та озимих зернових, розширення можливостей для вирощування кукурудзи на зерно, соняшнику та сої [20], скорочення площ під буряком цукровим і картоплею), соціально-економічні чинники (необхідність запровадження ресурсо- та енергоощадних технологій, вплив на тваринництво через зміну умов вирощування кормових культур), екологічні наслідки бойових дій (порушення ландшафтів і деградація ґрунтів, зміни в структурі викидів парникових газів [21], міжнародні екологічні зобов'язання).

Дослідження відмічає, що найбільш імовірним сценарієм розвитку є RCP 8.5 («сценарій бізнесу як звичайно») [22]. Це передбачає складнощі у впровадженні екологічних ініціатив через економічну нестабільність та пріоритет відновлення інфраструктури. Водночас виявлено потенціал для розвитку біоенергетичного напрямку, зокрема через вирощування кукурудзи, що може сприяти енергетичній та економічній незалежності регіону.

На основі досліджень [12–14] та аналізу впливу кліматичних змін і бойових дій на сільськогосподарські угіддя Українського Полісся було розроблено п'ять основних сценаріїв агропромислового виробництва: «Сучасна практика» (контроль, рослинницький напрям), «Молочне скотарство» (рослинницько-тваринницький напрям), «Біоенергетичний» (тваринницько-рослинницький напрям), «М'ясне скотарство» (тваринницький напрям), «М'ясне скотарство» (інтенсивний тваринницький напрям).

Аналіз засвідчив, що традиційні системи агровиробництва (сценарії 1 і 2) відзначаються стабільністю та можливістю підтримувати родючість ґрунту, але залежать



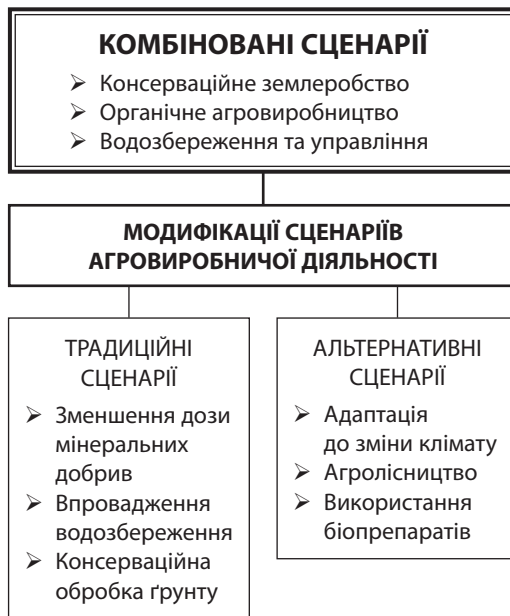
від стабільного постачання ресурсів. Альтернативні сценарії (3–5) мають потенціал у воєнний і повоєнний період, сприяючи більшій енергетичній ефективності та економії ресурсів [12–14].

Дослідження [23] виявили, що зміна клімату створила нові можливості для розкриття ресурсного потенціалу Полісся, зокрема для вирощування нетипових для регіону культур, як-от кукурудза на зерно, соняшник і соя.

Враховуючи наслідки бойових дій і кліматичних змін, було запропоновано модифікації традиційних та альтернативних сценаріїв агровиробничої діяльності (рис.). Ці модифікації включають зменшення використання мінеральних добрив, впровадження методів водозбереження, консерваційну обробку ґрунту, адаптацію до зміни температур та вологості, агролісництво та використання біопрепаратів [24; 25].

Результати дослідження свідчать, що найреалістичніми в сучасних економічних умовах є сценарії № 1 і № 2, однак із погляду природоохоронних заходів та вимог «зеленої» економіки перевагу слід надати сценаріям № 3–5 у довгостроковій перспективі. Оптимальним рішенням є поєднання елементів традиційних і альтернативних сценаріїв з урахуванням локальних умов.

Тому, зважаючи на комплексні еколого-економічні й соціальні виклики, перед якими постала Україна, а також закордонний досвід використання порушених земель було розроблено та оптимізовано модельні сценарії агровиробничої діяльності на забруднених радіонуклідами територіях Українського Полісся (табл.), що потенційно дасть змогу ефективніше компенсувати втрати сільськогосподарського потенціалу інших регіонів України, а також дотримання задекларованих нашою державною принципів «зеленого» відновлення економіки. Особливу увагу приділено врахуванню сучасних безпрецедентних викликів, зокрема наслідків воєнної агресії росії, що накладаються на існуючі проблеми радіоактивного забруднення території. Запропоновані рішення включають



Орієнтовні модифікації сценаріїв агровиробничої діяльності на радіоактивно забруднених землях Полісся України у воєнний і повоєнний періоди

впровадження протиерозійних заходів на порушених територіях та використання стійких культур для швидкого відновлення ґрунтового покриву. Інноваційна складова розроблених сценаріїв полягає у комплексному застосуванні сучасних технологій, що раніше масово не використовувалися на забруднених територіях Полісся. Зокрема, запровадження систем точного землеробства у поєднанні з ГІС-технологіями дає змогу здійснювати детальний моніторинг стану ґрунтів та оптимізувати використання ресурсів. Важливим елементом є застосування методів фітореMediaції та біологічних препаратів для відновлення родючості ґрунтів, що особливо актуально для території, постраждалих унаслідок бойових дій.

Серед обраних сценаріїв варто відзначити «біоенергетичний» сценарій, який передбачає виробництво відновлюваної енергії та забезпечує енергетичну незалежність регіону, що критично важливо в умовах сучасних викликів.

**Оптимізація модельних сценаріїв агроприверничої діяльності на забруднених радіонуклідами територіях Українського Полісся відповідно до основних модифікаційних чинників**

Сценарій	Вплив кліматичних змін	Адаптація сільськогосподарських практик	Перспективи вирощування сільськогосподарських культур	Виклики ерозії та деградації ґрунтів	Соціально-економічні та інноваційні рішення
№ 1 «Сучасна практика»	Введення культур, стійких до змін клімату (соя, соняшник, гречка)	Мінімальний обробіток ґрунту, безвідвальний обробіток	Пшениця озима, картопля, соя, соняшник, гречка	Збереження структури ґрунту, зменшення ерозії	Обмежене використання інновацій через фінансові причини
№ 2 «Молочне скотарство»	Введення культур, стійких до змін клімату (кукурудза, овес, люпин, тритикале)	Традиційна органо-мінеральна система удобрення (гній + НРК)	Кукурудза, овес, люпин, тритикале	Використання місцевих кормів на початкових стадіях відгодівлі	Підвищення продуктивності дійних корів, потреба в інвестиціях
№ 3 «Біоенергетична»	Введення біоенергетичних культур (міскантус, верба)	Мінімальний обробіток ґрунту, система точного землеробства	Кукурудза на силос, біоенергетичні культури	Збереження структури ґрунту, зменшення ерозії	Використання біогазових установок, потреба в інвестиціях
№ 4 «Тваринництво 1»	Введення культур, стійких до змін клімату (пшениця озима, кукурудза, картопля, люпин)	Органо-мінеральна система удобрення, мінімальний обробіток ґрунту	Пшениця озима, кукурудза, картопля, люпин	Збереження структури ґрунту, зменшення ерозії	Переробка відходів на біоенергію, потреба в інвестиціях
№ 5 «Тваринництво 2»	Введення культур, стійких до змін клімату (пшениця озима, кукурудза, картопля, соняшник)	Органічна система удобрення, мінімальний обробіток ґрунту	Пшениця озима, кукурудза, картопля, соняшник	Збереження структури ґрунту, зменшення ерозії	Використання біогазових установок, потреба в інвестиціях

Сценарії молочного та м'ясного скотарства демонструють значний потенціал для створення доданої вартості через переробку продукції та розвиток експортного потенціалу.

Економічний аналіз засвідчив, що реалізація запропонованих сценаріїв матиме істотний позитивний вплив на розвиток регіону та країни загалом. Створення нових робочих місць, розвиток експортного потенціалу та підвищення енергетичної незалежності сприятимуть відновленню економічної активності в постраждалих регіонах. Важливо відзначити, що впровадження розроблених сценаріїв потребує значних інвестицій, проте їх економічна ефективність та соціальна значущість обґрунтовують доцільність таких капіталовкладень.

Результати дослідження підтверджують, що запропоновані сценарії не лише дають можливість відновити постраждалі території, але й створюють основу для формування сучасного, екологічно безпечного та економічно ефективного агровиробництва, що відповідає викликам сьогодення та сприяє зміцненню продовольчої безпеки країни.

## ВИСНОВКИ

1. Глобальні екологічні виклики та наслідки російської військової агресії створюють безпрецедентні загрози для довкілля та продовольчої безпеки України. Особливої актуальності набуває питання оптимізації використання радіоактивно забруднених територій Українського По-

лісся для компенсації втрат сільськогосподарських угідь на сході та півдні держави. Встановлено, що кліматичні зміни розширили можливості регіону для вирощування нетипових культур (кукурудза на зерно, соняшник, соя), що підвищує потенціал території для компенсації втрат сільськогосподарських угідь інших регіонів України.

2. Розроблено та оптимізовано п'ять модельних сценаріїв агровиробничої діяльності для забруднених радіонуклідами територій Українського Полісся, які враховують нові кліматичні, екологічні та соціально-економічні умови воєнного й повоєнного періодів. Визначено, що найбільш економічно доцільними в короткостроковій перспективі є сценарії «Сучасна практика» та «Молочне скотарство», тоді як із точки зору екологічної стійкості та принципів «зеленої» економіки перевагу мають біоенергетичний сценарій та сценарій м'ясного скотарства. До того ж доведено ефективність впровадження інноваційних технологій (системи точного землеробства, ГІС-технології, методи фіторемедіації) для оптимізації використання ресурсів та відновлення родючості ґрунтів на забруднених територіях.

3. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці детальних механізмів таргетного запровадження запропонованих сценаріїв, оцінці їх довгострокового впливу на стан довкілля та екологічні зобов'язання України, а також вивченні можливостей масштабування успішних практик на інші постраждалі території.

## ЛІТЕРАТУРА

- Gochfeld M., Burger J., Powers C. and Kosson D. Land-use Planning Scenarios for Contaminated Land: Comparing EPA, State, and Tribal Scenarios—15642. *Annual Waste Management Symposium* (March 15–19, 2015). Phoenix, AZ, United States. URL: <https://archivedproceedings.econference.io/wmsym/2015/papers/15642.pdf>.
- Environmental protection agency (EPA). Land-use in the CERCLA remedy selection process: the superfund land-use directive. U.S., OSWER 9355.7-04, 1995. 11 p. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/landuse.pdf>.
- Mayer H.J., Greenberg M.R., Burger J. et al. Using integrated geospatial mapping and conceptual site models to guide risk-based environmental clean-up decisions. *Risk Analysis*. 2005. Vol. 25. № 2. P. 429–446. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00600.x>.
- Environmental protection agency (EPA). Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund site. U.S., OSWER 9355.4-24, 2002. URL: <https://www.epa.gov/superfund/supplemental-guidance-developing-soil-screening-levels-superfund-sites>.
- Pindozi S., Cervelli E., Recchi P.F. et al. Predicting land use change on a broad area: Dyna-CLUE model application to the Litorale Domizio-Agro Aversano (Campania, South Italy). *Journal of Agricultural En-*

- gineering*. 2017. Vol. 48(s1). P. 657. DOI: <https://doi.org/10.4081/jae.2017.657>.
6. Mondaca P., Beralaluce M., Larraguibel-González C. et al. From risk assessment to land planning. The case of a trace element-contaminated area in Chile. *Land Degradation & Development*. 2024. Vol. 35. No. 4. P. 1567–1579. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.5008>.
  7. Vandenhove H. and Turcanu C. Agricultural land management options following large-scale environmental contamination. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2011. Vol. 7 (3). P. 385–387. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.234>.
  8. Fagnano M., Visconti D. and Fiorentino N. Agromonic approaches for characterization, remediation, and monitoring of contaminated sites. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 1335. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091335>.
  9. Hou D., Qi S., Zhao B. et al. Incorporating life cycle assessment with health risk assessment to select the 'greenest' cleanup level for Pb contaminated soil. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 162. P. 1157–1168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.135>.
  10. Ma Y., Dong B., Bai Y. et al. Remediation status and practices for contaminated sites in China: survey-based analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. P. 33216–33224. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3294-2>.
  11. Chen Y., Hou D., Lu C. et al. Selective enrichment of *Geobacter* species in activated carbon amended soils for enhanced anaerobic biodegradation of BTEX compounds. *Environmental Science & Technology*. 2016. Vol. 50. № 17. P. 9400–9406. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01840>.
  12. Тараріко М.Ю. Еколого-економічне обґрунтування імітаційних моделей аграрного виробництва на радіоактивно забруднених землях Полісся. *Економіст*. 2015. № 10. С. 43–45.
  13. Тараріко М.Ю. Економічна та енергетична ефективність систем відтворення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтів. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2015. Вип. 25.7. С. 278–284.
  14. Тараріко М.Ю. Економічна ефективність в системі відтворення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтів. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 93. С. 260–265.
  15. Broomandi P., Guney M., Kim J. R. and Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Article 9002. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12219002>.
  16. Галабурда С.О. Адаптація сільського господарства до глобальних кліматичних змін. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: матеріали III Міжнар. наук.-практ. онлайн конф.* (м. Київ, 20–22 жовт. 2021 р.). Київ: НУБіП, 2021. С. 72–74.
  17. Shourie A. and Singh A. Impact of Climate Change on Soil Fertility. *Climate Change and the Microbiome. Soil Biology* / D.K. Choudhary, A. Mishra, A. Varma (Eds.). Cham: Springer. 2021. P. 49–62. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76863-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76863-8_4).
  18. Pillai M.M., Golub E.S., Lokshin M.M. et al. Ukraine — Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry. Washington, D.C.: World Bank Group, 2022. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/893671643276478711/Ukraine-Building-Climate-Resilience-in-Agriculture-and-Forestry>.
  19. Moldavan L., Pimenowa O., Wasilewski M. and Wasilewska N. Sustainable Development of Agriculture of Ukraine in the Context of Climate Change. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. Article 10517. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151310517>.
  20. Через зміни клімату на Поліссі почали вирощувати південні культури. *Укрінформ*. 2020. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3102052-cerez-zmini-klimatu-na-polissi-pocali-virosuvati-pivdenni-kulturi.html>.
  21. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: a preliminary review. United Nations Environment Programme (UNEP). 2022. URL: <https://copilot.microsoft.com/?wlexpsignin=1%2c1%2c1&setlang=uk&wlexpsignin=1>.
  22. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K. et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
  23. Тараріко М.Ю. Оцінювання балансу елементів живлення в зерно-картопляній сівозміні за традиційної та альтернативної систем удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 93 (7). С. 71–74. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201507-15>.
  24. Чоботько Г.М., Кучма М.Д., Райчук Л.А. та ін. Реабілітація радіоактивно забруднених земель Українського Полісся. *Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем: моногр.* / за ред. Т.О. Чайки. Полтава: Видавництво ПП «Астрая», 2022. С. 361–379.
  25. Чіков І. Фактори підвищення конкурентоспроможності підприємств АПК на основі інноваційних перетворень. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер.: Економіка і управління*. 2018. Т. 29 (68). № 5. С. 113–117.

## REFERENCES

1. Gochfeld, M., Burger, J., Powers, C. & Kosson, D. (2015). Land-use planning scenarios for contaminated land: Comparing EPA, state, and tribal scenarios. *Annual Waste Management Symposium*. Phoenix, AZ, United States. URL: <https://archivedproceedings.econference.io/wmsym/2015/papers/15642.pdf> [in English].
2. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1995).

- Land-use in the CERCLA remedy selection process: The superfund land-use directive (OSWER 9355.7-04). 11 p. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/landuse.pdf> [in English].
3. Mayer, H.J., Greenberg, M.R., Burger, J. et al. (2005). Using integrated geospatial mapping and conceptual site models to guide risk-based environmental clean-up decisions. *Risk Analysis*, 25 (2), 429–446. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00600.x> [in English].
  4. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund site (OSWER 9355.4-24). URL: <https://www.epa.gov/superfund/supplemental-guidance-developing-soil-screening-levels-superfund-sites> [in English].
  5. Pindozi, S., Cervelli, E., Recchi, P.F., Capolupo, A. & Boccia, L. (2017). Predicting land use change on a broad area: Dyna-CLUE model application to the Litorale Domizio-Agro Aversano (Campania, South Italy). *Journal of Agricultural Engineering*, 48 (s1), 657. DOI: <https://doi.org/10.4081/jae.2017.657> [in English].
  6. Mondaca, P., Berasaluce, M., Larraguibel-González, C. et al. (2024). From risk assessment to land planning: The case of a trace element-contaminated area in Chile. *Land Degradation & Development*, 35 (4), 1567–1579. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.5008> [in English].
  7. Vandenhove, H. & Turcanu, C. (2011). Agricultural land management options following large-scale environmental contamination. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7 (3), 385–387. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.234> [in English].
  8. Fagnano, M., Visconti, D. & Fiorentino, N. (2020). Agronomic approaches for characterization, remediation, and monitoring of contaminated sites. *Agronomy*, 10, 1335. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091335> [in English].
  9. Hou, D., Qi, S., Zhao, B., Rigby, M. & O'Connor, D. (2017). Incorporating life cycle assessment with health risk assessment to select the 'greenest' cleanup level for Pb contaminated soil. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1157–1168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.135> [in English].
  10. Ma, Y., Dong, B., Bai, Y. et al. (2018). Remediation status and practices for contaminated sites in China: Survey-based analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 33216–33224. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3294-2> [in English].
  11. Chen, Y., Hou, D., Lu, C., Spain, J.C. & Luo, J. (2016). Selective enrichment of Geobacter species in activated carbon amended soils for enhanced anaerobic biodegradation of BTEX compounds. *Environmental Science & Technology*, 50 (17), 9400–9406. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01840> [in English].
  12. Tarariko, M.Yu. (2015). Ekolohichne ta ekonomichne obhruntuvannya imitatsii nykh modeliei aharnoho vyrobnytstva na radioaktyvno zabrudnennykh zemliakh Polissia [Ecological and economic justification of simulation models of agricultural production on radioactively contaminated lands of Polissia]. *Ekonomist — Economist*, (10), 43–45 [in Ukrainian].
  13. Tarariko, M.Yu. (2015). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist system vidtvorennia ahroekolohichnykh funktsii radioaktyvno zabrudnennykh derno-vidzolystrykh gruntiv [Economic and energy efficiency of systems for the reproduction of agroecological functions of radioactively contaminated podzolic soils]. *Naukovi Vistnyk Natsionalnoho Lisotekhnichnoho Universytetu Ukrainy — Scientific Bulletin of the National Forestry Technical University of Ukraine*, 25.7, 278–284 [in Ukrainian].
  14. Tarariko, M.Yu. (2015). Ekonomichna efektyvnist v systemi vidtvorennia ahroekolohichnykh funktsii radioaktyvno zabrudnennykh derno-vidzolystrykh gruntiv [Economic efficiency in the system of reproduction of agroecological functions of radioactively contaminated podzolic soils]. *Tavriyskyi Naukovi Vistnyk — Tavria Scientific Bulletin*, 93, 260–265 [in Ukrainian].
  15. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R. & Karaca, F. (2020). Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review. *Sustainability*, 12 (19), 9002. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12219002> [in English].
  16. Halaburda, S.O. (2021). Adaptatsiia silskogo hospodarstva do hlobalnykh klimat ychnykh [Adaptation of agriculture to global climate change zmin]. *Tendentsiyyi ta vyklyky suchasnoyi ahrarynoyi nauky: teoriya i praktyka: materialy III Mizhnarodnoyi nauково-praktychnoyi onlayn-konferentsiyi [Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice: materials of the 3rd International Scientific and Practical Online Conference]*. (pp. 72–74). Kyiv [in Ukrainian].
  17. Shourie, A., Singh, A., Choudhary, D.K., Mishra, A. & Varma, A. (Eds.). (2021). Impact of climate change on soil fertility. *Climate change and the microbiome: Soil biology*. (pp. 49–62). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76863-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76863-8_4) [in English].
  18. Pillai, M.M., Golub, E.S., Lokshin, M.M., Rakovyvych, O. & Ha, T.P. (2022). Ukraine — Building climate resilience in agriculture and forestry. World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/893671643276478711/Ukraine-Building-Climate-Resilience-in-Agriculture-and-Forestry> [in English].
  19. Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M. & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15 (13), 10517. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151310517> [in English].
  20. Cherez zmini klimatu na Polissii pochaly virosuvaty pivdenni kultury [Through climate change, southern crops began to be grown in Polissia]. *Ukrinform — Ukrinform*. (2020). URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3102052-cerez-zmini-klimatuna-polissi-pocali-virosuvati-pivdenni-kulturi.html> [in Ukrainian].
  21. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). The environmental impact of the conflict in Ukraine: A preliminary review. URL: <https://copilot>.

- microsoft.com/?wlexpsignin=1%2c1%2c1&setlang=uk&wlexpsignin=1 [in English].
22. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al. (Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 1535). Cambridge University Press [in English].
  23. Tarariko, M.Yu. (2015). Otsiniuvannia balansu elementiv zhivlennia v zerno-kartoplyaniy sivozmini za tradytsiynoyi ta alternativnoyi system udobrennia [Assessment of the balance of nutrients in a grain-potato crop rotation under traditional and alternative fertilization systems]. *Visnyk Ahrarnoi Nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 93 (7), 71–74. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201507-15> [in Ukrainian].
  24. Chobotko, H.M., Kuchma, M.D., Raichuk, L.A. & Chayka, T.O. (Ed.). (2022). Reabilitatsiya radio-aktyvno zabludnennykh zemel Ukrainskoho Polissia [Rehabilitation of radioactively contaminated lands of the Ukrainian Polissia]. *Ekolohooriyentovani pidkhody vidnovlennya tekhnohenno zabrudnennykh terytoriy i stvorennia stalykh ekosystem: monohrafiya [Ecologically oriented approaches to the restoration of technologically polluted territories and the creation of sustainable ecosystems: a monograph]*. (pp. 361–379). Poltava [in Ukrainian].
  25. Chikov, I. (2018). Faktory pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpriemstv APK na osnovi innovatsiynykh peretvoren [Factors for increasing the competitiveness of agricultural enterprises based on innovative transformations]. *Vcheni Zapisky TNU imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Ekonomika i upravlinnya — Scholarly Notes of TNU Named After V.I. Vernadsky. Series: Economics and Management*, 29 (68), (5), 113–117 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.10.2024

---



## ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ КРИЗ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН *PICEA ABIES* (L.) KARST. У МІКРОКОСМАХ

О.В. Мудрак<sup>1</sup>, Т.В. Морозова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: [ov\\_mudrak@ukr.net](mailto:ov_mudrak@ukr.net); ORCID: 0000-0002-1776-6120

<sup>2</sup>Національний транспортний університет (м. Київ, Україна)  
e-mail: [tetiana.morozova@ukr.net](mailto:tetiana.morozova@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4836-1035

У зв'язку з кліматичними змінами питання адаптації лісових екосистем до абіотичних стресів стає дедалі більш актуальним. Ключову роль у цьому процесі відіграє праймінг, який дає змогу рослинам ефективніше реагувати на стреси через активацію захисних механізмів. Важливим показником адаптації є вміст фотосинтетичних пігментів, що визначають ефективність фотосинтезу. Деградація хлоропластів під впливом абіотичних стресів знижує інтенсивність фотосинтезу та порушує окисно-відновний баланс мембран, що спричиняє пошкодження фотосинтетичного апарату рослин. У статті досліджено вплив підвищеної температури, кислотних дощів та ультрафіолетового випромінювання на функціональний стан *P. abies* (L.) Karst. у мікрокосмах. Оцінено вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів і каротиноїдів) та показники валової первинної (ВПП) й чистої первинної продукції (ЧПП). Встановлено, що за впливу стресових чинників вміст пігментів і продуктивність рослин значно знижуються, що свідчить про порушення фотосинтетичних процесів. Ці абіотичні чинники знижують вміст хлорофілів і каротиноїдів, що зумовлює зменшення ефективності фотосинтезу. Крім того, підвищення активності дихання рослин і погіршення функціонального стану хлоропластів під впливом кислотного дощу вказує на розвиток стресових реакцій. Отримані результати дають можливість використовувати показники вмісту пігментів як індикатори стану фотосинтетичної системи *P. abies* (L.) Karst. в умовах глобальних екологічних змін. На основі проведених досліджень визначено, що найбільші зміни виявлено під впливом підвищеної температури, яка призвела до зменшення ЧПП на 83%. Тривала дія кислотного дощу викликала накопичення гормонів старіння та розвиток стресового синдрому за Г. Сельє. Скорочення ВПП і ЧПП свідчить про виснаження ресурсів стійкості рослин, що є критично важливим для стабільності лісових екосистем. Отримані результати дають змогу використовувати вміст пігментів як чутливі індикатори стану рослин під впливом абіотичних стресів. Дослідження підкреслює важливість моніторингу змін у лісових екосистемах у контексті глобальних екологічних викликів.

**Ключові слова:** хлорофіл, каротиноїди, інтенсивність фотосинтезу, абіотичний стрес, екстремальні температури, кислотні опади.

### ВСТУП

Через зміни клімату дедалі більш актуальним постає питання крос-адаптації рослин до абіотичних стресових чинників. Ключовим процесом є формування праймінгу (стресової пам'яті) під впливом помірного стресу, що дозволяє рослині швидше активувати захисні механізми при наступному, більш сильному стресі іншої природи, таким чином пом'якшуючи його вплив [1]. Важливу роль у цьому процесі відіграють сигнальні системи, які сприймають стресовий чинник і запускають захисні механізми через багатокаскадні мережі.

Одним із ключових показників адаптації рослин до умов середовища є вміст фотосинтетичних пігментів. Хлоропласти, які накопичують забруднювачі повітря, піддаються деградації, що призводить до руйнування їх структури і тилакоїдних мембран, знижуючи інтенсивність фотосинтезу через зміну окисного статусу мембран [2]. Надмірне накопичення іонів водню є основною причиною пошкодження фотосинтетичного апарату [3].

Для оптимальної роботи фотосинтетичних процесів важливою є структурно-функціональна організація фотосинтетичного апарату. Фотосинтез, що є результатом

взаємодії різних пігментних систем, забезпечує рослину органічними речовинами та енергією. Його ефективність залежить від стану асиміляційного апарату і вмісту пігментів, що визначаються як генетично, так і умовами середовища. Хлорофіл *a* ( $Hl_a$ ) є основним пігментом у фотосинтезі, тоді як хлорофіл *b* ( $Hl_b$ ) підвищує світлозбиральну здатність. Каротиноїди (*Car*) виконують різноманітні функції, включаючи світлозбиральну, антиоксидантну, фотопротекторну й структурну [4].

**Мета роботи** — дослідити фотосинтетичні показники хвойних лісоформувальних порід Покутсько-Буковинських Карпат за впливу кислотних дощів, підвищених температур і короткохвильового ультрафіолетового опромінення.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Порушення екологічної рівноваги обмежує сталий розвиток регіонів і країн загалом, що робить питання екологічної безпеки надзвичайно актуальним. Оцінка екологічних ризиків є ефективним методом ідентифікації зон підвищеної небезпеки і сприяє збереженню природної рівноваги. Фотосинтез — ключовий біохімічний процес у рослинах, що визначає кінцеву продукцію сухої речовини і продуктивність екосистем. Як основний процес автотрофів, фотосинтез забезпечує первинне виробництво на Землі, але на нього впливають різні екстремальні погодні умови, як-от високі і низькі температури, посуха, солоність, коливання освітлення та підвищена концентрація  $CO_2$ . Численні дослідження присвячені вивченню впливу глобальних кліматичних змін на фотосинтетичні процеси висвітлені у роботах R. Gupta & R.R. Prasad [5], S.I. Allakhverdiev [6; 7], M. Brestic, X. Yang, X. Li [8], R. Gupta [9; 10], R.D. Sharma, Y.R. Rao [11; 12], A. Ansari, C.L. Vema [13], J.M. Ahmadi-Lahijani, S. Moori [14].

Атмосферні опади, які зазвичай постачають живі організми вологою, через антропогенні забруднення стають джерелом екологічної загрози. Частотний розподіл

pH опадів [15] показує унімодальний максимум у діапазоні 6,4–6,7, що корелює зі зниженням pH. Трансформація хімічного складу опадів призводить до стабільного закислення, знижуючи pH до 5,58 [16]. Аналіз мікроелементного складу опадів виявляє підвищений вміст алюмінію та заліза, що може бути пов'язано з викидами промислових підприємств [17].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для створення умов теплового стресу підріст піддавали короткотривалій (упродовж 2 год) дії температури  $+40^\circ C$ . Фотосинтетичні пігменти екстрагували ацетоном, уміст хлорофілу виявляли спектрофотометрично [24]. Матеріал для визначення фотосинтетичних пігментів обробляли в свіжому стані відразу після збору. Екстрагували пігменти 96%-м етанолом. Спектрофотометричне вимірювання оптичної густини екстрактів здійснювали при максимумах поглинання для  $Hl_a$  — 665 нм, для  $Hl_b$  — 649 нм, та для *Car* — 470 нм, використовуючи фотометр КФК-3-01 (315–990 нм). Розрахунок вмісту пігментів (мг/г сирової речовини) в етанольних екстрактах проводили за такими формулами:

$$C_{Hl_a} = \frac{(13,95 \cdot D_{665} - 6,88 \cdot D_{649}) \cdot V}{m};$$

$$C_{Hl_b} = \frac{(24,96 \cdot D_{649} - 7,32 \cdot D_{665}) \cdot V}{m};$$

$$C_{Car} = \frac{1000 \cdot D_{470} \cdot V - 2,05 \cdot C_{Hl_a} - 114,8 \cdot C_{Hl_b}}{245}, \quad (1)$$

де  $D_{665}$  — оптична густина екстракту за довжини хвилі 665 нм;  $D_{649}$  — оптична густина екстракту за довжини хвилі 649 нм;  $V$  — об'єм етанолу,  $cm^3$ ;  $m$  — маса наважки, мг.

*Оцінка валової продуктивності в умовах мікрокосмів.* Зміна валової первинної продукції (GPP) є інтегральним показником, що дає можливість оцінити видову специфіку стійкості деревних порід до іміто-



ваних екстремальних чинників. *GPP* — це сумарна швидкість утворення органічної речовини популяцією або угрупованням (біоценозом) за певний проміжок часу на одиницю простору. Валову продукцію і дихання оцінювали за потоками вуглекислого газу в мікрокосмах за моделлю «Брутто» [25]. Інтенсивність утворення  $\text{CO}_2$  розраховували за формулою:

$$I_{\text{CO}_2} = \frac{(a-b) \cdot 2,2}{v \cdot t}, \quad (2)$$

де  $a$  — кількість 0,1 н НСІ, використаного на титрування контрольної проби, мл;  $b$  — кількість 0,1 н НСІ, використаного на титрування дослідної проби, мл; 2,2 — кількість  $\text{CO}_2$ , яка відповідає 1 мл 0,1 н НСІ, мг;  $v$  — об'єм частини мікрокосмів, що не зайнята ґрунтом,  $\text{м}^3$ ;  $t$  — тривалість дослід, год.

Для кожного експериментального варіанта у затемненому мікрокосмі визначали валове дихання ( $R$ ) за кількістю  $\text{CO}_2$ , що утворилася за одну годину; у незатемненому мікрокосмі досліджували кількість  $\text{CO}_2$ , яка після його фіксації в процесі фотосинтезу ( $NR$ ). За різницею  $R-NR$  виявляли валову первинну продукцію ( $GPP$ ). Рівень порушення  $GPP$  лісової екосистеми під впливом досліджуваного антропогенного чинника у мікрокосмах визначали за С.С. Руденко [25]. До того ж використовували таку градацію:

- 80–100%  $GPP$  від контрольного значення — безпечний рівень порушення;
- 60–79% — комфортний;
- 40–59% — загрозливий;
- 20–39% — критичний;
- 0–19% — небезпечний.

*Оцінка чистої продуктивності в умовах мікрокосмів.* Близько 95% загальної біомаси рослинного організму припадає на органічні сполуки, що утворюються в процесі фотосинтезу. Тому зміна сухої маси може об'єктивно відображати асиміляційну діяльність рослин. Цей показник є основою методу визначення «нетто-асиміляції» (модель «Нетто»), чистої первинної продукції [25]. Для оцінки чистої первинної

продукції ( $NPP$ ) з кожного дерева відбирали 10 хвоїнок, зважували їх та розраховували площу. Хвоїнки висушували до абсолютно сухої маси. ЧПП розраховували за формулою:

$$NPP = \frac{(B_2 - B_1) \cdot (\ln L_2 - \ln L_1)}{(L_2 - L_1) \cdot n}, \quad (3)$$

де  $B_1$  і  $B_2$  — суха маса хвої на початку і в кінці періоду досліджень, г;  $(B_2 - B_1)$  — приріст сухої маси за  $n$  днів, г;  $L_1$  та  $L_2$  — площі листків на початку і в кінці періоду досліджень,  $\text{м}^2$ ;  $n$  — період між двома спостереженнями, днів.

*Імітація впливу кислотного дощу.* Рослини поливали розчинами, що імітують кислотні дощі з різними значеннями рН: 2,3; 3,5; 4,5. Полив здійснювали по 50 мл двічі на тиждень. Значення рН=2,3 було обрано на основі максимальної зареєстрованої кислотності опадів у Західній Європі [25; 26]. Згідно з дослідженнями Г.М. Герцун [16], найбільш небезпечними для підстилаючої поверхні є перші порції опадів, рН яких варіюється від 3,5 до 4,5. Потрібне значення рН дощів досягали шляхом додавання концентрованих сульфатної і нітратної кислот до дистильованої води.

*Імітація парникового ефекту.* Рослини розміщували у термостаті на 8 год під час темного періоду, 5 разів на тиждень. Температурні умови були підібрані для прогнозування можливих змін глобальних середньорічних температурних трендів.

*Імітація озонових дір.* Наслідки утворення «озонових дір» імітували шляхом щоденного опромінення відкритих мікрокосмів короткохвильовим УФ-випромінюванням із використанням пересувної установки ОБПе-225м упродовж 30 хв. Дозу опромінення визначали за формулою:

$$H = E \cdot t \text{ (Вт/м}^2\text{-с)}, \quad (4)$$

де потужність вимірювали за допомогою ультрафіолетового радіометра УФ-С «Аргус-06», який працює в спектральному діапазоні від 0,20 до 0,28 мкм з розмахом вимірів від 1,0 Вт/м<sup>2</sup> до 2000 мВт/м<sup>2</sup>. За кутового розміру 450, поправковий коефі-

цієнт дорівнював 1,09, що дає значення потужності 1,199 Вт/м<sup>2</sup>. Депонувальна доза за 1 хв становила 72 Дж/м<sup>2</sup>, а щоденна доза випромінення – 2160 Дж/м<sup>2</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рослини, як первинні поглиначі енергії, є надійними індикаторами стану повітряного середовища. Зміна газового складу атмосфери і забруднення поллютантами впливають на функції рослин, надаючи їм екологічному стресу. Фотосинтез, як чутливий до стресових екологічних чинників процес, може бути використаний для індикації чистоти повітря [18]. Дослідженнями виявлено, що антропогенне навантаження знижує вміст фотосинтезувальних пігментів [19]. Забруднення атмосфери зменшує вміст  $Hl_a$  і  $Hl_b$  [10], а нагромадження твердих частинок на листках спричиняє зниження інтенсивності фотосинтезу через блокування продихів [21; 22]. Реакція фотосинтетичних процесів на забруднення пилом також свідчить про високу пластичність хлоропластів [23]. Визначення вмісту хлорофілу і каротиноїдів є інформативним способом оцінки фотосинтетичного режиму рослин і є непрямим методом оцінки їх продуктивності [4; 25].

Вплив кислотного дощу на фотосинтетичний апарат рослин є складним і багатофакторним процесом. Кислотний дощ, знижуючи рН ґрунту та рослинних поверхонь, змінює доступність важливих іонів, як-от алюміній, магній, кальцій, що негативно впливає на живлення рослин та порушує фотосинтез. У кислих умовах утворюються активні форми кисню (АФК), які викликають окислювальний стрес, пошкоджуючи клітинні мембрани, ДНК і білки. Це зумовлює деградацію тилакоїдів, руйнування структури хлоропластів і зниження ефективності фотосинтезу. H.L. Liu та Y.S. Shen [2] підтверджують, що підвищена кислотність зменшує вміст хлорофілів, які несприятливо впливають на здатність рослин поглинати світло й утворювати енергію. Крім того, кислотний дощ знижує активність ключових ферментів фотосинтетич-

ного циклу, як-от рибулозобісфосфаткарбоксилаза/оксигеназа (РубісКО), що зменшує продуктивність фотосинтезу та загальну стійкість рослин до стресів.

Підвищена температура також може порушувати функціонування фотосинтетичного апарату рослин. Високі температури викликають денатурацію білків і ферментів, що знижує ефективність фіксації вуглекислого газу та сприяє збільшенню фотодихання, яке конкурує з фотосинтезом. Це також впливає на структуру хлоропластів, порушуючи транспорт електронів і стабільність фотосинтетичних комплексів.

Короткохвильове УФ-випромінювання (УФ-С) є джерелом енергетичного стресу, що може пошкоджувати ДНК і спричиняти фотохімічні реакції, які призводять до утворення АФК і окислювального стресу. Це руйнує пігменти, зокрема хлорофіли, порушує структуру хлоропластів і знижує ефективність роботи фотосистем, особливо фотосистеми II, зменшуючи продуктивність фотосинтезу та адаптаційну здатність рослин до стресу.

Тіньовитривалі рослини мають вищий вміст хлорофілу порівняно зі світлолюбними видами, що вказує на умови середовища, в яких вони розвивалися. Високий вміст хлорофілу не завжди свідчить про інтенсивний фотосинтез, але використовується для оцінки продуктивності рослин. Аналіз вмісту пігментів показав негативний вплив кислотних дощів (рН = 2,3) на пігментну систему *P. abies* (L.) Karst., де в першій половині спостережень було виявлено збільшення вмісту зелених (на 53%) і жовтих пігментів (на 43%) під впливом кислотних дощів порівняно з контролем (табл. 1).

Значних змін у вмісті фотосинтетичних пігментів за впливу інших чинників не виявлено, але на 28-й день експерименту спостерігалось зміщення вмісту зелених пігментів. Вміст  $Hl_a$  зменшувався на 19% під впливом кислотного дощу (КД), на 55% від підвищеної температури (ПТ) та на 52% від УФ-випромінювання, тоді як  $Hl_b$  збільшувався у 2,7 раза від імітації парникового ефекту і «озонових дір», а за впливу

Таблиця 1. Вміст пігментів у хвої *P. abies* (L.) Karst. за дії чинників глобальних катаклізмів

Варіанти	День	Вміст пігментів, мг/г		
		$Hl_a$	$Hl_b$	$Car$
Контроль	14-й	0,179 ± 0,02	0,076 ± 0,007	0,095 ± 0,01
	28-й	0,251±0,02	0,026±0,002	0,032±0,003
Кислотний дощ	14-й	0,274 ± 0,02*	0,117 ± 0,011*	0,136 ± 0,01*
	28-й	0,203±0,01*	0,089±0,009*	0,071±0,007
Температура	14-й	0,174 ± 0,01	0,104 ± 0,009*	0,081 ± 0,008
	28-й	0,114±0,01*	0,069±0,007*	0,049±0,005
УФ-випромінювання	14-й	0,172 ± 0,01	0,082 ± 0,008	0,079 ± 0,008
	28-й	0,120±0,01*	0,071±0,006*	0,060±0,006*

Примітка: \* – достовірна різниця порівняно з контролем за критерієм Стьюдента,  $P < 0,05$ .

КД – у 3,4 раза. Вміст  $Car$  у хвої зростав у 2,2 раза від кислотного дощу, на 53% від парникового ефекту і на 87% від УФ-випромінювання. Це свідчить про зміну кольору листків, яка може бути зумовлена зниженням хлорофілу через дію кислих буферів. Рівень активності фотосинтезу залежить від співвідношення між швидкістю синтезу нових молекул хлорофілу і руйнуванням існуючих, що пов'язано з фізіологічним станом рослини та впливом стресових чинників (Duan et al., 2019). Антропогенний вплив може викликати зміни у пігментному складі, які свідчать про толерантність рослин. Співвідношення  $Hl_a/Hl_b$  та  $(Hl_a+Hl_b)/Car$  є індикаторами ступеня

розвитку фотосинтетичного апарату і антропогенного впливу (табл. 2). Зміни співвідношення можуть бути інформативним показником перебудови світлозбирального комплексу фотосистем рослин під впливом зовнішніх чинників [4].

Аналіз ANOVA виявив статистично значущі різниці у впливі чинників на вміст пігментів: для  $Hl_a$  ( $F(3,8)=10,24$ ,  $p < 0,001$ );  $Hl_b$  ( $F(3,8)=12,29$ ,  $p < 0,001$ ) і  $Car$  ( $F(3,8)=18,15$ ,  $p < 0,001$ ). Проведено регресійний аналіз для оцінки впливу досліджуваних чинників на вміст пігментів, результати якого показали статистично значущий вплив для дослідження на вміст  $Hl_a$  ( $p=0,011$ ),  $Hl_b$  ( $p=0,025$ ) та  $Car$  ( $p=0,008$ ). Для  $Hl_a$  та

Таблиця 2. Вміст і співвідношення пігментів у хвої *P. abies* (L.) Karst.

Варіанти	День	$Hl_a + Hl_b$	$Hl_a/Hl_b$	$(Hl_a + Hl_b)/Car$
Контроль	14-й	0,26 ± 0,01	2,36 ± 0,11	2,80 ± 0,22
	28-й	0,51± 0,02	9,65 ± 0,29	10,07 ± 3,72
Кислотний дощ	14-й	0,39 ± 0,02*	2,37 ± 0,12	2,94 ± 0,18
	28-й	0,29 ± 0,01*	2,28 ± 0,09*	4,28 ± 0,31*
Температура	14-й	0,28 ± 0,02	1,78 ± 0,09*	4,74 ± 0,19
	28-й	0,18± 0,01	1,65 ± 0,10*	4,14 ± 0,29*
УФ-виромінювання	14-й	0,25 ± 0,01	2,16 ± 0,17	3,26 ± 0,13
	28-й	0,32 ± 0,01*	1,69 ± 0,12*	3,45 ± 0,30*

Примітка: \* – достовірна різниця порівняно з контролем за критерієм Стьюдента,  $P < 0,05$ .

$Hl_b$  побудовані лінійні регресійні моделі, що демонструють залежність від чинників. Для *Car* залежність не була лінійною.

$$Hl_a \quad Y = 0,167X - 0,039.$$

$$Hl_b \quad Y = -0,047X + 0,287.$$

Залежність вмісту пігментів від варіанта:

кислотний  $Hl_a \quad Y = 0,289X - 0,027,$   
дощ  $Hl_b \quad Y = 0,139X + 0,07,$

підвищена  $Hl_a \quad Y = 0,082X + 0,135,$   
температура  $Hl_b \quad Y = 0,038X + 0,082,$

УФ-випромі-  $Hl_a \quad Y = 0,057X + 0,122,$   
нювання  $Hl_b \quad Y = 0,052X + 0,067.$

Існує статистично значуща залежність між вмістом пігментів і чинниками, що дає змогу прогнозувати вміст пігментів у хвої. Пігмент *Car* функціонує як антиоксидант і захисний пігмент, що поглинає надлишкову енергію та забезпечує її безпечно розсіювання у вигляді тепла.

Фотосинтез значною мірою залежить від умов середовища, як-от вологість ґрунту і температура повітря. Впродовж перших двох тижнів експерименту не спостерігалось значних змін у фотосинтетичній активності під впливом кислотного дощу і УФ-С-випромінювання, однак згодом вплив призводив до зниження фотосинтетичної активності: за рН 2,3 – на 18%, під УФ-С-діапазоном – на 35% (табл. 3).

Низькі концентрації токсичних газів у повітрі можуть пригнічувати фотосинтез, до того ж швидкість їх накопичення

у листках не завжди супроводжується вираженими ознаками пошкодження. Летальні концентрації газів можуть спричинити миттєву зупинку фотосинтезу і появу некрозу через певний час. Незворотні порушення фотосинтетичної діяльності рослин можуть відбуватися через глибокі зміни у хвої, що спостерігається візуально зміною її кольору. Стресові умови спричиняють пригнічення фотосинтезу і збільшення інтенсивності дихання. Показано зростання інтенсивності дихання за впливу кислотного дощу і підвищеної температури у 2,6 і 2,3 раза відповідно. Виявлено негативний вплив чинників глобальної екологічної кризи на функціональний стан *P. abies* (L.) Karst. у мікрокосмах, що проявляється у збільшенні інтенсивності дихання і пригніченні фотосинтезу на тлі зменшення пігментного фонду. На сьогодні не існує єдиної думки щодо оптимальної кількості хлорофілу та його впливу на продуктивність рослин. Одні дослідники вважають, що невисокий рівень хлорофілу може бути вигідним, оскільки зниження кількості поглиненого світла запобігає руйнуванню фотосинтетичного апарату через надлишок енергії та сприяє більш ефективній роботі фотосинтезу. Однак інші дослідження вказують, що за умов дефіциту хлорофілу фотосинтетична активність знижується. Водночас, інша група науковців стверджує, що підвищений рівень хлорофілу дає змогу рослинам поглинати більше енергії, що поліпшує ефективність фотосинтезу і, як наслідок, урожайність культури.

Таблиця 3. Інтенсивність фотосинтезу та дихання *Picea abies* (L.) Karst. за впливу чинників глобальних катаклізмів у мікрокосмних моделях, мг CO<sub>2</sub>/г за год

Варіант	Інтенсивність			
	фотосинтезу		дихання	
	14-й день	28-й день	14-й день	28-й день
Контроль	162,35 ± 6,09	173,58 ± 4,4	0,08±0,004	0,27±0,01
Кислотний дощ	167,31 ± 6,6	142,31 ± 3,2*	0,21±0,008*	0,41±0,01*
Температура	131,62 ± 5,2*	128,92 ± 3,6*	0,18±0,008*	0,34±0,01*
УФ-випромінювання	166,17 ± 7,8	112,31 ± 4,9*	0,32±0,01*	0,49±0,01*

Примітка: \* – достовірна різниця порівняно з контролем за критерієм Стьюдента,  $P < 0,05$ .

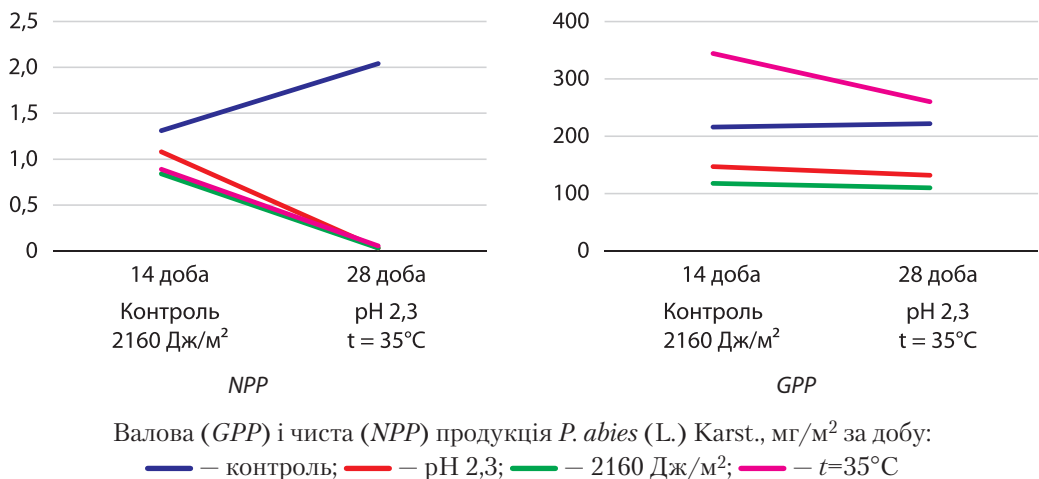
Чиста і валова продуктивність рослин критично залежать від ефективності фотосинтезу, яка визначається рівнем хлорофілів і каротиноїдів у фотосинтетичному апараті. Абіотичні стресові чинники, як-от кислотні дощі, підвищена температура та ультрафіолетове випромінювання, негативно впливають на функціональний стан хлоропластів, знижуючи кількість фотосинтетичних пігментів і порушуючи окисно-відновний баланс мембран. Це призводить до зниження фотосинтетичної активності, що, своєю чергою, зменшує валову продуктивність через скорочення виробництва органічних речовин. Окрім того, для захисту від стресів рослини змушені активувати додаткові захисні механізми, витрачаючи ресурси, які могли б бути використані для росту і розвитку, що знижує чисту продуктивність. Отже, абіотичні чинники, спричиняючи деградацію фотосинтетичного апарату, не лише погіршують стан рослини, але й мають прямий негативний вплив на її продуктивність, знижуючи потенціал для підтримання високих урожаїв в умовах глобальних екологічних змін.

Оцінка продуктивності екосистем за впливу глобальних екологічних чинників в умовах мікрокосмів включає визначення валової первинної продукції (ВПП), що відображає сумарну швидкість утворення органічної речовини популяцією або угрупованням упродовж певного періоду на

одиноцю площі. Рівень ВПП та дихання можна визначати за потоками  $\text{CO}_2$  [25]. Чиста первинна продукція (ЧПП), або «спостережуваний фотосинтез» відображає швидкість накопичення органічної речовини в рослинних тканинах після врахування витрат на дихання. Дослідження показали зниження ЧПП у *P. abies* (L.) Karst. за впливу глобальних екологічних чинників у мікрокосмах. Підвищена температура зумовила зменшення ЧПП на 83%, кислотний дощ – на 57, а короткохвильове УФ-випромінювання – на 55% (рис.).

Впродовж перших 14 днів дослідження ЧПП значно знизилась під впливом підвищеної температури (на 32%) і УФ-випромінювання (на 36%). Також було виявлено скорочення ВПП за впливу всіх екологічних чинників, які узгоджуються з попередніми дослідженнями [26].

Згідно з теорією адаптаційного синдрому Г. Сельє, рослини реагують на стресові умови першою стадією пригнічення метаболічних процесів, що супроводжується збільшенням концентрації гормонів старіння і зменшенням гормонів росту і розвитку. Це зумовлює пригнічення основних фізіологічних процесів. Зниження ВПП за незмінної ЧПП під впливом кислотного дощу впродовж перших 14 днів може бути пов'язано з інгібуванням синтезу органічних сполук та їх витратами на дихання. Висока температура також може викликати





дефіцит води, що є вторинним стресом, який вимагає тривалої експозиції для розвитку. На другий період моніторингу було відзначено достовірне зниження ВПП *P. abies* (L.) Karst. за впливу всіх досліджених чинників. Зменшення ЧПП і ВПП під впливом УФ-випромінювання та кислотного дощу може вказувати на настання третьої стадії стресу, що свідчить про вичерпання ресурсів стійкості організму. Підвищення негативного впливу кислотного дощу залежить від тривалості експозиції, що спричиняє серйозні і навіть незворотні пошкодження на рівні тканин і клітин. Водночас підвищена температура викликає зниження ЧПП за незначного збільшення ВПП.

Дослідження продуктивності екосистем в умовах мікрокосмів під впливом глобальних екологічних чинників, як-от підвищена температура, кислотні дощі і короткохвильове УФ-випромінювання, виявило значні зміни у валовій (ВПП) і чистій первинній продукції (ЧПП) рослин, зокрема *Picea abies* (L.) Karst. ЧПП, що відображає накопичення органічної речовини після врахування витрат на дихання, значно знизилася під впливом усіх досліджених чинників, що свідчить про пригнічення основних метаболічних процесів рослин. Також спостерігалася зниження ВПП, що підтверджує несприятливий вплив цих чинників на загальну продуктивність екосистеми.

## ВИСНОВКИ

Враховуючи проведені дослідження відмічено, що кислотний дощ має значний негативний вплив на фотосинтетичний апарат рослин, викликаючи окислювальний

стрес і знижуючи ефективність фотосинтезу через зменшення вмісту хлорофілів та активності ключових ферментів. Підвищена температура і УФ-випромінювання також несприятливо впливають на фотосинтетичний апарат, викликаючи структурні порушення в хлоропластах та зміни вмісту пігментів, що знижує стійкість рослин до стресу. Тіньовитривалі рослини мають підвищений вміст хлорофілів, що може бути адаптацією до низької інтенсивності світла, однак їх продуктивність може знижуватися під впливом кислотного дощу та інших стресових чинників. Регресійний аналіз засвідчив статистично значущі залежності між впливом досліджуваних чинників і вмістом фотосинтетичних пігментів, що дає змогу прогнозувати їх зміни у відповідь на зміну умов середовища.

На основі проведених досліджень встановлено, що підвищена температура, кислотний дощ та УФ-випромінювання істотно знижують ЧПП і ВПП у *Picea abies* (L.) Karst. та спричиняють загальне погіршення екологічного стану екосистеми. Реакція рослин на стресові умови відповідає першій стадії адаптаційного синдрому, що характеризується пригніченням метаболічних процесів та збільшенням концентрації гормонів старіння. Зростання негативного впливу кислотного дощу передусім залежить від тривалості його дії, що може призводити до незворотних пошкоджень на рівні тканин і клітин. Зниження ЧПП і ВПП під впливом стресових чинників може вказувати на вичерпання ресурсів стійкості рослин, що є критичним для довгострокової стабільності екосистеми.

## ЛІТЕРАТУРА

- Kiriziy D.A. Priming and cross-adaptation of plants to abiotic stresses: state of the problem and prospect. *Fiziol. rast. genet.* 2023. Vol. 55. No. 2. P. 95–118. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2023.02.095>.
- Liu H.L. and Shen Y.-S. The impact of green space changes on air pollution and microclimates: a case study of the Taipei metropolitan area. *Sustainability*. 2014. Vol. 6. P. 8827–8855. DOI: <https://doi.org/10.3390/su6128827>.
- Rohach V.V., Kuryata V.G., Stasik O.O. et al. Effect of growth promotors on morphogenesis, photosynthetic apparatus, productivity and residual substances content in sweet pepper (*Capsicum annum*) fruits. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15 (2). P. 189–197. DOI: <https://doi.org/10.15421/022428>.
- Короткова І.В., Чайка Т.О., Ромашко Т.П., Рибальченко А.М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці полби як критерій продуктивності за традиційної та органічної технології вирощування. *Innov Biosyst Bioeng.* 2022. Т. 6. № 1. С. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>.

5. Gupta R. and Prasad R.R. Dynamic Photosynthetic Apparatus in Plants Combats Climate Change / Ed. by Wahid Ansari, M. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119858553.ch8>.
6. Allakhverdiev S.I. Editorial for the special issue on photosynthesis and hydrogen energy research for sustainability-2019. *Photosynth. Res.* 2020. Vol. 146. P. 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00764>.
7. Allakhverdiev S.I. Optimising photosynthesis for environmental fitness. *Funct. Plant Biol.* 2020. Vol. 47. P. 11. DOI: [https://doi.org/10.1071/FPv47n11\\_FO](https://doi.org/10.1071/FPv47n11_FO).
8. Brestic M., Yang X., Li X. and Allakhverdiev S.I. Crop photosynthesis for the twenty-first century. *Photosynth. Res.* 2021. Vol. 150 (1–3). P. 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00869-5>. PMID: 34674135.
9. Gupta R. Tissue specific disruption of photosynthetic electron transport rate in pigeonpea (*Cajanuscajan* L.) under elevated temperature. *Plant Signal Behav.* 2019. Vol. 14 (6). P. 1601952. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.16019>.
10. Gupta R. The oxygen-evolving complex: a super catalyst for life on earth, in response to abiotic stresses. *Plant Signal. Behav.* 2020. Vol. 15 (12). P. 1824721. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.18247>.
11. Gupta R., Sharma R.D. and Singh M. Energy dissipation and photosynthetic electron flow during the transition from juvenile red to mature green leaves in mango (*Mangifera indica* L.). *Plant Biosyst.* 2020. Vol. 155 (2). P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.18108>.
12. Gupta R., Sharma R.D., Rao Y.R. et al. Acclimation potential of Noni (*Morinda citrifolia* L.) plant to temperature stress is mediated through photosynthetic electron transport rate. *Plant Signal. Behav.* 2021. Vol. 16 (3). P. 1865687. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.186568>.
13. Gupta R., Ansari A. and Vema C.L. Physiological responses and adaptation mechanisms in plants to elevated temperature. *Understanding Abiotic Stress.* 2022. P. 133–152.
14. Ahmadi-Lahijani J.M. and Moori S. Photosynthetic Response and Adaptation of Plants in Perspective of Global Climate Change. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.109544>.
15. Yang F., Tan1 J., Shi Z.B. et al. Five-year record of atmospheric precipitation chemistry in urban Beijing, China. *Atmospheric Chemistry and Physics.* 2012. Vol. 12. P. 2025–2035.
16. Герцун Г.М., Масікевич Ю.Г., Гольонко Р.А. Аналіз забруднення атмосферних опадів домашніми на вулицях міста. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2019. Т. 29. № 1. С. 66–69. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290114>.
17. Mirzaei S., Hashemi H. and Hoseini M. Concentration and potential source identification of trace elements in wet atmospheric precipitation of Shiraz, Iran. *J. Environ Health Sci Eng.* 2018. Vol. 16 (2). P. 229–237. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0310-x>.
18. Масікевич А.Ю. Фотосинтетичні індикатори стану забруднення атмосферного повітря Покутсько-Буковинських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2019. Т. 29. № 9. С. 87–91. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290915>.
19. Deeva A.M., Lazaruk G.V., Pavlovskii N.B. et al. Dynamics of photosynthetic pigments content in leaves of *Vaccinium corymbosum* L. during vegetation. *Fiziol. rast. genet.* 2021. Vol. 53. № 1. P. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2021.01.055>.
20. Шупранова Л.В., Лихолат Ю.В., Хромих Н.О. та ін. Реакція фотосинтетичного апарату представника екстразональної рослинності степу *Quercus robur* на забруднення атмосфери транспортними емісіями. *Biosyst. Divers.* 2017. Vol. 25 (4). P. 268–273. DOI: <https://doi.org/10.15421/011741>.
21. Popek R., Przybysz A., Gawrosska H. et al. Impact of particulate matter accumulation on the photosynthetic apparatus of roadside woody plants growing in the urban conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2018. Vol. 163. P. 56–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.051>.
22. Lu T., Lin X., Chen J. et al. Atmospheric particle retention capacity and photosynthetic responses of three common greening plant species under different pollution levels in Hangzhou. *Global Ecology and Conservation.* 2019. Vol. 20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00783>.
23. Шепелюк М.О., Ковалевський С.Б., Китаєв О.І. Флуоресценція хлорофілу та її індукційні зміни в листках деревних рослин в умовах урбанізованого середовища міста Луцька. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2017. Т. 27. № 1. С. 101–105. DOI: <https://doi.org/10.15421/40270122>.
24. Морозова Т.В. Аспекти екологічного моніторингу. Київ, 2020. 380 с.
25. Мудрак О.В., Морозова Т.В. Ефективність супутникових даних у системі агроекологічного моніторингу. *Агроекологічний журнал.* 2023. № 3. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287763>.
26. Морозова Т.В. Різномірневіа біоіндикаційна оцінка слабкоурбанізованих селитєбних територій Чернівецької області: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Чернівці, 2005. 23 с.

## REFERENCES

1. Kiriziy, D.A. (2023). Priming and cross-adaptation of plants to abiotic stresses: state of the problem and prospect. *Fiziol. rast. genet.*, 55 (2), 95–118. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2023.02.095> [in English].
2. Liu, H.-L. & Shen, Y.S. (2014). The impact of green space changes on air pollution and microclimates: a case study of the Taipei metropolitan area. *Sustainability*, 6, 8827–8855. DOI: <https://doi.org/10.3390/su6128827> [in English].
3. Rohach, V.V., Kuryata, V.G., Stasik, O.O. et al. (2024). Effect of growth promotors on morphogenesis, photosynthetic apparatus, productivity and residual substances content in sweet pepper (*Capsicum annuum*)

- fruits. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15 (2), 189–197. DOI: <https://doi.org/10.15421/022428> [in English].
4. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T. & Rybalchenko, A. (2022). Vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u roslinakh pshenytsi polby yak kryterii produktyvnosti za tradytsiinoi ta orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia [Photosynthetic Pigments Content in Emmer Wheat Plants as Criteria of Productivity in Traditional and Organic Farming Technology]. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277> [in Ukrainian].
  5. Gupta, R., Prasad, R.R. & Wahid Ansari, M. (Ed.). Dynamic Photosynthetic Apparatus in Plants Combats Climate Change. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119858553.ch8> [in English].
  6. Allakhverdiev, S.I. (2020). Editorial for the special issue on photosynthesis and hydrogen energy research for sustainability-2019. *Photosynth. Res.*, 146, 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-020-00764> [in English].
  7. Allakhverdiev, S.I. (2020). Optimising photosynthesis for environmental fitness. *Funct. Plant Biol.*, 47, 11. DOI: [https://doi.org/10.1071/FPv47n11\\_FO](https://doi.org/10.1071/FPv47n11_FO) [in English].
  8. Brestic, M., Yang, X., Li, X. & Allakhverdiev, S.I. (2021). Crop photosynthesis for the twenty-first century. *Photosynth. Res.*, 150 (1–3), 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-021-00869-5>. PMID: 34674135 [in English].
  9. Gupta, R. (2019). Tissue specific disruption of photosynthetic electron transport rate in pigeonpea (*Cajanuscajan* L.) under elevated temperature. *Plant Signal Behav.*, 14 (6), 1601952. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.16019> [in English].
  10. Gupta, R. (2020). The oxygen-evolving complex: a super catalyst for life on earth, in response to abiotic stresses. *Plant Signal. Behav.*, 15 (12), 1824721. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.18247> [in English].
  11. Gupta, R., Sharma, R.D. & Singh, M. (2020). Energy dissipation and photosynthetic electron flow during the transition from juvenile red to mature green leaves in mango (*Mangifera indica* L.). *Plant Biosyst.*, 155 (2), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.18108> [in English].
  12. Gupta, R., Sharma, R.D., Rao, Y.R. et al. (2021). Acclimation potential of Noni (*Morinda citrifolia* L.) plant to temperature stress is mediated through photosynthetic electron transport rate. *Plant Signal. Behav.*, 16 (3), 1865687. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1865687> [in English].
  13. Gupta, R., Ansari, A. & Vema, C.L. (2022). Physiological responses and adaptation mechanisms in plants to elevated temperature. *Understanding Abiotic Stress*, 133–152 [in English].
  14. Ahmadi-Lahijani, J.M. & Moori, S. (2023). Photosynthetic Response and Adaptation of Plants in Perspective of Global Climate Change. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.109544> [in English].
  15. Yang, F., Tan1, J., Shi, Z.B. et al. (2012). Five-year record of atmospheric precipitation chemistry in urban Beijing, China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, 2025–2035 [in English].
  16. Heretsun, H.M., Masikevich, Yu.H. & Holyonko, R.A. (2019). Analiz zabrudnennia atmosferynykh opadiv domishkamy na vulytsiakh mista [Analysis of Atmospheric Deposit Pollution by Impurities in City Streets]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (1), 66–69. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290114> [in Ukrainian].
  17. Mirzaei, S., Hashemi, H. & Hoseini, M. (2018). Concentration and potential source identification of trace elements in wet atmospheric precipitation of Shiraz, Iran. *J. Environ Health Sci Eng.*, 16 (2), 229–237. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0310-x> [in English].
  18. Masikevich, A.Yu. (2019). Fotosyntetychni indykatory stanu zabrudnennia atmosferneho povitrya Pokuts'ko-Bukovyns'kykh Karpat [Photosynthetic indicators of the atmospheric air pollution status of the Pokutsko-Bukovinian Carpathians]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (9), 87–91. DOI: <https://doi.org/10.36930/40290915> [in Ukrainian].
  19. Deeva, A.M., Lazaruk, G.V., Pavlovskii, N.B. et al. (2021). Dynamics of photosynthetic pigments content in leaves of *Vaccinium corymbosum* L. during vegetation. *Fiziol. rast. genet.*, 53, 1, 55–62. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2021.01.055> [in English].
  20. Shupranova, L.V., Lykholat, Yu.V., Khromykh, N.O. et al. (2017). Reaktsiia fotosyntetychnoho aparatu predstavnyka ekstrazonalnoi roslynnosti stepu *Quercus robur* na zabrudnennia atmosfery transportnyimi emisiiami [Response of the photosynthetic apparatus of the extrazonic vegetation of the *Quercus robur* steppe vegetation to atmospheric pollution by transport emissions]. *Biosyst. Divers.*, 25 (4), 268–273. DOI: <https://doi.org/10.15421/011741> [in Ukrainian].
  21. Popek, R., Przybysz, A., Gawrosska, H. et al. (2018). Impact of particulate matter accumulation on the photosynthetic apparatus of roadside woody plants growing in the urban conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163, 56–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.051> [in English].
  22. Lu, T., Lin, X., Chen, J. et al. (2019). Atmospheric particle retention capacity and photosynthetic responses of three common greening plant species under different pollution levels in Hangzhou. *Global Ecology and Conservation*, 20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00783> [in English].
  23. Shepelyuk, M., Kovalevskiy, S. & Kytaiev, O. (2017). Fluorescentsiia khlorofilu ta yii induktsiini zminy v lystkakh derevnykh roslin v umovakh urbanizovanoho seredovyshcha mista Lutska [Chlorophyll Fluorescence and its Induction Changes in the Leaves of Woody Plants in the Conditions of Urban Environment of Lutska]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 27 (1), 101–105. URL: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/173> [in Ukrainian].

24. Morozova, T.V. (2020). *Aspekty ekolohichnoho monitorynhu [Aspects of environmental monitoring]*. Kyiv [in Ukrainian].
25. Mudrak, O.V. & Morozova, T.V. (2023). Efektyvnist suputnykovykh danykh u systemi ahroekolohichnoho monitorynhu [Efficiency of satellite data in the agroecological monitoring system]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Journal of Agroecology*, 3, 53–61. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287763> [in Ukrainian].
26. Morozova, T.V. (2005). Riznorivneva bioindykatsiina otsinka slabkourbanizovanykh selytebnykh terytorii Chernivetskoï oblasti [Multilevel Bioindication Assessment of Sparsely Urbanized Residential Areas of Chernivtsi Region]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Chernivtsi [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 23.08.2024

---

---

## БАКТЕРІЇ РОДУ *BURKHOLDERIA* У РОСЛИННИЦТВІ: НЕБЕЗПЕКА ЧИ КОРИСТЬ?

Л.М. Буценко<sup>1</sup>, Л.А. Пасічник<sup>2</sup>, Ю.В. Коломієць<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій (м. Київ, Україна)  
e-mail: l.m.butsenko@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3575-4289

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України  
(м. Київ, Україна)  
e-mail: imv\_phyto@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5662-3106

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
(м. Київ, Україна)  
e-mail: julyja12345@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1919-6336

Бактерії роду *Burkholderia* є одним із найбільш гетерогенних родів, що об'єднав патогенні для людини, тварин і рослин види із сапротрофними мешканцями ґрунтових та водних екосистем. Навіть більше, об'єднання гетерогенних патогенів простежується у межах окремих видів роду *Burkholderia*. Представники саме цього таксона якнайкраще демонструють явища полібіотрофії, здатності представників одного виду спричинювати ураження макроорганізмів різних царств. Кількість публікацій у міжнародних базах даних, щодо представників роду *Burkholderia*, зростає останні два десятиліття і такі публікації стосуються як патогенних буркхолдерій, так і представників роду із корисними для людини властивостями. Особливу увагу привертають спроби використання представників роду *Burkholderia* як біологічних агентів для контролю шкідників і збудників хвороб у рослинництві та інтродукція цих прокариотів у агроценози. Таксономічний статус окремих представників цього роду все ще викликає дискусії у науковій спільноті. До одного виду можуть належати штами патогенні для людини, рослини і штами-стимулятори росту рослин, як це відбувається із *Burkholderia gladioli*, за відсутності чітких критеріїв, що дають можливість розмежувати патогенні й корисні буркхолдерії. Метою дослідження є аналіз й узагальнення даних щодо асоційованих із рослинами представників гетерогенного роду *Burkholderia*. Встановлено, що фітопатогенні бактерії роду *Burkholderia* є небезпечними патогенами, яким притаманна здатність до полібіотрофії. *Burkholderia gladioli* та *Burkholderia seracis* можуть пригнічувати інші патогени, але зберігають здатність уражувати рослини та людей за сприятливих умов. Фітопатогени даного роду мають значний потенціал для поширення на території України. Зокрема, в Одеській обл. у 2022 р. вперше було виявлено *B. glumae* на насінні і рослинах рису. Інтродукція представників цього роду в агроценози України без встановлення чітких критеріїв розмежування патогенних і сапротрофних штамів становить потенційну загрозу не лише рослинництву, а й здоров'ю населення України.

**Ключові слова:** інтродукція патогенів, збудники бактеріальних хвороб, біологічні агенти, агроєкосистеми, управління ризиками.

### ВСТУП

Рід *Burkholderia* об'єднує велику кількість видів грамнегативних паличковидних бактерій, які можуть бути патогенами людини, тварин та рослин. Найвідомішими представниками цього роду є зоонозні збудники *Burkholderia mallei* (sap) та *Burkholderia pseudomallei* (меліоїдоз). Перші представники роду *Burkholderia* були ізольовані та

досліджені майже століття тому. В 1942 р. Walter H. Burkholder описав одну з перших буркхолдерій — *Phytomonas caryophylli* Burkholder et al., 1942, пізніше відому як *Pseudomonas caryophylli* (Burkholder 1942) Starr and Burkholder 1942 (Approved Lists 1980), *Burkholderia caryophylli* (Burkholder 1942) Yabuuchi et al. 1993, *ParaBurkholderia caryophylli* (Burkholder 1942) Sawana et al. 2015, а сьогодні отримала новий статус



*Trinickia caryophylli* (Burkholder 1942) Estrada-de Los Santos et al. 2018 [1]. Згодом цей дослідник також описав фітопатогенні буркхолдерії, які спричиняли гниль у цибулинах *Allium cepa*, і дав їм видову назву «*cepacia*». Цей вид був відомий як *Pseudomonas cepacia* (ex Burkholder 1950) Palleroni and Holmes 1981, а наразі має статус *Burkholderia cepacia* (Palleroni and Holmes 1981 ex Burkholder 1950) Yabuuchi et al. 1993. Власне вид *Burkholderia cepacia* є типовим представником роду *Burkholderia* та об'єднує патогенні для людей, рослин й сапротрофні штами, які є мешканцями ґрунту, води, філосфери та багатьох інших екологічних ніш [2]. Тривалий час багатьох представників великого гетерогенного роду *Burkholderia* класифікували як *Pseudomonas* на основі вивчення їх фенотипових ознак. Розвиток нових підходів у таксономії прокариотів дав змогу розділити представників роду *Pseudomonas* на декілька окремих родів. Так, у 1992 р. був утворений рід *Burkholderia*.

**Метою дослідження** є аналіз й узагальнення даних щодо асоційованих із рослинами представників гетерогенного роду *Burkholderia*.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В останнє десятиліття таксономія роду *Burkholderia* зазнала чи не найбільших реорганізацій серед усіх прокариотів [3; 4]. Цьому сприяли розвиток молекулярних методів дослідження та напрацювання критеріїв таксонів різних рангів. Станом на сьогодні рід *Burkholderia* налічує 36 видів бактерій [4].

Деякі види, що на початку 2000 років було віднесено до роду *Burkholderia*, нині набули статусу окремих родів у межах сімейства *Burkholderiaceae*. Не останню роль у необхідності рекласифікації бактерій цієї групи відіграє бажання відділити патогенні види від непатогенних й встановити критерії безпеки за практичного використання буркхолдерій. Наприклад, у 2014 р. було запропоновано у межах роду *Burkholderia* залишити клінічно значимих

та фітопатогенних представників буркхолдерій, а сапротрофних представників рекласифікувати у рід *Paraburkholderia*. Водночас таксономічний статус окремих представників цього роду все ще викликає дискусії у науковій спільноті. І донині до одного виду можуть належати штами патогенні для людини, рослини і штами-стимулятори росту рослин, як це відбувається із *Burkholderia gladioli* або *Burkholderia cepacia*. Бактерії роду *Burkholderia* відомі не лише як патогени. Представники цього роду (*Burkholderia orbicola*) відіграють значну роль у багатьох екологічних нішах і навіть можуть виявляти здатність до темної фіксації карбону, виступаючи таким чином первинними продуцентами біомаси [5]. Аналіз наукових публікацій останніх років свідчить про зростаючий інтерес до використання *Burkholderia* у складі препаратів для рослинництва [6].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження застосовували загальнонаукові (узагальнення, порівняння, системний аналіз) методи. Матеріалами аналітичного дослідження були дані відкритих джерел Європейської та Середземноморської організації з карантину і захисту рослин [7], Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів [8], Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [9], дані наукової літератури та результати власних досліджень авторів.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Збудники хвороб рослин роду *Burkholderia*.** Бактерії роду *Burkholderia* мають тісний зв'язок із рослинами. Представники цього роду — ендofіти рослин, асоціативні мікроорганізми із здатністю до стимуляції росту рослин, ризосферними симбіонтами, тощо [10–12]. Значна частина буркхолдерій є патогенними для рослин, які можуть спричиняти гнилі й плямистості широкого кола рослин (табл. 1).

Таблиця 1. Фітопатогенні види роду *Burkholderia*

Вид	Синоніми	Рослини, які уражують	Примітка
<i>Burkholderia agaricola</i> (Burkholder 1942) Starr and Burkholder 1942	<i>Burkholderia gladioli</i> pv. <i>agaricola</i> (Severini 1913) Yabuuchi et al. 1993	Вищі мікроміцети	
<i>Burkholderia alliiicola</i> (Burkholder 1942) Starr and Burkholder 1942	<i>Burkholderia gladioli</i> pv. <i>alliiicola</i> (Severini 1913) Yabuuchi et al. 1993, <i>Pseudomonas alliiicola</i> (Burkholder 1942) Starr and Burkholder 1942	Цибуля	Карантинний патоген в Єгипті, Мексиці, Китаї, Йорданії
<i>Burkholderia andropogonis</i> (Smith 1911) Gillis et al. 1995	<i>Paraburkholderia andropogonis</i> (Smith 1911) Sawana et al. 2015, <i>Robbsia andropogonis</i> (Smith 1911) Lopes-Santos et al. 2017	Соргові, кукурудза	Карантинний патоген в Ізраїлі
<i>Burkholderia caryophylli</i> (Burkholder 1942) Yabuuchi et al. 1993	<i>Pseudomonas caryophylli</i> (Burkholder 1942) Starr and Burkholder 1942; <i>Paraburkholderia caryophylli</i> (Burkholder 1942) Sawana et al. 2015; <i>Trinickia caryophylli</i> (Burkholder 1942) Estrada-de Los Santos et al. 2018	Гвоздики, кермек	Карантинний патоген в Україні, країнах Євросоюзу, Молдові, Грузії, Ізраїлі, Китаї, Мексиці, Йорданії, Ірані, Марокко та ін.
<i>Burkholderia cepacia</i> (Palleroni and Holmes 1981 ex Burkholder 1950) Yabuuchi et al. 1993	<i>Pseudomonas cepacia</i> (ex Burkholder 1950) Palleroni and Holmes 1981, <i>Pseudomonas multivorans</i> Stanier et al. 1966	Цибуля	
<i>Burkholderia gladioli</i> (Severini 1913) Yabuuchi et al. 1993	<i>Pseudomonas marginata</i> (McCulloch) Stapp;		
<i>Pseudomonas gladioli</i> Severini 1913 (Approved Lists 1980); <i>Burkholderia cocovenenans</i> (van Damme et al. 1960) Gillis et al. 1995	Гладіолус, ірис, орхідні	Карантинний патоген у Мексиці та Йорданії	
<i>Burkholderia glumae</i> (Kurita and Tabei 1967) Urakami et al. 1994	<i>Pseudomonas glumae</i> Kurita and Tabei 1967 (Approved Lists 1980)	Рис	Карантинний патоген в Аргентині, Бразилії, Мексиці, Китаї, Єгипті
<i>Burkholderia plantarii</i> (Azegami et al. 1987) Urakami et al. 1994	<i>Pseudomonas plantarii</i> Azegami et al. 1987; <i>Burkholderia vandii</i> Urakami et al. 1994	Рис	

Фітопатогенні буркхолдерії за сучасними уявленнями належать до видів *Burkholderia gladioli*, *Burkholderia andropogonis*, *Burkholderia glumae*, *Burkholderia plantarii*, *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia caryophylli*. Найчастіше фітопатогенні представники роду *Burkholderia* асоціюються із гниллю цибулі та квіткових рослин, які утворюють цибулини. Види *B. glumae* та *B. plantarii* здатні викликати гниття і плямистості такої важливої для продовольчої безпеки світу культури, як рис. *B. andropogonis* є збудником бактеріозів соргових і кукурудзи, що є основними культурами для годівлі тварин.

Зазвичай фітопатогенні *Burkholderia* є теплолюбними бактеріями і мають оптимальну температуру росту 32–35°C, відповідно і спричинюють інфікування рослин у регіонах із субтропічним і тропічним кліматом. За змін клімату може відбуватися поступова зміна складу мікробного угруповання на користь видів, які більш адаптовані до високих температур і мають прискорені темпи росту. Зважаючи на це зростає небезпека розповсюдження фітопатогенних буркхолдерій на території із помірним кліматом, зокрема, України.

**Небезпека інтродукції нових патогенів в Україні. Карантинні фітопатогенні бактерії роду *Burkholderia*.** Одним із небезпечних видів фітопатогенних бактерій, які викликають ураження рослин за високих температур, є *Burkholderia caryophylli*. Цей збудник зумовлює ураження рослин родини гвоздикові, зокрема, гвоздики садової (*Dianthus caryophyllus* L.) та становить загрозу промислового квітництва [13]. Зважаючи на значну шкідливість та з метою реалізації заходів для обмеження поширення патогенів роду *Burkholderia* збудника *B. caryophylli* внесено до переліку ЕРРО A2 LIST – Патогени, що мають обмежене поширення на території Європейського Союзу. Перелік таких організмів в ЄС затверджено Європейською та Середземноморською організацією із захисту рослин (European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) та розміщено на офіційному сайті цієї організації

[14]. На сьогодні цей збудник відсутній на території України та належить до Переліку регульованих шкідливих організмів (затверджено Наказом Мінагрополітики України від 16.07.2019 № 397 «Про внесення змін до Переліку регульованих шкідливих організмів»). До того ж він має значний потенціал для інтродукції на територію нашої країни та потребує додаткової уваги.

**Поширеність фітопатогенів роду *Burkholderia* в Україні.** Глобальне потепління зумовлює поширення збудників хвороб роду *Burkholderia* у регіони із помірним кліматом. Саме із цим пов'язана поява *B. glumae* на насінні та рослинах рису сортів Камео і Балдо в Україні. Збудник уперше виявлено в Одеській обл. у 2022 р. *B. glumae* є збудником бактеріального опіку волоті рису, який помічений у багатьох регіонах вирощування рису, включаючи країни Азії, Африки, Центральної та Південної Америки. Умовою розвитку цієї хвороби є висока температура (зокрема високі нічні температури). Значні спалахи бактеріального опіку волоті рису відбувалися у різних країнах в роки з рекордно високими температурами, особливо, вночі. Зважаючи на зростання температури в Україні, можемо впевнено прогнозувати збільшення частоти виникнення і шкідливості бактеріозів рису у нашій країні в найближчі роки [15].

**Явище полібіотрофії. Бактерії виду *Burkholderia cepacia*.** У 1981 р. д-р біол. наук, проф. Р.І. Гвоздяк визначив здатність бактерій одного таксона уражувати представників різних царств як полібіотрофію. Це була одна з перших наукових публікацій, яка порушувала питання універсальності патогенів. Згодом у публікаціях інших авторів було розкрито механізми організації генів патогенності у спеціалізованих кластерах, які часто розміщено на позакромосомних генетичних елементах. Здатність уражувати рослини і тварини (зокрема, людей) найчастіше характеризує так звані опортуністичні патогени. Інфекції, що спричинюють такі бактерії, можуть мати серйозні наслідки для людей та навіть призводити до загибелі. Чіткою озна-

кою явища полібіотрофії є вид *Burkholderia cepacia* [16]. Ці бактерії вперше було ізольовано із гнилей цибулі і вони є визнаними фітопатогенами цієї культури. Водночас представників цього виду часто виділяють як збудників хвороб людини.

Дослідники визнали, що *B. cepacia* насправді характеризує принаймні 20 різних видів, кожен з яких має різний ризик патогенності для людей, але всі вони здатні спричиняти інфекції у вразливих людей. *Burkholderia cepacia* complex — це аеробні неспорутворювальні, каталазопозитивні грамотрицателі бактерії, що поширені в навколишньому середовищі. Це серйозний патоген, особливо для пацієнтів з муковісцидозом (МВ). Однак патогенність *Burkholderia cepacia* не обмежується пацієнтами з МВ. Їх також виявляють у педіатричних пацієнтів [16]. Спричинені

*B. cepacia* тяжкі ураження легень у хворих на муковісцидоз фіксуються і в Україні [17]. *Burkholderia pseudomallei* є збудником дихальних нозокоміальних інфекцій у клінічних установах України у 5,3% випадків таких інфікувань [18].

*B. cepacia* є не єдиним представником буркхолдерій, які здатні уражувати макроорганізми різних царств. Вид *Burkholderia gladioli* на сьогодні є чи не найдосліджуванішим представником цього роду. І виявлені властивості є дуже різноплановими й суперечливими у різних штамів цього виду.

**Полібіотрофія бактерій виду *Burkholderia gladioli*. Таксономічне значення вірулентних властивостей бактерій.** *Burkholderia gladioli* добре відомі як фітопатогенні бактерії, що можуть уражувати рослини родини орхідей (табл. 2). До того ж *B. gla-*

Таблиця 2. Властивості *Burkholderia gladioli* за використання API20NE

Умове позначення	Тест	<i>Burkholderia gladioli</i>	<i>Burkholderia caryophylli</i>	<i>Burkholderia glumae</i>
NO <sub>3</sub>	Редукція нітратів	–	+	+
TRP	Утворення індолу	–	–	–
GLU	Зброджування глюкози	–	–	–
ADH	Аргініндигідролаза	–	–	–
URE	Уреаза	–	–	–
ESC	β-глюкозидаза (гідроліз ескуліну)	–	–	–
GEL	Желатиназа	+	–	+
PNPG	β-галактозидаза	+	+	+
Асиміляція:				
GLU	D-глюкоза	+	+	+
ARA	L-арабіноза	+	+	+
MNE	D-маноза	+	+	+
MAN	D-манітол	+	+	+
NAG	N-ацетил-глюкозамін	+	+	+
MAL	D-мальгоза	–	–	–
GNT	Глюконат калію	+		+
CAP	Капріонова кислота	+	+/-	+
ADI	Адипінова кислота	+	–	+/-
MLT	Яблучна кислота	+	+	+
CIT	Натрію цитрат трьохзаміщений	+	–	+
PAC	Фенілоцтова кислота	+	–	–
OX	Цитохромоксидаза	d	d	–

Примітки: розроблено авторами за основи [22]; + – 100% штамів позитивні; – – 100% штамів негативні, d – ознака варіабельна.

*dioli* здатні спричиняти ураження людей. Зокрема, відомі випадки синоназальних інфекцій дорослих і новонароджених дітей з ослабленим імунітетом. Водночас *B. gladioli* у людей часто асоціюється з поганим прогнозом [19; 20]. Відомо про здатність штамів *B. gladioli* спричиняти різні ураження у людей: ендoftальміт трансплантата рогівки ока, буркхолдеріозний кератит, раннього неонатального, так і нозокоміального сепсису у новонароджених, остеомієліту дрібних кісток і абсцесу м'яких тканин. Є повідомлення навіть про коінфекцію *B. gladioli* у пацієнта, госпіталізованого з приводу COVID-19 [21].

Бактерії виду *B. gladioli* можуть утворювати поліненасичену розгалужену бонгкрекову кислоту, яка має здатність пригнічувати дихання. Це небезпечна речовина неодноразово ставала причиною масових харчових отруень [23]. Слід зазначити, що спроможність продукувати бонгкрекову кислоту характерна для виду *Burkholderia cocovenenans*, який призводить до високої смертності у випадках харчових отруень. Однак *B. cocovenenans* рекласифіковано як *Burkholderia gladioli* у 1999 р. на основі даних аналізу послідовності 16S рРНК, гібридизації ДНК-ДНК і аналізу жирних

кислот без урахування їхньої патогенності та токсичності. Отже, вид *B. gladioli* дійсно поєднав летальні штами, що виробляють токсини, з нелетальними. Для врахування патогенності штамів, які належать до одного виду *B. gladioli*, використовують розділення на патовари. Крім того, відсутня належна оцінка здатності уражувати певну групу організмів як таксономічного критерія [10]. Залишається дискусійним питання щодо набуття здатності представників виду *B. gladioli* уражувати іншу групу макроорганізмів.

**Застосування представників роду *Burkholderia* у рослинництві.** Не зважаючи на те, що значна кількість видів роду *Burkholderia* є патогенами та шкодять як сільському господарству, так і здоров'ю людей, окремі представники цього роду характеризуються здатністю пригнічувати фітопатогенів та стимулювати ріст рослин і є корисними для рослинництва. Такі буркхолдерії пропонують включати до складу біопрепаратів для контролю фітопатогенів (табл. 3). Наприклад, бактерії *Burkholderia* spp. здатні утворювати інсектицидні сполуки і можуть бути використані для контролю такого небезпечного шкідника, як дротяник у насадженнях картоплі [6]. Личинки жуків-

Таблиця 3. Використання бактерій роду *Burkholderia* у контролі шкідників і патогенів рослин

Біологічний агент	Шкідник (патоген), який можна контролювати	Джерело
<i>Burkholderia</i> spp.	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	
Біла гниль соняшника, ріпаку, моркви, огірків, помідорів, картоплі та низки інших поширених культур	Compant, 2008	
<i>Burkholderia rinojensis</i>	Інсектицид проти бурякових щитівок ( <i>Spodoptera exigua</i> ) і двокрапчастого павутинного кліща ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Cordova-Kreylos, 2013
<i>Burkholderia</i> spp.	Кореневі нематоди <i>Meloidogyne</i> spp.	Kim, 2023
<i>Burkholderia arboris</i>	Коренева нематода ( <i>Meloidogyne incognita</i> ) є найпоширенішою нематодою, що уражає посіви пасльонових	Zhang, 2022
<i>Burkholderia</i> spp.	Дротяники ( <i>Coleoptera: Elateridae</i> ) на картоплі ( <i>Solanum tuberosum</i> )	Pagani, 2023



Біологічний агент	Шкідник (патоген), який можна контролювати	Джерело
<i>Burkholderia gladioli</i>	Грибні патогени ( <i>Ustilagoideae virens</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Phytophthora capsica</i> , <i>Corynespora cassiicola</i> , <i>Magnaporthe oryzae</i> та <i>Botrytis cinerea</i> )	Yang, 2023
<i>Burkholderia gladioli</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	Wang, 2023
<i>Burkholderia gladioli</i>	<i>Sporisorium scitamineum</i> сажку цукрової тростини	Cui, 2020
<i>Burkholderia gladioli</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> на шафрані посівному ( <i>Crocus sativus</i> )	Ahmad, 2022

коваликів (*Coleoptera: Elateridae*), відомі як дротяники, становлять дедалі більшу загрозу для сільськогосподарських культур по всьому світу, і Україна не виняток.

У літературі є повідомлення про виділення бактерій *Burkholderia cepacia* та *Burkholderia* spp., як ендofітів. Ендofітні буркхолдерії характеризуються здатністю утворювати симбіотичні зв'язки із рослинами і можуть бути корисними для останніх. Привертає увагу, що ендofітні буркхолдерії ідентифіковані як *B. cepacia* – опортуністичні патогени. Або не були ідентифіковані до виду. Це вказує на недосконалість підходів до ідентифікації та неможливість чітко відокремити патогенні і сапротрофні види, що створює ризики, які пов'язані із неможливістю розпізнати патогенів, що можуть перебувати у латентній фазі.

На основі штамів роду *Burkholderia* навіть випускають комерційні препарат для контролю нематод Majestene® (*Burkholderia* spp. A396). Цей препарат позиціонують як потужний та водночас зручний для працівників видово-селективний біонематоцид, який діє проти яєць, молодих та дорослих нематод кореневих вузлів, кінджальних нематод, ниркових і соєвих цистоподібних нематод. Однак, штам що є основою цього препарату не було ідентифіковано до виду [24; 25].

В Україні також зареєстровано препарат для використання у рослинництві, що містить у своєму складі бактерії роду *Burkholderia*. Це біофунгіцид Базеос (*Bacillus*

*megaterium* 1·10<sup>9</sup> КУО/мл; *Streptomyces beta-vulgaris* 1·10<sup>9</sup> КУО/мл; *Burkholderia* spp. 1·10<sup>9</sup> КУО/мл). Препарат зареєстровано у 2018 р. фірмою «Агронутріціон», Франція [9].

До складу біопрепаратів часто рекомендують включати не лише не ідентифіковані до виду буркхолдерії, а й представників патогенних видів, наприклад, *Burkholderia gladioli*. Ендofітний штам *B. gladioli* CGB10 засвідчив сильну інгібіторну активність щодо ниткоподібного росту грибних патогенів, одним із яких є *Sporisorium scitamineum*, який спричинює сажку цукрової тростини, основне захворювання, що впливає на якість і виробництво цукрової тростини в тропічних і субтропічних регіонах. *B. gladioli* CGB10 може ефективно пригнічувати сажку цукрової тростини в польових умовах, не викликаючи жодних явних пошкоджень або хвороб, у такий спосіб підкреслюючи великий потенціал як агента біоконтролю сажки цукрової тростини. У геномі *B. gladioli* CGB10 ідентифіковано кластер генів біосинтезу та транспорту токсофлавіну, потенційно відповідальний за таку антигрибну активність. Крім того, кластер генів, що сприймають кворум, також був ідентифікований і порівняний із двома близькими видами *Burkholderia*, таким чином підтверджуючи загальний зв'язок із регуляцією синтезу токсофлавіну в них [26]. Штам *B. gladioli* KRS027 продемонстрував протигрибну дію широкого спектра щодо різних фіто-

патогенних грибів шляхом виділення розчинних і летких сполук. *B. gladioli* KRS027 також має здатність стимулювання росту рослин, включаючи фіксацію азоту, солюбілізацію фосфатів і калію, утворення сидерофорів і різноманітних ферментів. *B. gladioli* KRS027 може ефективно захищати тютюн і столовий виноград від сірої гнилі, спричиненої *Botrytis cinerea*. Крім того, *B. gladioli* KRS027 має змогу індукувати стійкість рослин шляхом індукції системної резистентності [27].

**Безпека препаратів для рослинництва на основі бактерій роду *Burkholderia*.** *Burkholderia*, за оцінками дослідників, є важливим бактеріальним родом, представники якого проявляють різні корисні ефекти, як-от сприяння росту рослин, зокрема компетентність ризосфери для секреції аелолохімічних речовин, виробництва антибіотиків і сидерофорів. Окрім того, багато представників роду *Burkholderia* виявили потенціал щодо біоконтролю різних фітопатогенів [28]. Водночас не можна ігнорувати здатність буркхолдерій спричинювати ураження людей і рослин, потенційну можливість цих бактерій набувати чинників патогенності та відсутність чітких критеріїв для розмежування патогенних і сапротрофних представників роду *Burkholderia*.

Дані літератури підтверджують наявність антагоністичних властивостей не лише у сапротрофних, а й у вірулентних штамів фітопатогенних буркхолдерій. Зокрема, *Burkholderia glumae*, *B. plantarii* та *B. gladioli* є відповідальними за серйозні захворювання в посівах рису. Ці патогени здатні до одночасного ураження посівів рису. За вивчення антагоністичної взаємодії між цими збудниками встановлено здатність *B. gladioli* сильно пригнічувати *B. glumae* та *B. plantarii*. Результати виявили, що спільна інокуляція *B. gladioli* сприяє до значного зниження тяжкості захворювання та колонізації тканин рису порівняно з одноразовою інокуляцією *B. glumae* або *B. plantarii*. Це дослідження демонструє взаємодію між трьома патогенними для рису видами *Burkholderia* та сильну анта-

гоністичну активність *B. gladioli in vitro* та *in planta* [29; 30].

Безумовно застосування біопрепаратів у рослинництві має перспективу з точки зору поліпшення якості врожаю та вирішення екологічних проблем сучасності. Системний підхід до вивчення взаємовідносин макро- та мікроорганізмів відкриває нові можливості використання біоценотичних взаємозв'язків в екосистемах для розв'язання проблем контролю збудників та шкідників й підвищення врожайності. До того ж біопрепарати, які використовують у рослинництві насамперед мають бути безпечними як для людини, так і з точки зору фітосанітарного стану, появи нових патогенів та зростання агресивності відомих. Інтродукція в агроценози України потенційно патогенних штамів, які до цього часу мають обмежене поширення на території нашої країни, потребує зваженої оцінки користі та ризику такого кроку.

## ВИСНОВКИ

Бактерії роду *Burkholderia* є одним із найбільш гетерогенних родів, що об'єднав патогенні для людини, тварин й рослин види із сапротрофними мешканцями ґрунтових та водних екосистем. Таксономічний статус окремих представників цього роду все ще викликає дискусії у науковій спільноті. До одного виду можуть належати штами, патогенні для людини, рослини і штами-стимулятори росту рослин, як це відбувається із *Burkholderia gladioli*, за відсутності чітких критеріїв, що дають змогу розмежувати патогенні й корисні буркхолдерії.

Фітопатогенні бактерії роду *Burkholderia* мають значний потенціал для поширення на території України. Зокрема, в Одеській обл. у 2022 р. уперше виявлено *B. glumae* на насінні та рослинах рису. Інтродукція представників даного роду в агроценози України без встановлення чітких критеріїв розмежування патогенних і сапротрофних штамів становить потенційну загрозу не лише рослинництву, а й здоров'ю населення України.

## ЛІТЕРАТУРА

- Estrada-de Los Santos P., Palmer M., Chávez-Ramírez B. et al. Whole Genome Analyses Suggests that *Burkholderia* sensu lato Contains Two Additional Novel Genera (*Mycetohabitans* gen. nov. and *Trinickia* gen. nov.): Implications for the Evolution of Diazotrophy and Nodulation in the *Burkholderiaceae*. *Genes*. 2018. Vol. 9 (8). P. 389. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes9080389/>.
- Tavares M., Kozak M., Balola A. and Sá-Correia I. *Burkholderia cepacia* Complex Bacteria: a Feared Contamination Risk in Water-Based Pharmaceutical Products. *Clinical microbiology reviews*. 2020. Vol. 33 (3). P. 00139-19. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00139-19/>.
- Dobritsa A.P. and Samadpour M. Reclassification of *Burkholderia insecticola* as *Caballeronia insecticola* comb. nov. and reliability of conserved signature indels as molecular synapomorphies. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 2019. Vol. 69 (7). P. 2057–2063. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003431>.
- Parte A.C., Sardà Carbasse J., Meier-Kolthoff J.P. et al. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 2020. Vol. 70 (11). P. 5607–5612. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004332>.
- Liu B., Hou L., Zheng Y. et al. Dark carbon fixation in intertidal sediments: Controlling factors and driving microorganisms. *Water research*. 2022. Vol. 216. P. 118381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118381>.
- Pagani M.K., Johnson T.B., Doughty H.B. et al. *Burkholderia* spp.-based biopesticide controls wireworms (*Coleoptera: Elateridae*) in potatoes. *Journal of economic entomology*. 2023. Vol. 116 (5). P. 1934–1938. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toad146>.
- Європейська та Середземноморська організація з карантину і захисту рослин. URL: <https://gd.eppo.int>.
- Державна служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. URL: <https://dpss.gov.ua>.
- Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-dovykorystannya-v-ukrayini/>.
- Manna M., Park I. and Seo Y.S. Genomic Features and Insights into the Taxonomy, Virulence and Benevolence of Plant-Associated *Burkholderia* Species. *International journal of molecular sciences*. 2018. Vol. 20 (1). P. 121. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20010121>.
- Ahmad T., Bashir A., Farooq S. and Riyaz-Ul-Hasan S. *Burkholderia gladioli* E39CS3, an endophyte of *Crocus sativus* Linn., induces host resistance against corm-rot caused by *Fusarium oxysporum*. *Journal of applied microbiology*. 2022. Vol. 132 (1). P. 495–508. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.15190>.
- Pal G., Saxena S., Kumar K. et al. Endophytic *Burkholderia*: Multifunctional roles in plant growth promotion and stress tolerance. *Microbiological research*. 2022. Vol. 265. P. 127201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127201>.
- Hnatyuk T. *Burkholderia caryophylli* — potentially dangerous patient of bacterial witness in floristry of Ukraine. *Biological Systems: Theory and Innovation*. 2022. Vol. 13 (1). P. 50–58. DOI: [https://doi.org/10.31548/biologiya13\(1-2\).2022.005](https://doi.org/10.31548/biologiya13(1-2).2022.005).
- Paudel S., Dutta B. and Kvitko B. Onion-pathogenic *Burkholderia* species: Role and regulation of characterized virulence determinants. *Plant Pathology*. 2024. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13972>.
- Bedir Demirdag T., Ozkaya Parlakay A., Aygar I.S. et al. Major Aspects of *Burkholderia gladioli* and *Burkholderia cepacia* Infections in Children. *The Pediatric infectious disease journal*. 2020. Vol. 39 (5). P. 374–378. DOI: <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002587>.
- Klymenko V.A., Pasichnyk O.V., Drobova N.M. and Yanovska K.O. Clinical observation of the child with cystic fibrosis. *Child's health*. 2017. Vol. 12 (5). P. 631–635. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0551.12.5.2017.109282>.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). URL: [https://www.eppo.int/ACTIVITIES/quarantine\\_activities](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/quarantine_activities).
- Konechnyi Y., Skurativskiy Y., Tymchuk I. et al. Microbiological profile of nosocomial infections. Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. *Medical Sciences*. 2019. Vol. 55 (1). P. 56–64. DOI: <https://doi.org/10.25040/ntsh2019.01.05>.
- Zanotti C., Munari S., Brescia G. and Barion U. *Burkholderia gladioli* sinonasal infection. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*. 2019. Vol. 136 (1). P. 55–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2018.01.011>.
- Marom A., Miron D., Wolach B. et al. *Burkholderia gladioli*-associated facial pustulosis as a first sign of chronic granulomatous disease in a child — Case report and review. *Pediatric Allergy and Immunology*. 2018. Vol. 29 (4). P. 451–453. DOI: <https://doi.org/10.1111/pai.12884>.
- Rajendraprasad S., Creech Z.A., Truong G.T.D. et al. Fatal Case of *Burkholderia gladioli* Pneumonia in a Patient With COVID-19. *Ochsner journal*. 2022. Vol. 22 (4). P. 349–352. DOI: <https://doi.org/10.31486/toj.22.0002>.
- BacDive is the worldwide largest database for standardized bacterial information. URL: <https://bacdive.dsmz.de>
- Lai C.C., Wang J.L. and Hsueh P.R. *Burkholderia gladioli* and bongkrekic acid: An under-recognized foodborne poisoning outbreak. *The Journal of infection*. 2024. Vol. 89 (1). P. 106182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2024.106182>.
- Kim J.H., Lee B.M., Kang M.K. et al. Assessment of nematocidal and plant growth-promoting effects of *Burkholderia* sp. JB-2 in root-knot nematode-

- infested soil. *Frontiers in plant science*. 2023. Vol. 14. P. 1216031. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1216031>.
25. Zhang R., Ouyang J., Xu X. et al. Nematicidal Activity of *Burkholderia arboris* J211 Against Meloidogyne incognita on Tobacco. *Frontiers in microbiology*. 2022. Vol. 13. P. 915546. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.915546>.
  26. Cui G., Yin K., Lin N. et al. *Burkholderia gladioli* CGB10: A Novel Strain Biocontrolling the Sugarcane Smut Disease. *Microorganisms*. 2020. Vol. 8 (12). P. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121943>.
  27. Wang D., Luo W.Z., Zhang D.D. et al. Insights into the Biocontrol Function of a *Burkholderia gladioli* Strain against *Botrytis cinerea*. *Microbiology spect-rum*. 2023. Vol. 11 (2). P. 0480522. DOI: <https://doi.org/10.1128/spectrum.04805-22>.
  28. Elshafie H.S. and Camele I. An Overview of Metabolic Activity, Beneficial and Pathogenic Aspects of *Burkholderia* spp. *Metabolites*. 2021. Vol. 11 (5). P. 321. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo11050321>.
  29. Kim N., Mannaa M., Kim J. et al. The *In Vitro* and *In Planta* Interspecies Interactions Among Rice-Pathogenic *Burkholderia* Species. *Plant disease*. 2021. Vol. 105 (1). P. 134–143. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1252-RE>.
  30. Tomar P., Thakur N., Jhamta S. et al. Bacterial biopesticides: Biodiversity, role in pest management and beneficial impact on agricultural and environmental sustainability. *Heliyon*. 2024. Vol. 10 (11). P. 31550. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31550>.

## REFERENCES

1. Estrada-de Los Santos, P., Palmer, M., Chávez-Ramírez, B. et al. (2018). Whole Genome Analyses Suggests that *Burkholderia sensu lato* Contains Two Additional Novel Genera (*Mycetohabitans* gen. nov. and *Trinickia* gen. nov.): Implications for the Evolution of Diazotrophy and Nodulation in the *Burkholderiaceae*. *Genes*, 9 (8), 389. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes9080389/> [in English].
2. Tavares, M., Kozak, M., Balola, A. & Sá-Correia, I. (2020). *Burkholderia cepacia* Complex Bacteria: a Feared Contamination Risk in Water-Based Pharmaceutical Products. *Clinical microbiology reviews*, 33 (3), 00139-19. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00139-19/> [in English].
3. Dobritsa, A.P. & Samadpour, M. (2019). Reclassification of *Burkholderia insecticola* as *Caballeronia insecticola* comb. nov. and reliability of conserved signature indels as molecular synapomorphies. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 69 (7), 2057–2063. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003431> [in English].
4. Parte, A.C., Sardà Carbasse, J., Meier-Kolthoff, J.P. et al. (2020). List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70 (11), 5607–5612. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004332> [in English].
5. Liu, B., Hou, L., Zheng, Y. et al. (2022). Dark carbon fixation in intertidal sediments: Controlling factors and driving microorganisms. *Water research*, 216, 118381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118381> [in English].
6. Pagani, M.K., Johnson, T.B., Doughty, H.B. et al. (2023). *Burkholderia* spp.-based biopesticide controls wireworms (*Coleoptera: Elateridae*) in potatoes. *Journal of economic entomology*, 116 (5), 1934–1938. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toad146> [in English].
7. Yevropeys'ka ta Seredzemnomors'ka orhanizatsiya z karantynu i zakhystu roslyn [European and Mediterranean Organization for Quarantine and Plant Protection]. (n.d.). URL: <https://gd.eppo.int> [in Ukrainian].
8. Derzhavna sluzhby Ukrainy z pytan' bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv. [State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection]. (n.d.). URL: <https://dpss.gov.ua> [in Ukrainian].
9. Derzhavnyi reyestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannya v Ukraini [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. (n.d.). URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukraini/> [in Ukrainian].
10. Mannaa, M., Park, I. & Seo, Y.S. (2018). Genomic Features and Insights into the Taxonomy, Virulence, and Benevolence of Plant-Associated *Burkholderia* Species. *International journal of molecular sciences*, 20 (1), 121. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20010121> [in English].
11. Ahmad, T., Bashir, A., Farooq, S. & Riyaz-Ul-Hasan, S. (2022). *Burkholderia gladioli* E39CS3, an endophyte of *Crocus sativus* Linn., induces host resistance against cork-rot caused by *Fusarium oxysporum*. *Journal of applied microbiology*, 132 (1), 495–508. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.15190> [in English].
12. Pal, G., Saxena, S., Kumar, K. et al. (2022). Endophytic *Burkholderia*: Multifunctional roles in plant growth promotion and stress tolerance. *Microbiological research*, 265, 127201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127201> [in English].
13. Hnatyuk, T. (2022). *Burkholderia caryophylli* — potentially dangerous patient of bacterial witness in floristry of Ukraine. *Biological Systems: Theory and Innovation*, 13 (1), 50–58. DOI: [https://doi.org/10.31548/biologiya13\(1-2\).2022.005](https://doi.org/10.31548/biologiya13(1-2).2022.005) [in Ukrainian].
14. Paudel, S., Dutta, B. & Kvitko, B. (2024). Onion-pathogenic *Burkholderia* species: Role and regulation of characterized virulence determinants. *Plant Pathology*, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13972> [in English].
15. Bedir Demirdag, T., Ozkaya Parlakay, A., Aygar, I.S. et al. (2020). Major Aspects of *Burkholderia gladioli* and *Burkholderia cepacia* Infections in Children. The

- Pediatric infectious disease journal*, 39 (5), 374–378. DOI: <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002587> [in English].
16. Klymenko, V.A., Pasichnyk, O.V., Drobova, N.M. & Yanovska, K.O. (2017). Clinical observation of the child with cystic fibrosis. *Child's health*, 12 (5), 631–635. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0551.12.5.2017.109282> [in Ukrainian].
  17. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (n.d.). URL: [https://www.eppo.int/ACTIVITIES/quarantine\\_activities](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/quarantine_activities) [in English].
  18. Konechnyi, Y., Skurativskiy, Y., Tymchuk, I. et al. (2019). Microbiological profile of nosocomial infections. Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. *Medical Sciences*, 55 (1), 56–64. DOI: <https://doi.org/10.25040/ntsh2019.01.05> [in Ukrainian].
  19. Zanotti, C., Munari, S., Brescia, G. & Barion, U. (2019). *Burkholderia gladioli* sinonasal infection. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*, 136 (1), 55–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2018.01.011> [in English].
  20. Marom, A., Miron, D., Wolach, B. et al. (2018). *Burkholderia gladioli*-associated facial pustulosis as a first sign of chronic granulomatous disease in a child — Case report and review. *Pediatric Allergy and Immunology*, 29 (4), 451–453. DOI: <https://doi.org/10.1111/pai.12884> [in English].
  21. Rajendraprasad, S., Creech, Z.A., Truong, G.T.D. et al. (2022). Fatal Case of *Burkholderia gladioli* Pneumonia in a Patient With COVID-19. *Ochsner journal*, 22 (4), 349–352. DOI: <https://doi.org/10.31486/toj.22.0002> [in English].
  22. BacDive is the worldwide largest database for standardized bacterial information. (n.d.). URL: <https://bacdive.dsmz.de> [in English].
  23. Lai, C.C., Wang, J.L. & Hsueh, P.R. (2024). *Burkholderia gladioli* and bongkrekic acid: An under-recognized foodborne poisoning outbreak. *The Journal of infection*, 89 (1), 106182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2024.106182> [in English].
  24. Kim, J.H., Lee, B.M., Kang, M.K. et al. (2023). Assessment of nematocidal and plant growth-promoting effects of *Burkholderia* sp. JB-2 in root-knot nematode-infested soil. *Frontiers in plant science*, 14, 1216031. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1216031> [in English].
  25. Zhang, R., Ouyang, J., Xu, X. et al. (2022). Nematocidal Activity of *Burkholderia arboris* J211 Against *Meloidogyne incognita* on Tobacco. *Frontiers in microbiology*, 13, 915546. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.915546> [in English].
  26. Cui, G., Yin, K., Lin, N. et al. (2020). *Burkholderia gladioli* CGB10: A Novel Strain Biocontrolling the Sugarcane Smut Disease. *Microorganisms*, 8 (12), 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121943> [in English].
  27. Wang, D., Luo, W.Z., Zhang, D.D. et al. (2023). Insights into the Biocontrol Function of a *Burkholderia gladioli* Strain against *Botrytis cinerea*. *Microbiology spectrum*, 11 (2), 0480522. DOI: <https://doi.org/10.1128/spectrum.04805-22> [in English].
  28. Elshafie, H.S. & Camele, I. (2021). An Overview of Metabolic Activity, Beneficial and Pathogenic Aspects of *Burkholderia* spp. *Metabolites*, 11 (5), 321. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo11050321> [in English].
  29. Kim, N., Mannaa, M., Kim, J. et al. (2021). The *In Vitro* and *In Planta* Interspecies Interactions Among Rice-Pathogenic *Burkholderia* Species. *Plant disease*, 105 (1), 134–143. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1252-RE> [in English].
  30. Tomar, P., Thakur, N., Jhamta, S. et al. (2024). Bacterial biopesticides: Biodiversity, role in pest management and beneficial impact on agricultural and environmental sustainability. *Heliyon*, 10 (11), 31550. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31550> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 15.09.2024



## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ АСПЕКТ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

Н.І. Паляничко, С.В. Беліменко

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

*e-mail: spalianychko@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2230-9634*

*e-mail: belimenkosergiy@gmail.com; ORCID: 0009-0008-6873-6133*

*У статті досліджено взаємозв'язок оподаткування лісового господарства та соціально-економічних чинників, які виникають навколо лісових господарств. Здійснено аналіз податкових надходжень від підприємств лісогосподарської галузі. Встановлено, що в Україні підприємства лісової галузі сплачують як рентну плату за спеціальне використання лісових ресурсів, так і земельний податок на лісові землі, що призводить до подвійного оподаткування. Дослідження ґрунтується на тому, що діяльність лісових господарств впливає не лише на ліси та їх екологічний стан, а й породжує цілий пласт соціально-економічних відносин навколо себе. Крім того, має місце високе податкове навантаження на лісові господарства, що гальмує їх економічний розвиток. Обґрунтовано необхідність поліпшення соціально-економічного стану лісгоспів шляхом реформування існуючого фіскального механізму та підвищення заробітної плати працівників галузі. Виявлено, що заробітна плата працівників галузі, враховуючи інфляцію, в період із 2019 по 2023 рр. зростає лише на 30%. Прийняті державою заходи у вигляді встановлення рівня мінімальної заробітної плати є недостатніми для покращання соціально-економічного стану галузі. Визначено важливість застосування комплексного підходу до зазначеної проблематики. До того ж важливою є не сукупність відповідних дій/заходів, а саме їх послідовність: по-перше, необхідно зменшити податкове навантаження на галузь та усунути подвійне оподаткування; по-друге, спрямувати вивільнені обігові кошти на збільшення реальних заробітних плат працівників. Отже, підвищення мінімальної заробітної плати відбудеться не за рахунок девальвації національної валюти чи збільшення підприємствами цін на товари та послуги (зменшення купівельної спроможності населення та зростання інфляції), а за рахунок зекономлених коштів. Важливий крок до реформування лісових господарств — усунення подвійного оподаткування підприємств лісової галузі з метою вивільнення їх обігових коштів. Вивільнені обігові кошти дають змогу підприємствам самостійно підвищити рівень реальної заробітної плати, що, своєю чергою, поліпшить соціально-економічний стан галузі.*

**Ключові слова:** ліс, лісове господарство, рентна плата, земельний податок, Єдиний лісовий податок, подвійне оподаткування, прожитковий мінімум.

### ВСТУП

Станом на сьогодні в Україні дедалі частіше порушується тема соціально-економічної нестабільності. Війна та мобілізація спричиняють глибокі соціально-економічні зрушення, зокрема в галузі лісового господарства. На жаль, сучасна податкова політика щодо земель лісогосподарського призначення не враховує реальний стан галузі. Застарілі інструменти фіскального регулювання негативно впливають на соціально-економічний розвиток, а в подальшому становитимуть й загрозу

для відновлення підприємств та екологічного стану лісів.

Поступово набувають актуальності дослідження щодо вдосконалення фіскального механізму для лісогосподарських підприємств, який зможе забезпечити соціально-економічний розвиток галузі. Якісне фіскальне регулювання дасть змогу збалансувати використання земель лісогосподарського призначення, які становлять частину структури земельного фонду країни. До того ж питання оновлення податкового механізму щодо лісогосподарських підприємств ще довгий час залишатиметься на порядку денному через низку чинників,

в основі яких — виклики війни та майбутнє повоєнне відновлення України. Наявна ситуація вимагає звільнення фінансових активів підприємств галузі та їх залучення до обігових фінансових ресурсів.

У дослідженні розкрито проблему фіскальної спрямованості та застарілості податкового законодавства, що, своєю чергою, зумовлює високе податкове навантаження та незначну кількість обігових коштів підприємств галузі. Такий стан гальмує інвестиції та заважає фіскальній системі повноцінно виконувати свої функції.

Одним із головних чинників збалансованого лісогосподарського землекористування та сталого розвитку земель лісогосподарського призначення є плата за їх використання, що складається з рентної плати й земельного податку. Рентна плата за використання лісових ресурсів — це фіскальний інструмент, метою якого є стимулювання збалансованого лісокористування. Одночасно з рентною платою лісові господарства сплачують земельний податок, що веде до подвійного оподаткування підприємств галузі. Така система не відповідає принципам ринкової економіки та соціально-економічним інтересам держави.

Натомість пошук шляхів поліпшення соціально-економічного стану лісогосподарських підприємств сприятиме забезпеченню інтересів держави, суспільства та збалансованому лісогосподарському землекористуванню.

**Мета дослідження** — аналіз основних змін у системі оподаткування лісогосподарських підприємств та визначення шляхів оптимізації податкового навантаження в контексті соціально-економічної проблематики.

Дослідження охоплює теоретичні та методологічні аспекти вищезазначеної проблематики, а також спрямоване на пошук конкретних практичних рекомендацій, орієнтованих на поліпшення фіскального механізму для стимулювання соціально-економічного розвитку та, як наслідок, збалансованого лісогосподарського землекористування.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний стан господарювання в лісовій сфері демонструє такі основні тенденції: інтенсивне знищення лісів та соціально-економічний застій лісових господарств. Активна вирубка лісів в Україні зумовлена, як правило, нераціональним веденням лісогосподарської діяльності, а на сучасному етапі — також і російським вторгненням. Соціально-економічний застій підприємств лісогосподарської галузі — це наслідок багаторічного ігнорування необхідних реформ. Наявна ситуація поглиблюється війною та її еколого-економічними наслідками.

Соціально-економічні проблеми, зміни клімату та виклики російської агресії актуалізують проведення економіко-фіскальних реформ у сфері лісового господарства. Найнеобхідніша реформа — розроблення удосконаленого фіскального механізму, який стимулюватиме процес інтеграції державних лісгоспів у ринкову економіку, що насамперед підштовхне соціально-економічний розвиток останніх.

Організація виробничого процесу в лісовому та сільському господарствах потребує обов'язкової умови — наявності землі, що є одночасно просторовим базисом, на якому розміщені лісові масиви, будинки, споруди виробничого та невиробничого призначення, а також основним засобом. На думку А.М. Бобка [1], збільшення вартості деревного приросту зумовлено постійним підвищенням цін на деревину та землю, що можна розглядати з погляду інвестування в наявні угіддя лісового господарства. У такому разі земельні та лісові ресурси розглядаються не як виробничі чинники, а як об'єкти для інвестування капіталу власника у це майно. У цих випадках лісове господарство відрізняється від сільського тим, що приріст вартості пов'язаний зі зростанням вартості на самі земельні ділянки, а не з продукцією, що отримується в процесі здійснення діяльності. Значення землі в лісовому господарстві ключове, незважаючи на те, що земля і лісові ресурси в лісовому законодавстві України ототожнюються.

Останні дослідження та публікації, зокрема праці О.І. Фурдичка, Н.І. Паляничко, О.О. Гаврилюка, В.П. Мороза, Л.І. Полятикіної, вказують на те, що питання оподаткування земель та адміністрування ресурсними платежами стали об'єктом уваги. Зазначено, що через набуття Україною статусу країни-кандидата в Європейський Союз та необхідність соціально-економічного відновлення країни стають актуальними дослідження європейського досвіду у сфері збалансованого лісогосподарського землекористування. Одним із засобів досягнення цієї мети вважається поліпшення механізму оподаткування земель лісогосподарського призначення. Вивчення зарубіжного досвіду реформ у лісовому господарстві та удосконалення системи оподаткування в соціально-економічному аспекті проведено також у роботах А. Бобка, О. Дребот, О. Гаврилюка, І. Лицура, В. Мороза, О. Фурдичка, М. Шершуна, Л. Полятикіної тощо [1–3].

Незважаючи на велику увагу дослідників до соціально-економічних чинників лісогосподарського землекористування, залишається багато недосліджених проблем і питань, зокрема щодо звільнення обігових фінансових ресурсів та застосування їх у лісовому господарстві. Фіскальна система України має низку застарілих механізмів, що не відповідають сучасній економічній сутності платежів та потребують оновлення. Дослідженню особливостей оподаткування діяльності лісогосподарських підприємств у соціально-економічному аспекті присвячені праці таких науковців, як Н.І. Паляничко, К.В. Гривнак, О.О. Гаврилюк, О.І. Фурдичко, С.О. Мельник, І.М. Лицур, Л.І. Полятикіна та ін. [4–7].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічною базою цього дослідження є основні принципи економіки природокористування і лісового господарства, а також загальнотеоретичні методи наукового пізнання. Вищезазначені принципи та методи відображені в роботах відомих українських науковців, які досліджують

питання забезпечення збалансованого використання земель для лісового господарства.

У дослідженні використано такі методи: *статистичний метод* (ґрунтується на кількісних показниках, які дають можливість зробити висновок щодо необхідності раціонального оподаткування); *діалектичний метод* (пізнання для аналізу законодавчих та нормативних актів і наукових праць вчених щодо проблематики функціонування фіскального механізму в контексті лісогосподарського землекористування); *трендовий аналіз* (визначення основної тенденції динаміки показників); *синтез і логічне узагальнення* (концептуальних основ необхідності і передумов забезпечення стабільного фіскального механізму щодо земель лісогосподарського призначення); *метод аналогій* (перенесення закономірностей розвитку одного процесу з певними поправками на інший процес чи територію); *метод порівняльного аналізу* (аналіз найбільш актуальних проблем функціонування економічних та фінансових інструментів фінансово-економічного механізму оподаткування земель лісогосподарського призначення); *монографічний метод* (для виявлення чинників удосконалення інструментів); *графічний метод*; *абстрактно-логічний метод* (теоретичні узагальнення та формулювання висновків).

Інформаційну базу дослідження становлять матеріали та офіційні дані: Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, Державної податкової служби України, звітність ДП «Ліси України», а також звітність Державного агентства лісових ресурсів України за 2018–2022 рр., звіти про використання паспортів бюджетних програм, бюджетні запити, дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених із питань сталого лісогосподарського землекористування, матеріали власних досліджень тощо.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Російське військове вторгнення в Україну завдає не лише людських втрат, а й шко-

ди екологічному стану лісів та соціально-економічному стану лісових господарств. Одним із показників шкоди завданої лісгоспам, безумовно, є зменшення доходів працездатного населення. Необхідно зазначити, що економіка України ще до початку повномасштабного вторгнення потребувала реформ у сфері оплати праці. Реформи були необхідні для підвищення мотиваційної функції заробітної плати та, відповідно, покращання ефективності господарювання. За визначенням вчених, соціальне лісове господарство — це управління лісовим господарством, спрямоване насамперед на забезпечення добробуту місцевих жителів, які залежать від лісових ресурсів, з урахуванням соціальних наслідків освоєння лісових ресурсів для різних зацікавлених сторін [5]. Упродовж тривалого часу деформації у сфері оплати праці досягли такого рівня, що заробітна плата фактично перетворилася на різновид «соціальної допомоги», втративши свою роль головного ціннісного орієнтиру в суспільстві та основи його економічного і соціального розвитку.

Дослідники виявили переваги, недоліки, можливості та ризики соціальних чинників у сфері лісокористування [6]. Серед сильних сторін були визначені такі: наявність розроблених механізмів для використання лісових ресурсів населенням; вагомий вплив громадськості на процеси управління лісами на місцевому рівні; сприятливі умови для доступу місцевих громад до лісових багатств, зокрема для проведення туризму та випасання худоби в околицях лісів. До слабких сторін соціальних чинників належать: ставлення споживачів до лісів на території України; істотний вплив неформальних структур на процеси лісокористування; нераціональне використання ресурсів населенням через недостатньо жорсткі санкції з боку держави; численні обмеження доступу місцевого населення до лісів, накладені місцевими елітами. Можливостями в цій сфері є: посилення громадського нагляду за використанням лісів; впровадження спеціальних освітніх програм щодо охорони лісів, їх збереження

та підтримки біорізноманіття; підвищення прозорості в лісовому секторі та інформованості населення. Серед загроз зазначено: низький рівень еколого-правової свідомості населення; порушення законодавчих норм у сфері охорони праці та безпеки; низький рівень впровадження європейських стандартів у використанні лісових ресурсів на місцевому рівні. На сьогодні існують такі соціальні аспекти дисбалансів у лісогосподарському землекористуванні України, як значний розрив у заробітній платі за регіональною ознакою [7].

Рівень доходу окремої особи, протиставлений загальному рівню доходу, може бути кращим для опису добробуту [8]. Адже правильно визначений рівень заробітної плати поліпшує соціально-економічну ситуацію в країні: відбувається зростання споживчого попиту, а, відповідно, і виробництва, посилюється мотивація працівників, значно зменшується рівень соціальної напруги в суспільстві [9]. FSC національний стандарт системи ведення лісового господарства для України містить вимоги щодо соціальної складової системи ведення лісового господарства (*табл. 1*) [10].

Соціальний компонент лісового землекористування відображає ступінь узгодження інтересів усіх зацікавлених сторін: держави, лісокористувачів, органів управління на різних рівнях та громадськості.

Розглядаючи динаміку заробітної плати працівників галузі, можна помітити значні зміни у зв'язку з інфляцією, військовим станом та високим податковим навантаженням (*рис. 1*).

Проведені розрахунки реальної середньомісячної заробітної плати з урахуванням інфляції показують її неістотне збільшення порівняно з 2019 р. Така ситуація гальмує соціально-економічний розвиток підприємств, а також спричиняє певну соціальну нестабільність. Дослідники вказують, що соціальний аспект, можливо, є найменш загальноприйнятним [8]. Наприклад, рівень доходу важко порівнювати на глобальному рівні, оскільки збільшення зарплати на один євро на тиждень матиме різний вплив залежно від загального рівня оплати праці.

Таблиця 1. Витяг з принципів і критеріїв FSC щодо соціальної складової системи ведення лісового господарства для України

Принципи FSC сертифікації лісів	Критерії
Підтримання або підвищення соціально-економічного добробуту працівників	<ul style="list-style-type: none"> <li>• виконання підприємством принципів та прав на працю;</li> <li>• сприяння гендерній рівності на підприємстві у правах та можливостях працівників;</li> <li>• забезпечення гігієни та безпеки праці працівників задля їх захисту від професійних загроз безпеці та здоров'ю;</li> <li>• забезпечення належної оплати праці працівників, враховуючи визначені законодавством зобов'язання підприємств;</li> <li>• наявність належної професійної підготовки працівників</li> </ul>
Підтримання або підвищення соціально-економічного добробуту місцевих громад	<ul style="list-style-type: none"> <li>• визнання та підтримання законних прав місцевих громад;</li> <li>• здійснення проєктів і додаткової діяльності задля сприяння соціально-економічному розвитку місцевих громад;</li> <li>• застосування заходів щодо визначення, уникнення та пом'якшення істотних негативних соціальних, екологічних і економічних впливів господарської діяльності на громади;</li> <li>• наявність механізмів розгляду скарг і надання справедливої компенсації місцевим громадам у визначених випадках, що пов'язано із впливом господарської діяльності підприємства;</li> <li>• визначення місць особливого культурного, екологічного та іншого значення, на які місцеві громади мають законні права, та врахування цього у процесі ведення господарства</li> </ul>
Ефективне господарювання, враховуючи різноманітні продукти та послуги лісу, з метою збереження або підвищення економічної життєздатності та отримання соціальних і екологічних вигід	<ul style="list-style-type: none"> <li>• сприяння підприємством диверсифікації місцевої економіки шляхом розвитку виробництва та перероблення різноманітної продукції на основі різних видів ресурсів, створюючи додану вартість на місцевому рівні</li> </ul>
Необхідність формування підприємством плану ведення господарства з урахуванням масштабу, інтенсивності та ризиків його господарської діяльності, а також виконання плану та його оновлення на основі результатів моніторингу задля сприяння адаптивному веденню господарства	<ul style="list-style-type: none"> <li>• наявність та виконання плану ведення господарства, узгодженого з цілями щодо екологічно належного, соціально корисного та економічно життєздатного господарювання;</li> <li>• здійснення періодичного перегляду та врахування оновлень у плануванні ведення господарства згідно з результатами моніторингу та іншою інформацією задля забезпечення відповідності до змін екологічних, соціальних та економічних умов;</li> <li>• забезпечення відкритості процесів планування та моніторингу господарської діяльності шляхом залучення до них зацікавлених сторін, а також шляхом забезпечення доступності для громадськості стислого викладу плану ведення господарства</li> </ul>
Важливість здійснення підприємством моніторингу та оцінювання досягнення цілей господарювання, впливів господарської діяльності й стану підприємства відповідно до масштабу, інтенсивності та ризику з метою провадження адаптивного ведення господарства	<ul style="list-style-type: none"> <li>• здійснення моніторингу виконання плану ведення господарства, поступу у виконанні запланованих видів діяльності, моніторингу й оцінювання її екологічних та соціальних впливів;</li> <li>• забезпечення доступності для громадськості стислого викладу результатів моніторингу</li> </ul>

Примітка: розроблена авторами на основі [7].





а



б

**Рис. 1.** Аналіз фінансово-економічного стану підприємств ДАЛРУ/ДП «Ліси України» за період 2019–2023 рр.:

а – аналіз в абсолютних показниках;  
 б – аналіз з урахуванням інфляції

*Примітка:* систематизовано авторами на основі статистичних даних [12; 13].

Проблеми, такі як бідність, недоїдання та нерівність, набувають найбільшої гостроти у країнах, що розвиваються, тоді як у розвинених країнах вони можуть здаватися

незначними. Однак багатовимірний підхід є критично важливим для загальної оцінки збалансованості використання земель лісогосподарського призначення. Наприклад, ризик зниження прибутку стосується не лише економічної, але й соціальної сфери. Так, плануючи зростання валового внутрішнього продукту (економічний аспект), можливо передбачити його вплив на рівень добробуту (соціальний аспект) та на використання природних ресурсів (екологічний аспект). Для проведення оцінки важливо чітко окреслити межі системи, обрати відповідні показники та належним чином описати їх для вимірювання і визначення впливу. Для оцінки соціальної ефективності важливо порівнювати індикатори, що відображають соціальний результат в умовах економічних диспропорцій на місцевому та регіональному рівнях [11]. Нами досліджено варіації середньомісячної заробітної плати в розрізі держлісгоспів Держлісагентства України за 2018–2022 рр. (табл. 2).

Варіація верхньої та нижньої меж середньомісячної заробітної плати в підприємствах Держлісагентства України у 2018 р. була найбільшою і становила майже 93,0%. Порівняно із середньомісячною заробітною платою по Україні в окремих підприємствах Держлісагентства України відхилення найменших значень цього показника за досліджуваний період становить у межах 39,2–51,5%.

Досліджуючи можливості підвищення рівня реальних заробітних плат необхідно звернутись насамперед до фіскального механізму щодо лісових господарств. Адже, як відомо, надмірне податкове навантаження гальмує соціально-економічний розвиток будь-якого підприємства, що, своєю чергою, унеможливує збільшення реального рівня заробітної плати. Розглянемо структуру фіскального механізму щодо лісових господарств. Статтею 206 Земельного кодексу України визначено, що використання землі в Україні є платним. Об'єктом плати за землю є земельна ділянка.

Відповідно статті 251 Податкового кодексу України, рентна плата складається,

Таблиця 2. Варіації середньомісячної заробітної плати в підприємствах Держлісагентства України за період 2018–2022 рр.

Період	Підприємства Держлісагентства України		У середньому по Україні, грн	Відхилення до середнього показника по Україні, %	
	найнижчий рівень, грн	найвищий рівень, грн		найнижчий рівень	найвищий рівень
2018	3472	32274	8865	39,2	364,1
2019	5408	33015	10497	51,5	314,5
2020	4983	32944	11591	43,0	284,2
2022	7065	47140	14847	47,6	317,5

Примітка: систематизовано авторами на основі статистичних даних [12; 13].

зокрема з рентної плати за спеціальне використання лісових ресурсів. Платниками рентної плати за спеціальне використання лісових ресурсів є лісокористувачі — юридичні особи, фізичні особи (крім фізичних осіб, які мають право безоплатно без видачі спеціального дозволу використовувати лісові ресурси відповідно до лісового законодавства), а також фізичні особи — підприємці, які здійснюють спеціальне використання лісових ресурсів на підставі спеціального дозволу (лісорубного квитка або лісового квитка) або відповідно до умов договору довгострокового тимчасового користування лісами.

Об'єктом оподаткування рентною платою за спеціальне використання лісових ресурсів є: деревина, заготовлена в порядку рубок головного користування; деревина, заготовлена під час проведення заходів щодо поліпшення якісного складу лісів, їх оздоровлення, посилення захисних властивостей або з розчищення лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, у зв'язку з будівництвом гідровузлів, трубопроводів, шляхів тощо; другорядні лісові матеріали; побічні лісові користування; використання корисних властивостей лісів для культурно-оздоровчих, рекреаційних, спортивних, туристичних і освітньо-виховних цілей та проведення науково-дослідних робіт.

Деякі вітчизняні вчені вважають механізм ренти перспективним та таким, що потребує залучення системи науково обґрунтованих принципів, а впровадження

плати на рентній основі відкриває значний потенціал гнучкості еколого-економічного механізму досягнення збалансованого рівня землекористування [14; 15]. Однак, сучасна економічна ситуація та необхідність впровадження Єдиного лісового податку, закріпленого рішенням Ради національної безпеки та оборони України від 29 вересня 2022 р., свідчать про застарілість фіскального механізму рентної плати для лісових господарств.

Відповідно до статей 29 та 64 Бюджетного кодексу України, із змінами, внесеними Законом України від 17 вересня 2020 р. № 907-ІХ «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України», до доходу загального фонду державного бюджету та бюджетів сільських, селищних, міських територіальних громад належить рентна плата, яка перераховується платниками рентної плати на рахунки, відкриті в органах, що здійснюють казначейське обслуговування бюджетних коштів.

Окрім того, згідно з статтею 274 ПКУ, підприємства лісогосподарської галузі сплачують земельний податок на лісові землі. Ставка податку за земельні ділянки, зокрема право, на які фізичні особи мають як власники земельних часток (паїв), нормативну грошову оцінку яких проведено, встановлюється для лісових земель — не більше 0,1% від їх нормативної грошової оцінки. Ставка податку для лісових земель (нормативну грошову оцінку яких не проведено) відповідно до 277 статті ПКУ встановлюється у розмірі не більше 0,1% від

нормативної грошової оцінки площі ріллі по області.

Отже, можна зробити висновок про подвійне оподаткування земель лісогосподарського призначення. Крім того, адміністрування таких податків часто є дорожчим, ніж сам податок, що невігідно як для держави, так і для підприємств галузі.

Загальну структуру оподаткування лісових господарств наведено на *рис. 2*.

Аналізуючи абсолютні фінансові показники діяльності підприємств Державного агентства лісових ресурсів України та Державного підприємства «Ліси України», можна спостерігати тенденцію до зростання податкових виплат та збільшення чистого доходу підприємств упродовж 2019–2023 рр. Також відзначається зростання номінальної заробітної плати. Це переважно пояснюється інфляційними процесами, подальший розгляд тих самих показників з урахуванням інфляції повністю знівелює надану статистику. Порівняння податкових надходжень від підприємств лісової галузі з рівнем реальної заробітної плати дає можливість дійти висновку, що високе податкове навантаження разом із недостатнім фінансуванням з боку держави гальмують соціально-економічний розвиток лісгоспів та не дають змоги відчутно підвищити реальний рівень заробітної плати, що, як наслідок, погіршує стан збалансованості

лісогосподарського землекористування [12; 13].

Детальний огляд фінансових звітів Державного агентства лісових ресурсів України та ДП «Ліси України» з урахуванням інфляції показує залежність між рівнем податкових надходжень та поступовим зменшенням реальної заробітної плати. Реальна заробітна плата з урахуванням інфляції знизилась від 15 154 грн у 2021 р. до 13 748 грн у 2023 р. А порівняно з 2019 р. зросла всього на 3000 грн. Також очевидним стає той факт, що з 2019 р. принципово дохід підприємств галузі не збільшився і сягав 15 млрд грн. Сума сплачених підприємствами податків на 2023 р. з урахуванням інфляції становила 5 858 млн грн, що на 400 млн грн менше, ніж у 2019 р. Збільшення доходу, за значного вилучення прибутку у вигляді податків, не сприяє економічній та екологічній ефективності лісогосподарського землекористування [16]. Так, частина чистого прибутку (доходу), що відраховується державними лісогосподарськими, лісозахисними, іншими підприємствами, які належать до сфери управління Державного агентства лісових ресурсів України, до державного бюджету, визначається у розмірі 50%, за умови спрямування ними 30% чистого прибутку (доходу) від своєї діяльності на придбання необоротних активів, необхідних для здійснення заходів з



**Рис. 2.** Структура фіскального механізму щодо лісових господарств

*Примітка:* виконано авторами на основі Податкового кодексу України.

охорони, захисту, використання та відтворення лісів. Податок на чистий прибуток від лісових доходів накладає більш тяжке податкове навантаження на менш продуктивні землі [17]. Така ситуація ускладнює розподіл обігових коштів підприємств на користь збільшення заробітної плати, що, своєю чергою, зумовлює соціально-економічний застій галузі.

Прийняті державою заходи у вигляді встановлення рівня мінімальної заробітної плати є недостатніми для покращання соціально-економічного стану галузі. Такі заходи можуть бути ефективними лише за умов застосування комплексного підходу до зазначеної проблематики. До того ж важливою є не сукупність відповідних дій / заходів, а саме їх послідовність: по-перше, необхідно зменшити податкове навантаження на галузь та усунути подвійне оподаткування; по-друге, направити вивільнені обігові кошти на збільшення реальних заробітних плат працівників. Отже, збільшення мінімальної заробітної плати відбудеться не за рахунок девальвації національної валюти чи підвищення підприємствами цін на товари та послуги (зменшення купівельної спроможності населення та зростання інфляції), а за рахунок зекономлених коштів.

## ВИСНОВКИ

Задля екологічного розуміння соціальних процесів у лісогосподарському землекористуванні України виокремлено соціальну складову, що дає змогу прийняття рішень як у регіональному масштабі, так і на національному рівні щодо забезпечення збалансованого використання лісових земель. За результатами дослідження виявлені регіональні диспропорції за обсягами доходу працівників підприємств лісового сектору. Не зважаючи на те, що номінально середньомісячна заробітна плата в галузі

зі зростає вдвічі, від 10 520 грн у 2019 р. до 20 028 грн у 2023 р., фактично реальна заробітна плата з врахуванням інфляції збільшилась тільки до 13 748 грн, тобто на 30%. Також очевидним стає те, що фактично дохід підприємств галузі не підвищився з 2019 р. і сягав 15 млрд грн. Сума сплачених підприємствами податків на 2023 р. з урахуванням інфляції становила 5 858 млн грн, що на 400 млн грн менше, ніж у 2019 р.

В Україні існує два види податку для лісових господарств: земельний податок як складова плати за спеціальне використання лісових ресурсів та рентна плата. Ці механізми є застарілими та не відповідають концепції ринкової економіки, а їх фіскальна спрямованість сприяє погіршенню соціально-економічного стану галузі, не залишаючи підприємствам достатньо обігових фінансових коштів. Аналізуючи сучасний стан лісових господарств України, є доцільним переглянути не лише структуру фіскального механізму, а й методи та інструменти ведення фіскальної політики з метою ефективного забезпечення суспільних, економічних, екологічних та інших інтересів як держави, так і інших учасників лісогосподарського землекористування.

Важливий крок до реформування лісових господарств — усунення подвійного оподаткування підприємств ДАЛРУ з метою вивільнення їх обігових коштів. Вивільнені обігові кошти нададуть можливість підприємствам самостійно підвищити рівень реальної заробітної плати, що насамперед покращить соціально-економічний стан галузі. Збільшення реальної заробітної плати відбудеться не за рахунок девальвації національної валюти чи підвищення підприємствами цін на товари та послуги (зменшення купівельної спроможності населення та зростання інфляції), а за рахунок обігових коштів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бобко А.М. Економіка лісівництва починається з використання земельних угідь за призначенням. *Економіка України*. 2014. № 5. С. 80–92.
2. Гаврилюк О.О., Костюкевич В.В. Зарубіжний

досвід оподаткування підприємств лісового господарства. *Агросвіт*. 2019. № 16. С. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6.149>.

3. Полятикіна Л.І. Актуальні питання обліку і оподаткування функціонування лісового господарства. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2023. № 46. С. 58–61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-46-10>.
4. Ковалів О.І. Синтез правових аспектів як методологічних засад землеприродокористування, що ґрунтуються на чинних земельних нормах Конституції України. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 18–27. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278534>.
5. Лесюк Г.М. Сучасні соціально-економічні підходи до управління лісовим господарством України. *Економіка і суспільство*. 2017. № 8. С. 477–481.
6. Tretiak A., Tretiak V., Sakal O. et al. The value added chain in the mechanism of public-private partnership for the development of the land use economy of rural territories. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 6 (3). P. 112–134. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.03.07>.
7. Furdychko O., Drebot O., Palianycho N. et al. Social aspect of forestry landuse balance in Ukraine. *Economic Annals-XXI*. 2021. Vol. 192 (7–8(2)). P. 88–107. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V192-08>.
8. Karvonen J., Halder P., Kangas J. et al. Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy. *For. Ecosyst.* 2017. Vol. 4 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0089-8>.
9. Баланда А. Інститут мінімальної заробітної плати: світовий досвід встановлення та проблеми України. *Україна: аспекти праці*. 2005. № 4. С. 38–44.
10. The FSC National Forest Stewardship Standard of Ukraine National Standard.
11. Zamula I., Tanasiieva M., Travin V. et al. Assessment of the Profitability of Environmental Activities in Forestry. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 2998. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12072998>.
12. Матеріали щодо підсумків роботи підприємств Державного агентства лісових ресурсів України за 2018–2022 рр. Державне агентство лісових ресурсів України. Київ, 2023.
13. Фінансова звітність ДП «Ліси України» за 2023 рік. Державне підприємство «Ліси України». Київ, 2024.
14. Фурдичко О.І., Паляничко Н.І. Особливості рентного регулювання фінансового забезпечення землекористування. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 6–10.
15. Ткачів С.М. Оподаткування лісового господарства: проблеми і перспективи. *Агросвіт*. 2017. № 14. С. 50–54.
16. Дребот О.І., Паляничко Н.І., Данькевич С.М. Оподаткування лісгосподарських підприємств України у контексті збалансованого землекористування. *Ефективність державного управління*. 2020. № 2 (63). Ч. 2. С. 215–233. DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4011.63.2020>.
17. Chang Sun. Forest property taxation under the generalized Faustmann formula. *Forest Policy and Economics*. 2018. Vol. 88. P. 38–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.12.008>.

## REFERENCES

1. Bobko, A.M. (2014). Ekonomika lisivnyctva pochynaietsia z vykorystannia zemelnykh uhid za pryznachenniam [Forestry economics begins with the use of land for its intended purpose]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 5, 80 [in Ukrainian].
2. Gavrilyuk, O.O. & Kostyukevich, V.V. (2019). Zaru-bizhnyi dosvid opodatkuvannia pidpryiemstv lisovoho hospodarstva [Foreign experience of taxation of forestry enterprises]. *Ahrosvit – Agroworld*, 16, 37–43. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6.149> [in Ukrainian].
3. Polyatykina, L.I. (2023). Aktualni pytannia obliku i opodatkuvannia funktsionuvannia lisovoho hospodarstva [Actual issues of accounting and taxation of the functioning of forestry]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu – Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University*, 46, 58–61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-46-10> [in Ukrainian].
4. Kovaliv, O.I. (2023). Syntez pravovykh aspektiv yak metodolohichnykh zasad zemlepryrodokorystuvannia, shcho ґruntuietsia na chynnykh zemelnykh normakh Konstytutsii Ukrainy [Synthesis of legal aspects as methodological foundations of land and nature use, based on the current land norms of the Constitution of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature using*, 1, 18–27. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278534> [in Ukrainian].
5. Lesiuk, H.M. (2017). Suchasni sotsialno-ekonomichni pidkhody do upravlinnia lisovym hospodarstvom Ukrainy [Modern socio-economic approaches to the management of forestry in Ukraine]. *Ekonomika i suspilstvo – Economy and society*, 8, 477–481 [in Ukrainian].
6. Tretiak, A., Tretiak, V., Sakal, O. et al. (2020). The value added chain in the mechanism of public-private partnership for the development of the land use economy of rural territories. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 6 (3), 112–134. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.03.07> [in English].
7. Furdychko, O., Drebot, O., Palianycho, N. et al. (2021). Social aspect of forestry landuse balance in Ukraine. *Economic Annals-XXI*, 192 (7–8(2)), 88–107. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V192-08> [in English].
8. Karvonen, J., Halder, P., Kangas, J. et al. (2017). Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy. *For. Ecosyst.*, 4 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0089-8> [in English].
9. Balanda, A. (2005). Instytut minimalnoi zarobitnoi platy: svitovyi dosvid vstanovlennia ta problemy



- Ukrainy [Institute of the minimum wage: world experience of establishment and problems of Ukraine]. *Ukraina: aspekty pratsi – Ukraine: aspects of work*, 2, 38–44 [in Ukrainian].
10. The FSC National Forest Stewardship Standard of Ukraine National Standard [in English].
  11. Zamula, I., Tanasiiieva, M., Travin, V. et al. (2020). Assessment of the Profitability of Environmental Activities in Forestry. *Sustainability*, 12, 2998. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12072998> [in English].
  12. State Agency of Forest Resources of Ukraine. (2023). *Materialy schodo pidsumkiv roboty pidpriemstv Derzhavnoho ahentstva lisovykh resursiv Ukrainy za 2018–2022 rik [Materials of the results of the work of the enterprises of the State Agency of Forest Resources of Ukraine for 2019–2022]*. Kyiv [in Ukrainian].
  13. State Enterprise «Forests of Ukraine». (2024). *Finansova zvitnist DP «Lisy Ukrainy» za 2023 rik [Financial reporting of SE «Forests of Ukraine» for 2023]*. Kyiv [in Ukrainian].
  14. Furdychko, O.I. & Palianychko, N.I. (2017). Osoblyvosti rentnoho rehuliuвання finansovoho zabezpechennia zemlekorystuvannia [Peculiarities of rent regulation of financial support of land use]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature using*, 1, 6–10 [in Ukrainian].
  15. Tkachiv, S.M. (2017). Opodatkuvannia lisovoho hospodarstva: problemy i perspektyvy [Forestry taxation: problems and prospects]. *Ahrosvit – Agroworld*, 14, 50–54 [in Ukrainian].
  16. Drebot, O.I., Palianychko, N.I. & Dankevych, S.M. (2020). Opodatkuvannia lisohospodarskykh pidpriemstv Ukrainy u konteksti zbalansovanoho zemlekorystuvannia [Taxation of forestry enterprises of Ukraine in the context of balanced land use]. *Efektivnist derzhavnoho upravlinnia – Efficiency of public administration*, 2, 215–233. DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4011.63.2020> [in Ukrainian].
  17. Chang, S. (2018). Forest property taxation under the generalized Faustmann formula. *Forest Policy and Economics*, 88, 38–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.12.008> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.08.2024

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ПОЛІТИКИ

В.М. Поліщук, О.В. Герасімова

КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (м. Вінниця, Україна)

e-mail: vpolischuk7@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2810-2183

e-mail: gerasimovaalena79@gmail.com; ORCID: 0009-0000-2993-2723

Ключовим завданням статті є відображення основних принципів і підходів для аналізу енергетичної складової трансформації економічної системи Європи в контексті концепції сталого розвитку. Досліджено динаміку енергоефективності європейських країн у нафтовому еквіваленті. Встановлено, що валова доступна енергія — це кількість енергетичних продуктів, які необхідні для задоволення потреб суб'єктів у певній географічній зоні, що досліджується. Здійснено аналіз показника кінцевого споживання енергії європейських країн, який охоплює лише енергію, що використовується кінцевими споживачами й не включає споживання енергії самим енергетичним сектором і втрати, які виникають під час перетворення та розподілу енергії. Вивчено динаміку зміни площ поверхонь сонячних колекторів європейських країн та доведено, що для покращання ефективності кремнієвих сонячних елементів необхідно додавати шари інших матеріалів, які також вловлюють частину сонячної енергії, збільшуючи при цьому довжину хвиль, що можуть поглинатися. Проведено аналіз динаміки переробки батарейок та акумуляторів деяких країн — членів Європейського Союзу. Відзначено показники потужності виробництва рідкого біопалива й пріоритети стратегічного партнерства між Україною та ЄС у сфері біометану, водню та інших синтетичних газів для здобуття енергонезалежності нашої держави. Виведено математичну формулу для визначення показника валового кінцевого енергоспоживання, величина якого залежить від кінцевого споживання енергії, втрат у мережі та власного споживання електростанціями. Встановлено частку відновлювальної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії за секторами в європейських країнах та виявлено потужності виробництва електроенергії з відновлювальних джерел енергії та відходів. Запропоновано для точного прогнозування об'єктивного показника потужності відновлювальних джерел енергії в Україні до 2030 р. враховувати стан електричних мереж та наявність регулювальних потужностей. Проаналізовано динаміку надходжень від енергетичних податків деяких європейських країн. Україні рекомендовано вивчати та використовувати досвід країн ЄС щодо поліпшення енергоефективності та екологізації енергетичної галузі.

**Ключові слова:** енергоефективність, споживання енергії, енергетичний сектор, сонячні колектори, переробка батарейок, біометан, відновлювальна енергія, втрати в мережі, енергетичні податки.

### ВСТУП

У процесах екологізації світової економіки спостерігаються прискорені структурні зміни в енергетичній сфері, що спрямовані на природозбереження та всебічне освоєння відновлювальних джерел енергії. Європейська еколого-економічна політика реалізується із врахуванням потенційного дефіциту паливно-енергетичних ресурсів в умовах системного зниження їх видобутку та значного збільшення обсягів споживання енергії як промисловими виробниками,

так і домогосподарствами. Використання інноваційних енергетичних інструментів дасть змогу сформувати модель «зеленої» енергетики, яка створить передумови для трансформації економічної системи із врахуванням сучасних екологічних загроз та викликів. Значною мірою загальний рівень екологічної безпеки залежить від стратегічної політики високорозвинених країн та швидкості прийняття адміністративних рішень щодо переходу на принципово нові технології отримання та споживання енергії. В сучасних економічних умовах надзви-

чайно важливим чинником стає необхідність більш раціонального використання енергетичних ресурсів, залучення нових природних енергетичних можливостей та впровадження інноваційних технологій виробництва енергії без деструктивних змін навколишнього природного середовища. Базові принципи концепції сталого розвитку ґрунтуються на необхідності трансформації економічних систем із врахуванням енергетичної складової, наявної ресурсної бази, можливості повторного використання сировини та реалізації політики природозбереження. Сучасна енергетична стратегія України передбачає оптимізацію структури енергетичного балансу держави із значним врахуванням вимог енергетичної безпеки та необхідність технічної інтеграції енергетичних ринків нашої країни та Європейського Союзу. Україна, як сусід останнього, та держава, що прагне повноцінної євроінтеграції, стала важливою складовою надання енергобезпеки ЄС насамперед завдяки забезпеченню власної енергетичної безпеки.

**Метою статті** є визначення якісного рівня європейської еколого-економічної політики через системну оцінку використання енергетичних інструментів, що дасть змогу сформуувати пріоритетну стратегію розвитку енергетичної галузі України в контексті ринкової трансформації економіки та безпекових викликів.

### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Через сучасну економікоформувальну роль енергетичної галузі проводиться системна оцінка моделей господарювання, які базуються на принципах енергозбереження та широкоформатного використання відновлювальних джерел енергії. Для проведення аналізу інноваційної енергетичної політики, зорієнтованої на трансформацію економіки та реалізацію низки природоохоронних програм, здійснюються системні наукові дослідження багатьма вітчизняними й зарубіжними вченими. Значних зусиль для визначення рівня цієї проблематики доклали такі науковці-дослідники

як: Л.М. Грановська, Б.М. Данилишин, С.О. Лизун, В.С. Міщенко, Ю.М. Маковецька, Т.Л. Омеляненко, М.А. Хвесик та ін.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У процесі виконання поставленого завдання використовувались такі методи наукових досліджень: методи статистичної обробки результатів досліджень; загальнонаукові; аналізу та синтезу інформації; абстрактно-логічний метод; техніко-економічної оцінки проміжних та кінцевих результатів; емпіричний і функціональний методи.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

В умовах сучасних глобальних економічних викликів постає нагальна необхідність створення нових систем господарювання, стійкість яких визначатиметься ефективністю реформ енергетичного сектору, що передбачатимуть конструктивні зміни політики ресурсокористування. Перехід на широке використання відновлювальних джерел енергії найближчим часом дасть змогу вирішити як ресурсну, так і енергетичну проблему. Для задоволення енергетичних потреб суспільства сьогодні необхідно піклуватись не лише про ресурсну забезпеченість енергогенерувальних об'єктів, але й враховувати потенціал виробничої енергетичної інфраструктури, можливості логістичних енергокоридорів, безпекові питання та потенційний негативний вплив енергетики на довкілля й клімат [1]. Під час широкомасштабної війни в Україні, наша держава і всі інші країни об'єднаної Європи мають реалізувати політику захисту національних інтересів незалежно від наявних і потенційних екзо- чи ендегенних енергетичних загроз. Одним із маркерів якості такої політики є показник енергоефективності країн, який представлений у *табл. 1* у млн т нафтового еквівалента.

Згідно з показниками, поданими у *табл. 1*, динаміка енергоефективності є

Таблиця 1. Динаміка показників енергоефективності в європейських країнах у період 2017–2022 рр. (млн т н. е.)

Країни	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	1384,78	1377,80	1354,33	1235,72	1311,19	1257,08
Австрія	32,82	31,83	32,27	29,85	31,61	30,16
Бельгія	48,49	46,47	48,41	43,88	48,74	45,23
Болгарія	18,32	18,23	18,04	17,07	18,57	18,93
Греція	23,24	22,61	22,29	19,24	20,33	20,91
Данія	17,40	17,41	16,88	15,47	16,35	15,99
Естонія	5,78	5,60	4,79	4,32	4,45	4,72
Іспанія	124,92	124,30	120,63	105,03	111,46	113,23
Італія	149,01	147,29	145,94	132,35	145,56	139,25
Ірландія	14,55	14,62	14,68	13,47	13,82	14,34
Кіпр	2,53	2,55	2,54	2,20	2,31	2,48
Латвія	4,47	4,69	4,56	4,26	4,47	4,31
Литва	6,16	6,37	6,28	6,23	6,63	6,31
Люксембург	4,29	4,46	4,50	3,94	4,19	3,80
Нідерланди	61,27	58,42	63,79	58,51	60,75	56,09
Німеччина	298,12	291,95	285,24	262,15	271,49	260,08
Польща	99,08	104,06	100,19	96,84	103,96	98,49
Португалія	22,81	22,66	22,07	19,50	19,53	20,77
Словаччина	16,78	16,28	15,98	15,18	16,44	15,48
Угорщина	24,46	24,48	24,57	23,89	24,93	23,87
Фінляндія	32,18	32,82	32,07	29,93	31,50	30,17
Франція	239,27	238,79	235,39	207,99	222,82	204,96
Хорватія	8,33	8,18	8,21	7,76	8,27	8,29
Чехія	40,36	40,48	39,74	37,58	39,55	38,64
Швеція	46,35	47,25	45,79	41,28	43,28	42,52

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3].

спадною практично в усіх країнах, окрім Болгарії та Литви, в яких цей показник збільшився на 0,15–0,61 млн т н. е. за досліджуваний період. Натомість найвагоміше показник енергоефективності скоротився в: Німеччині – на 38,04 млн т н. е., Франції – на 34,31 млн т н. е., Іспанії – на 11,69 млн т н. е. та Італії – на 9,76 млн т н. е., тоді як по ЄС спостерігається зниження цього індикатора на 127,7 млн т н. е. Така динаміка за 2017–2022 рр. свідчить про те, що в європейських країнах енергоефективність має комплексний характер, на рівень якого впливає одночасно низка чинників,

особливо такі, як цінова й географічна доступність енергетичних ресурсів, їх якість та обсяги виробництва і споживання енергії. Однак у комплексі для визначення наявного енергетичного потенціалу необхідно обов'язково враховувати показник, який вимірює обсяг економічної продукції, виробленої на одиницю валової доступної енергії, яка є кількістю енергетичних продуктів, необхідних для задоволення всіх потреб суб'єктів у географічній зоні, що розглядається [4]. Економічний обсяг виробництва визначається в євро у ланцюжку обсягів до базового 2010 р. за обмінни-

ми курсами того року, або в одиниці PPS (англ. Purchasing Power Standard). Перший використовується для спостереження за еволюцією певного регіону з часом, тоді як другий дає змогу порівнювати країни-члени в певному календарному році. У *табл. 2* наведено динаміку показника енергопродуктивності країн Європейського Союзу в євро за кг нафтового еквівалента (KGOE) за 2018–2022 рр., який свідчить

про енергетичні можливості та перспективи національних економік.

Використавши дані, подані в *табл. 2*, можна зробити висновок про те, що в усіх представлених країнах за досліджуваний період енергопродуктивність підвищилась не істотно, хоча в Греції, Кіпрі, Ірландії, Литві, Нідерландах, Німеччині, Словенії, Франції та Швеції показник збільшився на 1,13–8,19 євро за KGOE, при середньому

Таблиця 2. Динаміка енергопродуктивності в європейських країнах у період 2018–2022 рр. (євро за кг н. е. (KGOE))

Країни	Роки					
	2018	2019	2020	2021	2022	2022/2018
Євросоюз	8,12	8,37	8,60	8,59	9,31	1,19
Австрія	9,79	9,72	9,75	9,61	10,63	0,84
Бельгія	6,34	6,45	6,80	6,53	7,22	0,88
Болгарія	2,35	2,47	2,50	2,47	2,53	0,18
Греція	7,19	7,31	7,83	8,03	8,32	1,13
Данія	15,18	15,73	16,76	17,02	17,75	2,57
Естонія	3,27	4,01	4,23	4,43	4,19	0,92
Іспанія	8,48	8,85	8,92	8,95	9,26	0,78
Італія	10,13	10,29	10,28	10,25	11,09	0,96
Ірландія	18,58	19,51	22,58	25,04	26,77	8,19
Кіпр	7,34	7,75	8,49	8,97	8,78	1,44
Латвія	4,84	4,76	4,97	5,06	5,55	0,71
Литва	4,67	4,91	5,03	5,13	5,87	1,20
Люксембург	11,27	11,49	13,05	13,14	14,70	3,43
Мальта	3,58	3,70	3,65	4,42	4,30	0,72
Нідерланди	8,62	8,30	8,34	8,68	9,85	1,23
Німеччина	9,34	9,65	10,04	9,96	10,64	1,30
Польща	4,36	4,72	4,76	4,78	5,27	0,91
Португалія	7,53	7,73	7,97	8,39	8,54	1,01
Румунія	5,17	5,43	5,38	5,35	6,03	0,86
Словаччина	4,84	5,11	5,11	4,95	5,40	0,56
Словенія	5,94	6,28	6,44	6,79	7,24	1,30
Угорщина	4,64	4,87	4,75	4,86	5,39	0,75
Фінляндія	5,75	5,94	6,18	6,06	6,38	0,63
Франція	8,62	8,89	9,27	9,12	10,28	1,66
Хорватія	5,76	5,88	5,69	6,18	6,72	0,96
Чехія	4,38	4,59	4,62	4,51	4,71	0,33
Швеція	8,42	8,77	9,38	9,48	10,14	1,72

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3; 5].



підвищенні по ЄС на 1,19 євро за КГОЕ. Позитивна динаміка цього показника по всіх країнах вказує на те, що в Європейському Союзі генерація енергії є високорентабельною, а продуктивність енергетики є одним із чинників стабільності економіки та енергетичної сфери в умовах сучасних глобалізаційних викликів.

Одним із найважливіших з енергетичних інструментів оцінки еколого-економічної політики є показник, який вимірює кін-

цеве споживання енергії в країні, за винятком усіх неенергетичних видів застосування енергоносіїв (наприклад, природного газу, що використовується не для спалювання, а для виробництва хімікатів). «Кінцеве споживання енергії» охоплює лише енергію, споживану кінцевими споживачами, як-от промисловість, транспорт, домогосподарства, послуги та сільське господарство; він виключає споживання енергії самим енергетичним сектором і втра-

Таблиця 3. Показники кінцевого споживання енергії в європейських країнах у період 2018–2022 рр. (млн т н. е.)

Країни	Роки					
	2018	2019	2020	2021	2022	2022/2018
Євросоюз	992,5	986,5	906,3	967,4	940,5	-52,0
Австрія	27,9	28,3	26,1	27,9	26,3	-1,6
Бельгія	36,4	35,8	33,2	35,9	33,4	-3,0
Болгарія	9,9	9,9	9,5	10,2	9,9	0
Греція	15,9	16,2	14,4	15,2	16,1	0,2
Данія	14,6	14,3	13,1	13,9	13,4	-1,2
Естонія	12,4	12,4	11,2	11,4	12,0	-0,4
Іспанія	86,7	86,5	73,8	80,3	81,2	-5,5
Італія	116,3	115,4	102,7	114,4	112,0	-4,3
Ірландія	12,4	12,4	11,2	11,4	12,0	-0,4
Кіпр	1,9	1,9	1,6	1,7	1,8	-0,1
Латвія	4,2	4,1	3,9	4,1	4,0	-0,2
Литва	5,6	5,6	5,3	5,7	5,4	-0,2
Люксембург	4,4	4,4	3,8	4,1	3,7	-0,7
Нідерланди	50,4	49,5	45,1	46,8	43,4	-7,0
Німеччина	215,2	214,7	202,3	208,1	203,1	-12,1
Польща	74,9	73,7	71,1	75,2	72,4	-2,5
Португалія	16,9	17,1	15,0	15,7	16,7	-0,2
Румунія	23,6	23,9	23,5	25,4	24,0	0,4
Словаччина	11,6	11,2	10,4	11,6	10,8	-0,8
Словенія	5,0	4,9	4,4	4,7	4,7	-0,3
Угорщина	18,5	18,6	18,0	19,1	18,3	-0,2
Фінляндія	25,8	25,5	23,4	24,9	23,3	-2,5
Франція	147,0	145,6	129,7	143,2	138,3	-8,7
Хорватія	6,9	6,9	6,5	7,0	6,9	0
Чехія	25,3	25,3	24,5	26,1	24,9	-0,4
Швеція	31,9	31,5	30,5	31,6	31,0	-0,9

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7].

ти, що виникають під час перетворення та розподілу енергії. У *табл. 3* наведені показники кінцевого споживання енергії європейських країн у період 2018–2022 рр. у млн т н. е., які визначають загальний енергоспоживчий тренд ЄС.

Проаналізувавши дані, наведені в *табл. 3*, встановлено, що показник кінцевого споживання енергії в Болгарії, Греції, Кіпрі, Латвії, Литві, Португалії, Угорщині та Хорватії за досліджуваний період практично не змінився. Найбільше скорочення кінцевого енергетичного споживання спостерігається в Італії, Іспанії, Німеччині та Франції – на рівні 4,3–12,1 млн т н. е., за загального зниження по ЄС – на 52 млн т н. е. В країнах – членах ЄС тривалий час проводиться енергоощадна політика, що передбачає заощадження енергії, зниження енергетичних втрат, широке впровадження інноваційних технологій споживання енергії та різновекторне використання фінансових стимулятивних механізмів для енергоспоживачів. Сучасна енергетична політика Європейського Союзу має базовий орієнтир, який гарантує показове скорочення використання викопного палива, масове застосування енергоощадних технологій та значне збільшення обсягів впровадження відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) [6].

Німеччина планує позбутись від промислових викидів двоокису вуглецю до 2045 р. саме завдяки більш активному використанню сонячної та вітрової енергії, прискореному розвитку водневої енергетики. Відповідно, ФРН взяла на себе зобов'язання впродовж найближчих 25 років повністю відмовитися від використання вугілля, нафти та природного газу. В рамках європейської стратегії боротьби зі спровокованими людиною змінами клімату більшістю країн – членів ЄС ухвалені інноваційні рішення щодо розширеного застосування базових принципів відновлювальної енергетики. Цей стратегічний енергетичний формат гарантує першочерговий акцент на масштабуванні та активізації сонячної енергетики завдяки збільшенню площ сонячних панелей та ефек-

тивності роботи СЕС колекторного типу і тих електростанцій, в основі роботи яких є використання напівпровідникових елементів. У переважній більшості країн – членів Європейського Союзу останнім часом зросли площі поверхонь сонячних колекторів, свідченням чого є дані, подані у *табл. 4*.

Згідно з показниками *табл. 4*, загалом в ЄС за 2017–2022 рр. розширилась площа поверхонь сонячних колекторів на 8869,483 тис. км<sup>2</sup>. Найкращу динаміку цього енергетичного маркера мають Іспанія, Італія, Польща, Франція, в яких відповідні площі збільшились від 761,169 до 1274,69 тис. км<sup>2</sup>, тоді як в Австрії, Мальті, Швеції спостерігається навіть незначне зниження цього показника. Загальна тенденція свідчить про те, що в сонячній енергетиці вбачають найбільшу перспективу в короткостроковому періоді в світлі сучасних енергетичних викликів, а робота СЕС має підлягати технологічній модернізації.

Наразі здійснюють дослідження, які теоретично можуть підвищити ефективність сонячних панелей до 40%, адже наразі вони вловлюють близько 27% сонячної енергії, яка на них потрапляє, що є теоретичною межею для чинної технології. Для покращення ефективності кремнієвих сонячних елементів додають шари інших матеріалів, які також вловлюють частину сонячної енергії, збільшуючи довжину хвиль, що можуть поглинатися. Раніше кремнію селен використовувався для виробництва сонячних елементів, адже він також є чудовим напівпровідниковим матеріалом. Поєднання цих двох матеріалів дає змогу створити новий сонячний елемент. До кремнієвої основи необхідно додати кілька шарів оксиду, після чого нанести тоненьку плівку селену, утворюючи тандемну комірку. Ефективність сонячного елемента можна значно збільшити поліпшивши опір, що зумовить зниження втрати напруги саме завдяки вдосконаленню комірки. Системні позитивні результати таких досліджень сприятимуть переведенню відповідних технологій на комерційну основу [8; 9].

Таблиця 4. Зміни площі поверхонь сонячних колекторів в європейських країнах у період 2017–2022 рр. (тис. км<sup>2</sup>)

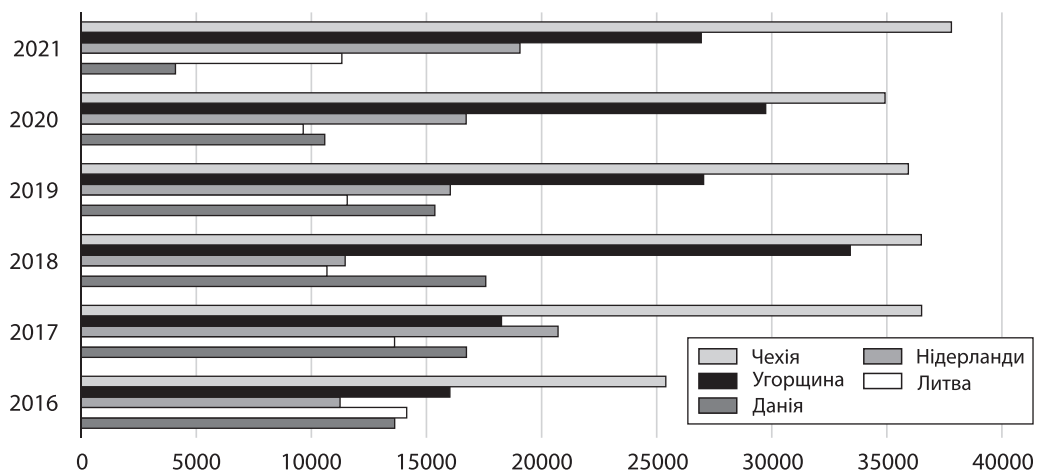
Країни	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	50264,007	51846,830	53092,689	56245,353	57731,720	59133,490
Австрія	5172,185	5123,303	5050,403	4922,944	4774,554	4616,474
Бельгія	686,400	705,800	724,200	740,300	748,000	756,400
Болгарія	378,000	401,498	425,478	445,538	469,834	515,697
Греція	4596,000	4691,000	4867,500	4991,000	5175,000	5442,000
Данія	1542,384	1830,555	1915,122	2051,096	2035,096	2059,096
Іспанія	3688,174	3881,304	4067,774	4235,678	4359,743	4449,343
Італія	4050,666	4196,376	4343,765	4457,525	4657,622	4953,763
Ірландія	311,216	333,407	336,951	346,150	344,829	345,907
Кіпр	1043,860	1064,662	1084,111	1102,430	1121,667	1139,643
Латвія	0,000	0,000	21,672	21,700	21,672	21,672
Люксембург	62,909	66,878	69,889	73,802	77,376	90,950
Мальта	72,249	72,858	73,402	74,084	52,136	46,485
Нідерланди	649,000	657,000	672,000	669,000	662,000	662,000
Польща	2131,000	2433,000	2696,000	3006,690	3195,690	3405,690
Португалія	1231,105	1288,104	1347,955	1406,955	1478,955	1545,055
Румунія	189,000	204,350	218,910	233,670	249,109	249,109
Словаччина	201,000	206,000	220,000	232,000	249,000	265,000
Угорщина	308,000	329,000	350,000	392,000	406,000	418,000
Фінляндія	60,000	66,000	73,000	80,000	88,000	88,000
Франція	3351,839	3550,823	3698,039	3818,393	3957,437	4072,360
Хорватія	226,700	246,100	272,200	288,000	300,000	312,600
Чехія	524,000	539,000	555,000	567,000	586,000	611,000
Швеція	472,000	466,000	459,000	451,000	445,000	435,000

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7].

В Європі створені досить ефективні фінансові інструменти, які використовуються для більш активного розвитку вітрової та водневої енергетики, адже в умовах полігібресії зовнішньої політики РФ для підвищення рівня енергетичної безпеки ЄС та країн Балтії необхідно активувати весь природний енергетичний потенціал. В Україні сьогодні енергетична ситуація є доволі складною, тому КМУ необхідно прискорити процес введення податкових стимулів на імпорт енергетичного обладнання для потреб сонячної та вітрової енергетики. Якщо ж не буде належної підтримки проектів відновлювальної енерге-

тики, то це призведе до прямих негативних наслідків щодо зниження дефіциту потужності в енергетичній системі та скорочення часу відключень у короткостроковій перспективі. Першочерговою необхідністю є прийняття значної кількості важливих вторинних законодавчих актів щодо реформування енергетичних ринків України.

Постійно зростає попит на акумулятори та батарейки, хімічні компоненти яких часто стають значним джерелом забруднення природних та антропогенно змінених екосистем. Повна переробка таких відпрацьованих малих джерел енергії є важливою умовою екологізації відповідного спожив-



**Рис. 1.** Динаміка переробки батарейок та акумуляторів у деяких європейських країнах у період 2016–2021 рр. (т)

Примітка: розроблено авторами за даними [2; 3; 8–10].

чого енергетичного сегмента. Обсяги переробки батарейок та акумуляторів європейських країн у 2016–2021 рр. представлені на *рис. 1*, показники якого свідчать про загальну європейську тенденцію.

Згідно з показниками *рис. 1*, у Данії обсяги переробки батарейок та акумуляторів скорочувались поступово і за весь досліджуваний період становили — 9522 т, у Литві — на 2815 т, натомість збільшився обсяг переробки в Нідерландах — на 7817 т, в Угорщині — на 10918 т, у Чехії — на 12408 т. У перших двох країнах за 2016–2021 рр. рівень використання акумуляторів і батарейок також системно знижувався, що відобразилось на показниках їх переробки.

Зростає попит в ЄС на рідке біопаливо, від використання якого можна отримати значний не лише економічний, а й екологічний ефект. Енергетичний ринок здійснює необхідну гнучкість щодо потужностей виробництва та цінової політики на біопаливо. Потужності виробництва рідкого біопалива європейських країн у період 2017–2022 рр. у тис. т/рік представлені у *табл. 5*, за показниками якої можна сформулювати цілісну картину щодо цього сегмента енергетичного ринку Європейського Союзу.

Згідно з результатами аналізу даних *табл. 5*, динаміка потужності виробництва рідкого біопалива за досліджуваний період найвища в Литві, Болгарії, Ірландії, Нідерландах, Румунії, Фінляндії та Швеції і сягає від 55,000 до 318,000 тис. т/рік, тоді як в Австрії, Бельгії, Іспанії, Італії, Латвії, Німеччині, Норвегії, Польщі, Португалії, Франції та Чехії цей показник не змінився, а в Греції та Кіпрі він навіть знизився. Зростання відповідних потужностей по ЄС становить 569,051 тис. т/рік, що підкреслює загальну позитивну динаміку і те, що попит на рідке біопаливо зростає та відбувається активна трансформація ринку енергоносіїв. До того ж Україна може стати активним учасником європейських процесів формування просторової мережі виробництва, розподілу та споживання біометану, адже Верховна Рада України ухвалила законопроект «Про внесення змін до Митного кодексу України щодо митного оформлення біометану», що дасть змогу вітчизняним виробникам біогазу здійснювати його експорт на ринки Європи та інтегруватися до відповідної європейської мережі. Це є важливим кроком до реалізації стратегічного партнерства між Україною та ЄС у сфері біометану, водню

Таблиця 5. Показники потужності виробництва рідкого біопалива в європейських країнах у період 2017–2022 рр. (тис. т/рік)

Країни	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	21128,969	21809,254	21812,254	21870,931	22845,013	21698,020
Австрія	645,500	645,500	645,500	645,500	645,500	645,500
Бельгія	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000
Болгарія	160,000	160,000	180,000	180,000	260,000	268,000
Греція	1045,449	1045,449	1045,449	1135,448	1135,448	0,000
Іспанія	4237,000	4237,000	4237,000	4237,000	4237,000	4237,000
Італія	2212,194	2212,194	2212,194	2212,194	2212,194	2212,194
Ірландія	53,200	53,200	53,200	79,600	141,200	162,800
Кіпр	5,000	5,000	5,000	0,000	0,000	0,000
Латвія	173,000	173,000	173,000	173,000	173,000	173,000
Литва	140,000	156,000	195,000	195,000	195,000	195,000
Нідерланди	2058,000	2082,000	2124,000	2141,000	2269,000	2165,000
Німеччина	4153,000	4279,000	4171,000	3793,000	4120,000	4151,000
Норвегія	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Польща	1188,918	1368,603	1368,603	1576,881	1869,363	1861,218
Португалія	721,308	721,308	721,308	721,308	721,308	721,308
Румунія	200,000	200,000	210,000	300,000	300,000	300,000
Словаччина	125,000	125,000	125,000	135,000	120,000	120,000
Угорщина	172,000	180,000	180,000	180,000	180,000	220,000
Фінляндія	490,000	500,000	500,000	500,000	600,000	600,000
Франція	2305,000	2305,000	2305,000	2305,000	2305,000	2305,000
Чехія	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000
Швеція	132,000	450,000	450,000	450,000	450,000	450,000

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7–11].

й інших синтетичних газів та енергонебезпечності нашої держави. Наразі в Україні функціонує близько 80 біогазових установок, які можуть виробити понад 150 млн м<sup>3</sup>/рік біометану, до того ж ще окремо діє біометановий завод. До кінця 2025 р. заплановано відкриття ще близько 10 нових об'єктів потужністю від 1,5 млн м<sup>3</sup>/рік виробництва біометану, а до 2030 р. Україна може вийти на виробництво до 1 млрд м<sup>3</sup>/рік біометану, що становитиме 15% біогазового ринку країн Європейського Союзу. В перспективі ми зможемо досягти навіть виробництва 20 млрд м<sup>3</sup>/рік біометану, що дасть змогу сформувати розкидану енергетичну інфраструктуру, яка буде більш

стійкою до ворожих обстрілів. У цьому контексті пріоритет України — стати великим експортером біогазу, а виручені кошти спрямувати на енергетичне відновлення країни, хоча досягти такої цілі буде дуже складно без належного іноземного інвестування [9–11].

Аналізуючи маркери функціонування моделі відновлювальної енергетики, слід враховувати показник, який вимірює частку споживання відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії відповідно до Директиви про відновлювану енергію. Валове кінцеве енергоспоживання можна визначити за математичною формулою:



$$W = Q + S + P,$$

де  $W$  – валове кінцеве енергоспоживання;  $Q$  – кінцеве споживання енергії;  $S$  – втрати в мережі;  $P$  – власне споживання електростанціями.

Крім того, вагомим показником визначення рівня роботи відновлювальної енергетики є частка відновлювальної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії (ВКСЕ). У *табл. 6* представлено частку відновлювальної енергії у ВКСЕ за секторами в європейських країнах у 2017–2022 рр. у відсотках.

Проведений аналіз даних *табл. 6* свідчить про те, що частка відновлювальної

енергії у ВКСЕ різних секторів за досліджуваний період найбільше зростає в: Німеччині – на 5,324%, Ісландії – на 5,371, Норвегії – на 5,784, Польщі – на 5,820, Фінляндії – на 7,029, Данії – на 7,215, Люксембурзі – на 8,162, Нідерландах – на 8,465, Естонії – на 8,934, Кіпрі – на 8,951, Швеції – на 12,612%, за збільшення показника по ЄС – на 4,625%. На фоні загальноєвропейської позитивної тенденції, яка вказує на стратегічне значення відновлювальної енергетики, Україні необхідне швидке усвідомлення незворотності процесів з активізації розвитку «зеленої енергетики» у короткий період часу.

**Таблиця 6. Частка відновлювальної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії за секторами в європейських країнах упродовж 2017–2022 рр. (%)**

Країни	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	18,411	19,096	19,887	22,038	21,893	23,036
Австрія	33,136	33,784	33,755	36,545	34,573	33,758
Бельгія	9,136	9,472	9,929	13,000	13,007	13,759
Болгарія	18,695	20,581	21,545	23,319	19,447	19,095
Греція	17,300	18,001	19,633	21,749	22,017	22,678
Данія	34,387	35,159	37,02	31,681	41,009	41,602
Естонія	29,538	29,970	31,73	30,069	37,442	38,472
Іспанія	17,118	17,023	17,852	21,220	20,736	22,116
Італія	18,267	17,796	18,181	20,359	18,883	19,131
Ірландія	10,520	10,942	11,979	16,160	12,376	13,107
Ісландія	74,104	77,173	78,612	83,725	80,185	79,475
Кіпр	10,478	13,873	13,777	16,879	19,069	19,429
Литва	26,038	24,695	25,474	26,773	28,166	29,599
Люксембург	6,194	8,942	7,046	11,699	11,730	14,356
Нідерланди	6,507	7,394	8,886	13,999	12,988	14,972
Німеччина	15,472	16,660	17,266	19,090	19,395	20,796
Норвегія	70,036	71,566	74,406	77,358	74,034	75,820
Польща	11,059	14,936	15,377	16,102	15,613	16,879
Португалія	30,611	30,203	30,623	33,982	33,982	34,677
Угорщина	13,556	12,548	12,634	13,850	14,134	15,190
Фінляндія	40,857	41,185	42,807	43,939	42,854	47,886
Франція	15,847	16,384	17,174	19,109	19,204	20,259
Чехія	14,799	15,139	16,239	17,303	17,671	18,195
Швеція	53,390	53,916	55,785	60,124	62,686	66,002

*Примітка:* складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7–13].

Прискорений розвиток відновлювальної енергетики та отримання енергії з відходів стали одними із найважливіших стратегічних завдань європейської енергетичної галузі ще з початку ХХІ ст. В умовах сучасних геополітичних та економічних викликів така стратегія набула ще й безпекового характеру, особливо на тлі широкомасштабної війни в Україні. Сучасна переробка відходів створює додаткові енергетичні потужності, а відновлювальна енергетика дає змогу підтримувати ресурсний баланс та збільшує рентабельність виробництв [12; 15]. У *табл. 7* подані показники потужності виробництва електроенергії з

відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та відходів низки європейських країн у період 2017–2022 рр., що характеризують загальний енергетичний генеруючий аспект та надають можливості для досить точного системного прогнозування.

Аналізуючи дані, зображені в *табл. 7*, простежується чітка та послідовна тенденція збільшення потужностей виробництва енергії альтернативним способом переважно в європейських країнах, що дає певний як енергетичний, так і екологічний оптимізм. Найбільше відповідні потужності зросли за досліджуваній період в Албанії, Грузії, Естонії та Португалії в

**Таблиця 7. Потужності виробництва електроенергії з ВДЕ та відходів в європейських країнах у період 2017–2022 рр. (МВт)**

Країни	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	150362,006	150363,748	150792,845	151056,180	151368,344	152732,910
Албанія	2047,000	2105,000	2162,000	2387,000	2507,000	2493,000
Бельгія	1414,000	1414,800	1411,100	1412,800	1417,700	1430,300
Болгарія	3371,550	3379,000	3378,350	3376,456	3369,239	3389,923
Греція	3392,000	3409,000	3412,000	3417,000	3421,000	3421,000
Грузія	2723,000	2695,000	2583,000	2727,411	2966,830	3041,910
Данія	7,153	7,153	7,163	7,163	7,123	6,644
Естонія	7,300	7,300	6,000	8,000	6,000	8,000
Ірландія	529,000	529,000	529,000	529,000	529,000	529,000
Латвія	1564,318	1564,985	1586,690	1586,276	1587,230	1587,730
Литва	877,000	877,000	877,000	877,000	877,000	877,000
Молдова	16,000	16,300	16,300	16,300	16,300	16,300
Нідерланди	37,000	37,000	37,000	37,000	37,700	37,700
Польща	2390,059	2391,268	2397,012	2399,602	2397,548	2406,849
Португалія	7225,922	7235,833	7261,985	7240,806	7254,902	8188,590
Румунія	6691,929	6700,653	6686,201	6652,297	6662,197	6662,629
Сербія	3038,000	3043,000	3074,000	3082,300	3084,992	3107,471
Словаччина	2523,000	2528,000	2527,000	2529,000	2531,000	2532,000
Словенія	1346,629	1343,425	1350,716	1351,863	1352,063	1346,050
Угорщина	57,000	57,000	58,000	58,000	60,000	60,000
Україна	6213,000	6243,000	6325,000	4820,000	–	–
Фінляндія	3156,000	3152,000	3157,000	3164,000	3171,000	3171,000
Хорватія	2193,000	2199,500	2199,700	2199,500	2200,500	2205,700
Чехія	2264,700	2264,019	2265,210	2265,426	2284,863	2285,076

*Примітка:* складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7–14].

межах 318,91–962,668 МВт, тоді як у Греції, Данії й Румунії спостерігається незначне скорочення показника в межах 0,509–29,3 МВт, до того ж потужності нетрадиційної енергетики зовсім не змінилися в Ірландії, Литві, Молдові та Нідерландах. Загалом, по ЄС показник збільшився на 2370,904 МВт, що свідчить про проведення цілеспрямованої політики, зорієнтованої на природозбереження, яка має стати базовим орієнтиром і для нашої країни.

Для більш точного прогнозування об'єктивного показника потужності відновлювальних джерел енергії в Україні до 2030 р. необхідно враховувати стан електричних мереж, нормовану вартість виробництва енергії з ВДЕ та наявність регулювальних потужностей. Аналізуючи показники сьогоденного стану нашої енергетики, прогнозована доцільна сукупна потужність ВДЕ у 2030 р. становитиме 12% від загальної

встановленої потужності, що сягає майже 8 ГВт, а обсяг виробництва — 14 ТВт·год. Наразі виробництво електроенергії на базі ВДЕ стимулюється «зеленим тарифом», що частково підтримує рентабельність виробництва енергії з альтернативних джерел. До 2035 р. важливим стратегічним завданням української енергетики є дворазове скорочення енергоємності ВВП та наближення за цим показником до 0,18 кг н. е. на 1 дол. США та забезпечення частки відновлюваної енергетики на рівні 20% [12; 14; 15]. Формуючи цілісну європейську модель розвитку відновлюваної енергетики лише аналізу генерувальних потужностей недостатньо, обов'язково необхідно враховувати показники постачання, перетворення й споживання ВДЕ та відходів (табл. 8).

Згідно з даними табл. 8, за досліджуваній період показники постачання, перетворення й споживання ВДЕ та відходів

**Таблиця 8. Динаміка постачання, перетворення й споживання відновлювальних джерел енергії та відходів в європейських країнах у період 2018–2022 рр. (ТДж)**

Країни	Роки				
	2018	2019	2020	2021	2022
Євросоюз	284081,691	288813,376	288822,107	284300,739	282554,655
Австрія	1628,295	1422,831	1524,535	1533,886	1478,709
Бельгія	121,400	129,700	135,100	153,400	140,700
Болгарія	1450,000	1470,000	1495,000	1511,612	1532,081
Греція	371,000	432,000	235,000	181,000	332,430
Грузія	751,600	760,000	653,800	690,700	695,800
Данія	110,108	68,497	45,842	54,364	82,242
Іспанія	8,069	8,069	8,069	8,069	8,069
Нідерланди	3730,558	5563,916	6185,279	6327,193	6798,469
Німеччина	12635,000	13955,000	15618,000	16619,000	17368,000
Польща	991,067	1050,398	1073,481	1189,225	1317,551
Португалія	8860,932	8286,804	8338,915	6867,684	7496,889
Румунія	1665,148	1662,658	893,328	1107,950	1139,887
Сербія	214,992	219,406	212,088	63,243	63,475
Словаччина	376,000	408,000	392,000	302,000	378,000
Словенія	599,563	620,890	477,228	494,990	574,350
Угорщина	6005,000	6611,000	6274,000	6560,000	6938,000
Франція	18223,454	19268,544	19978,331	19441,786	18374,679
Хорватія	392,200	1942,686	2451,335	2092,914	1726,146

Примітка: складено авторами на основі даних [2; 3; 5; 7–13].

є не стабільними. Найбільше зросли відповідні показники за 2018–2022 рр. у Нідерландах – на 3067,911 ТДж, у Німеччині – на 4733,000, у Польщі – на 326,484, в Угорщині – на 933,000, у Хорватії – на 1333,946 ТДж, при загальному зниженні показника по ЄС – на 1527,036 ТДж. Скоротилось постачання, перетворення й споживання ВДЕ та відходів в Австрії, Греції, Данії, Португалії, Румунії, Сербії та Словенії від 25,213 до 1364,043 ТДж. Це вказує на складність та неоднорідність процесів, які пов'язані з технічними, технологічними, кліматичними, фінансовими й інфраструктурними можливостями країн – членів ЄС [15;16].

Крім того, що останнім часом значно активізувалась відновлювальна енергетика, атом також не втрачає свої позиції. Продовжено дослідження термоядерного синтезу, який може дати людству чисту та безпечну енергію, для отримання якої потрібен лише водень. У США будують інноваційну АЕС на натрієвих реакторах. Цей проєкт реалізує TerraPower за підтримки мільярдера Біла Гейтса, де нова електрична станція буде використовувати

натрій замість води. Інвестори готові вкласти значні кошти в проєкт АЕС нового покоління в м. Кеммерер, що розташоване в американському штаті Вайомінг. Якщо в класичних електростанціях хімічна реакція нагріває воду, що надалі використовується для генерації електричної енергії, то система реактора інноваційного типу застосовує рідкий натрій як теплоносій, тобто розплавлену сіль, яка може накопичувати тепло. Такі вдосконалені реактори працюють за більш низького тиску та високих температурах, відповідно, ця технологія досить швидко може стати фундаментом енергетичної безпеки як для США, так і для Європи. Реактор АЕС у Вайомінгу потужністю близько 345 МВт може генерувати до 500 МВт на піку потужності. Це дає змогу істотно збільшити обсяги виробництва електроенергії, частково знизити її вартість та значно зменшити рівень спалювання різних типів викопних паливно-енергетичних ресурсів [17].

Сьогодні фінансові інструменти мають значний вплив на функціонування енергетичних ринків, особливо фіскальні платежі та збори. Прикладне застосуван-

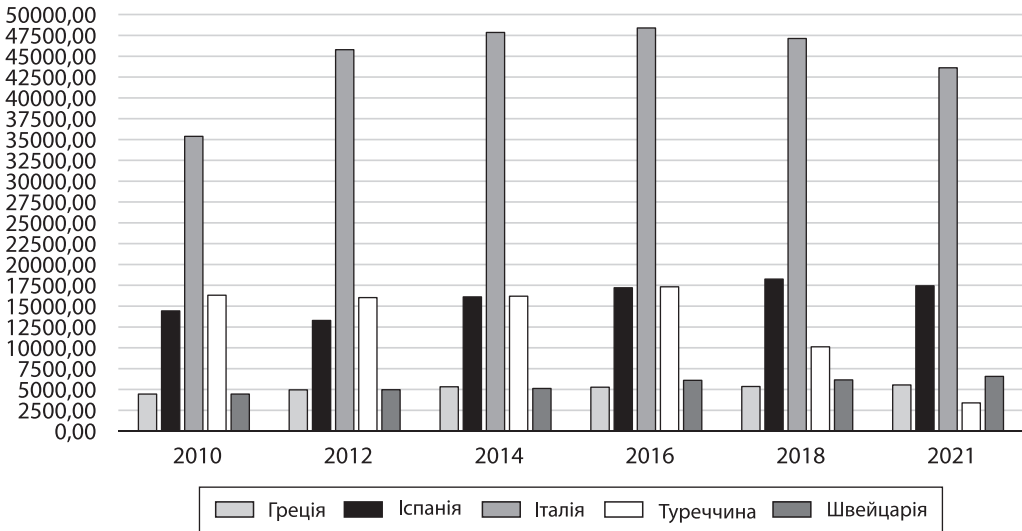


Рис. 2. Динаміка надходжень від енергетичних податків у деяких європейських країнах у період 2010–2021 рр. (млн євро)

Примітка: розроблено авторами за даними [3; 5–8; 12–14].

ня має неявна ставка податку на енергію [TEN00120]. Цей показник визначається як співвідношення між надходженнями від податку на енергію та кінцевим споживанням енергії за календарний рік. Надходження від податку на енергетику вимірюються в євро (з дефляцією), а кінцеве енергоспоживання — у тоннах нафтового еквівалента. Динаміку ж загальних надходжень від енергетичних податків деяких європейських країн у період 2010–2021 рр. можна простежити на *рис. 2*.

Згідно з показниками *рис. 2*, у Греції за 2010–2021 рр. надходження від енергетичних податків зросли на 1093 млн євро, в Іспанії — на 3011 млн євро, в Італії — на 8218 млн євро, в Швейцарії — на 2131,72 млн євро, тоді як у Туреччині скоротились відповідні надходження на 12924,71 млн євро. Збільшення ставки енергетичних податків може викликати зворотний ефект, особливо якщо детально не вивчена кон'юнктура енергетичного ринку країни і не враховуються ймовірні ризики щодо адміністрування фіскальних платежів та зборів.

## ВИСНОВКИ

Енергетична система Європи все ще побудована на принципах, які чітко пов'язують конкретні енергетичні ресурси з певними секторами кінцевого споживання. В ЄС є розуміння того, що досягнення клі-

матичних цілей можливе лише за умови повної екологізації енергетичного сектору. Передбачається системна інтеграція ринків електроенергії й газу завдяки синергізму у виробництві, транспортуванні та розподілі енергії. Європейська енергетична стратегія гарантує рух до кліматично нейтральної економіки, що включає реалізацію чіткої енергетичної політики та своєчасне впровадження законодавчих заходів на рівні ЄС для створення значно інтегрованішої енергосистеми. Наразі Україна лише починає закладати фундамент для формування політики із підтримки інтеграції різноманітних енергетичних ринків. Нині надзвичайно важливо знизити екологічний вплив енергетичних об'єктів за рахунок значної модернізації основних генерувальних потужностей, ефективного використання системи торгівлі квотами на викиди парникових газів та збільшення частки застосування низьковуглецевих джерел енергії. Україна та ЄС мають багато спільних енергетичних проблем, для розв'язання яких необхідний консолідований підхід. Нашій державі треба вивчати досвід країн ЄС щодо використання механізмів інтеграції та трансформації енергетичної системи й практично впроваджувати загальноєвропейські принципи господарювання та адміністрування для прискорення процесу євроінтеграції.

## ЛІТЕРАТУРА

- Herz D., Miller J. and Petrov V. Energy Security and Geopolitical Relations: The Link between Energy Resources, Energy Security, and Geopolitical Influence. *Journal of Global Security Studies*. 2023. Vol. 8 (1). P. 148–167.
- Database on instruments used for environmental policy. URL: [http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/Query\\_2.aspx?QryCtx=1](http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/Query_2.aspx?QryCtx=1).
- Eurostat. Environmental tax revenues. URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_ac\\_tax&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_tax&lang=en).
- Поліщук В.М. Аналіз європейських статистичних індикаторів ефективності природокористування. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 3. С. 30–43. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287761>.
- Taxing Energy Use. URL: <http://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oeecd&lg=en>
- Поліщук В.М. Аспекти розвитку екологічного оподаткування в контексті трансформації економіки Європи. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 3. С. 35–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266408>.
- Energy Community: European Commission official website. 2021. URL: [https://ec.europa.eu/energy/topics/internationalcooperation/international-organisations-and-initiatives/energy-community\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/internationalcooperation/international-organisations-and-initiatives/energy-community_en)
- International Energy Agency (2020): European Commission official website. URL: [https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/international-energy-agency\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/international-energy-agency_en).
- Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/2019-19/page>.
- European Commission. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. URL: <http://eur-lex.europa>



- eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe101aa75ed71a1.0001.03/DOC\_1&format=PDF.
11. European Parliament. Four challenges of the energy crisis for the EU's strategic autonomy. URL: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2023\)747099](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2023)747099).
  12. Jurrien Westerhof. Geschäftsführer Erneuerbare Energie Österreich. URL: [http://www.ots.at/pres-seaussendung/OTS\\_20150928\\_OTS0027/erneuerbare-energie-oesterreich-schlaegt-eckpunkte-fuer-energiestrategie-vor](http://www.ots.at/pres-seaussendung/OTS_20150928_OTS0027/erneuerbare-energie-oesterreich-schlaegt-eckpunkte-fuer-energiestrategie-vor).
  13. European Commission. Energy. URL: <https://ec.europa.eu/energy/>.
  14. Energy Community Secretariat. «Ukraine». URL: <https://www.energycommunity.org/ukraine.html>
  15. Himmelvooy M. and Schwartz R. Energy Security and Environmental Sustainability: Interactions and Challenges. *Journal of Energy and Environmental Studies*. 2023. Vol. 9 (2). P. 75–92.
  16. Ковалів О.І. Головна неврегульована в Україні передумова погіршення якісного стану природних об'єктів. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 4. С. 5–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.226618>.
  17. Jacobson M. and Mora K. Social aspects of energy security: energy availability, social justice and public participation. *Journal of Energy Policy and Sociology*. 2023. Vol. 10 (1). P. 87–102.

## REFERENCES

1. Herz, D., Miller, J. & Petrov, V. (2023). Energy Security and Geopolitical Relations: The Link between Energy Resources, Energy Security, and Geopolitical Influence. *Journal of Global Security Studies*, 8 (1), 148–167 [in English].
2. Database on instruments used for environmental policy. URL: [http://www2.oecd.org/econinst/queries/Query\\_2.aspx?QryCtx=1#](http://www2.oecd.org/econinst/queries/Query_2.aspx?QryCtx=1#) [in English].
3. Eurostat. Environmental tax revenues. URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_ac\\_tax&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_tax&lang=en) [in English].
4. Polishchuk, V.M. (2023). Analiz yevropejskykh statusychnykh indykatyviv efektyvnosti pryrodokorystuvannia [Analysis of European statistical indicators of the efficiency of nature management]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 30–43. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287761> [in Ukrainian].
5. Taxing Energy Use. URL: <http://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oced&lg=en> [in English].
6. Polishchuk, V.M. (2022). Aspekty rozvytku ekolohichnoho opodatkovannia v konteksti transformatsii ekonomiky [Aspects of the development of environmental taxation in the context of economic transformation]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 35–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266408> [in Ukrainian].
7. Energy Community: European Commission official website (2021). URL: [https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/energy-community\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/energy-community_en) [in English].
8. International Energy Agency (2020): European Commission official website. URL: [https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/international-energy-agency\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/international-energy-agency_en) [in English].
9. Pro rynek elektroeneryyi: Zakon Ukrainy vid 13.04.2017 [On the electricity market: Law of Ukraine dated 04.13.2017]. (2019). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, VIII*. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/2019-19/page> [in Ukrainian].
10. European Commission. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. URL: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe101aa75ed71a1.0001.03/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe101aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF) [in English].
11. European Parliament. Four challenges of the energy crisis for the EU's strategic autonomy. URL: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2023\)747099](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2023)747099) [in English].
12. Jurrien Westerhof. Geschäftsführer Erneuerbare Energie Österreich. URL: [http://www.ots.at/pres-seaussendung/OTS\\_20150928\\_OTS0027/erneuerbare-energie-oesterreich-schlaegt-eckpunkte-fuer-energiestrategie-vor](http://www.ots.at/pres-seaussendung/OTS_20150928_OTS0027/erneuerbare-energie-oesterreich-schlaegt-eckpunkte-fuer-energiestrategie-vor) [in German].
13. European Commission. Energy. URL: <https://ec.europa.eu/energy/> [in English].
14. Energy Community Secretariat «Ukraine». URL: <https://www.energycommunity.org/ukraine.html> [in English].
15. Himmelvooy, M. & Schwartz, R. (2023). Energy Security and Environmental Sustainability: Interactions and Challenges. *Journal of Energy and Environmental Studies*, 9 (2), 75–92 [in English].
16. Kovaliv, O.I. (2020). Holovna nevhulovana v Ukraini peredumova pohirshennia yakisnoho stanu pryrodnykh ob'ektiv [The main unregulated precondition in Ukraine for the deterioration of the quality state of natural objects]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 4, 5–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.226618> [in Ukrainian].
17. Jacobson, M. & Mora, K. (2023). Social aspects of energy security: energy availability, social justice and public participation. *Journal of Energy Policy and Sociology*, 10 (1), 87–102 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 15.08.2024

## ВІДТВОРЕННЯ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ, ПОШКОДЖЕНИХ УНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ, У ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О.Ю. Чорнобров<sup>1</sup>, В.А. Соломаха<sup>1,2</sup>, І.В. Соломаха<sup>1</sup>,  
В.Т. Саблук<sup>3</sup>, М.Я. Гументик<sup>3</sup>, В.Л. Шевчик<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [oleksandr.chornobrov@ukr.net](mailto:oleksandr.chornobrov@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8251-1573  
e-mail: [i\\_solo@ukr.net](mailto:i_solo@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8853-2973

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича НААН» (м. Київ, Україна)  
ORCID: 0000-0003-3975-5366

<sup>3</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [hmy@ukr.net](mailto:hmy@ukr.net); ORCID: 0000-0002-6124-4346  
e-mail: [hmy@ukr.net](mailto:hmy@ukr.net); ORCID: 0000-0001-9052-9650

<sup>4</sup>ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)  
e-mail: [shewol@ukr.net](mailto:shewol@ukr.net); ORCID: 0000-0001-5981-3776

Для відтворення пошкоджених (зруйнованих) унаслідок бойових дій полезахисних лісо-смуг у зоні Лісостепу України необхідним є застосування комплексу заходів, що має враховувати як наслідки механічного, фізичного та хімічного забруднення ґрунту, так і часткове пошкодження або повне знищення деревостанів. Післявоєнне відтворення полезахисних лісових смуг передбачає застосування нетрадиційного набору заходів, які включають інженерно-технічні та лісогосподарські заходи. У зв'язку з забрудненням полезахисних лісових смуг різноманітними небезпечними хімічними речовинами важливим є розгляд питання про рекультивацію земель. Перспективним підходом з очищення забруднених ґрунтів є фіторе mediaція, основні переваги якої полягають у високій ефективності та порівняно низькій вартості. Розглянуто перспективні деревні та трав'янисті види, що можуть бути дієвими у фітоекстракції важких металів із ґрунту забруднених ділянок полезахисних смуг. Розглянуто необхідність проведення реконструктивних рубок у полезахисних лісових смугах, які зазнали пошкоджень та є відмираючими, малоефективними і втрачають свої захисні функції. Зосереджено увагу на можливості використання природного поновлення деревних та чагарникових видів для відтворення лісо-смуг. Висвітлено напрями відтворення полезахисних лісо-смуг за традиційним підходом, заснованим на багаторічному досвіді лісової меліорації. Запропоновано альтернативні напрями відтворення, які передбачають формування 6–8-рядних поліфункціональних насаджень, які, крім виконання лісомеліоративних функцій, можуть використовуватися у бджільництві, як джерело біомаси для енергетичних потреб та рекреаційної діяльності. Зазначений підхід із максимальним залученням до виконання робіт місцевих підприємств, установ і організацій, а також населення громад на громадських засадах забезпечить відтворення функціональних та ефективних полезахисних лісо-смуг у короткі строки. Важливою частиною відновлення полезахисних насаджень є формування елементів структури біоценозів, які є важливими для ефективного і повноцінного їх функціонування, зокрема, чагарниковий, трав'яний яруси та головні складові ґрунтової мезофауни, орнітофауни. Відтворення полезахисних лісо-смуг сприятиме екологічній стабілізації агроландшафтів у лісостеповій зоні України, порушених внаслідок бойових дій.

**Ключові слова:** деревні та чагарникові види, відтворення насаджень, фіторе mediaція, поліфункціональні насадження, повоєнне відновлення.

### ВСТУП

Практика агропромислового виробництва в Україні внаслідок високої розора-

ності її земель, особливо в лісостеповій і степовій зонах, показала, що досить ефективним заходом екологічної стабілізації агроландшафтів та раціонального природокористування є застосування лісових

© О.Ю. Чорнобров, В.А. Соломаха, І.В. Соломаха,  
В.Т. Саблук, М.Я. Гументик, В.Л. Шевчик, 2024

меліорацій. Застосування таких заходів у системі агроландшафтів сприяє покращанню комплексу умов для забезпечення збалансованого функціонування аграрного й агропромислового виробництва. Однак насамперед потрібно зважати на те, що існуюча лісомеліоративна мережа захисних лісових насаджень у країні, є недостатньо ефективною й оптимальною, що викликає активізацію процесів ерозії та порушення стабільності функціонування агроландшафтів. Ще до початку повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну ситуація з захисними лісовими насадженнями потребувала системних заходів на рівні держави. Аналіз ступеня повноти, завершеності систем захисних лісових насаджень і необхідності їх оптимізації засвідчив, що полезахисна лісистість країни становить лише 1,3%, що значно нижче за оптимальну (3,0–3,5%) [1]. Ерозійні процеси на землях сільськогосподарського призначення набули загрозливих масштабів і негативно впливають на екологічний стан довкілля, знижують продуктивність земельних ресурсів, а отже, і врожайність сільськогосподарських культур [2; 3].

Внаслідок ведення військових дій відбувається масове пошкодження та знищення лісових насаджень, зокрема і захисних. Значних пошкоджень зазнали полезахисні лісові смуги у лісостеповій зоні України на територіях проведення активних бойових дій, передусім у Харківській та Сумській обл. Відтворення пошкоджених насаджень потребуватиме застосування спеціального комплексу заходів, які дали б змогу їх проводити паралельно з процесом розмінування цих площ, ліквідації окопно-бліндажних споруд, прибирання залишків бойової техніки та ліквідації інших механічних трансформацій ґрунтового покриву лісосмуг. Передусім треба проаналізувати наслідки набутих насаджень польових лісосмуг унаслідок проведених військових дій.

Ушкоджені чи знищені польові лісосмуги не зможуть виконувати необхідні лісомеліоративні функції. На ґрунтовому покриві лісосмуг відбуватиметься швидкий процес розвитку широкого спектра

бур'янів, включаючи адвентивні й інвазійні види з прилеглих полів та придорожніх ділянок, а також природних лучних, лучно-степових та лісових видів. Цей процес може набути значних масштабів унаслідок вивільнення вільного простору в лісосмугах та наявності різного за гранулометричним складом ґрунту.

Тому, після завершення активної стадії бойових дій будуть наявні значно або повністю ушкоджені деревно-чагарникові насадження, які потребуватимуть застосування спеціального комплексу заходів їх відтворення. Полишення цих ділянок у такому стані зумовить розвиток комплексу процесів, які загалом матимуть негативний вплив на довкілля. Отже, наразі є нагальна потреба у вивченні основних шляхів вирішення зазначеної проблеми.

**Мета роботи** — охарактеризувати основні напрями та особливості відтворення полезахисних лісових насаджень, пошкоджених (знищених) унаслідок ведення військових дій у лісостеповій зоні України.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженнями щодо відтворення полезахисних лісових смуг та оптимізації системи захисних лісових насаджень в Україні займалася низка вчених, зокрема О.І. Пилипенко, В.Ю. Юхновський, С.М. Дударець, В.М. Малога [1], О.І. Фурдичко [2; 3], А.П. Стадник [4], Н.Ю. Висоцька та ін. [5]. Останніми роками багато авторів провели наукові дослідження у польових лісосмугах лісостепової зони. Насамперед було оцінено сучасний стан фіторізноманіття та еколого-типологічні особливості [6; 7]. На другому етапі було описано їх використання та функціональні особливості [8], а також їхнє соціально-економічне значення [9]. З цього блоку більш детально вивчено можливість використання насаджень польових лісосмуг як сировинних угідь для бджільництва [10–12]. Також іншою групою дослідників здійснено дослідження щодо використання енергетичних культур за створення штучних деревних і чагарникових насаджень полезахисних

лісових смуг [13]. Водночас, проблема відтворення захисних лісових насаджень, зокрема і полезахисних лісових смуг, пошкоджених унаслідок військових дій, у науковій літературі недостатньо розкрита.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Дослідження здійснювалося методами аналізу і синтезу на основі інформації, отриманої з літературних джерел та Інтернет-ресурсів. Було проаналізовано наукові роботи вітчизняних та зарубіжних учених щодо наукових засад створення та функціонування захисних лісових насаджень, зокрема полезахисних лісових смуг. Нами було ґрунтовно опрацьовано наявний досвід проведення лісомеліоративних робіт на теренах сучасної України щодо полезахисного відтворення лісів, а також враховано перспективні напрями його розвитку з урахуванням наслідків ведення військових дій та багатоцільового використання лісосмуг. У цьому аспекті застосовано методологію досліджень, що базується на системному і комплексному підходах із вивчення захисних лісових насаджень та їхніх систем як багатофункціональних форм в агро- та лісоаграрних ландшафтах [1; 2].

Для проведення дослідження також було використано статистичні матеріали, довідники, законодавчі і нормативно-правові документи, що регулюють відновлення та збереження захисних лісових насаджень.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Станом на 01.01.2015 р. площа полезахисних смуг у Харківській обл. становила 26,5 тис. га, Сумській — 13,0 тис. га [5]. Згідно з даними Кабінету Міністрів України, бойові дії проходили у лісах на площі майже 3 млн га, пожежами знищено понад 13 тис. га лісів [14].

На територіях унаслідок влучання снарядів утворюються вирви, дерева вивертаються з корінням або відбувається зламвання стовбурів унаслідок дії вибухової хвилі, що спричиняє пошкодження

насаджень внаслідок пожеж. Ґрунтовий покрив лісосмуг на значних відрізках буде ушкоджений, трансформований та значно забруднений. Внаслідок бойових дій відбувається механічне, фізичне та хімічне забруднення і пошкодження ґрунту. Істотний вплив на ґрунтовий покрив лісосмуг матимуть збудовані бліндажі, окопи та місця розривів снарядів, бомб і мін, ущільнення ґрунту внаслідок руху військової техніки. Вибухи снарядів спричиняють забруднення ґрунту нафтопродуктами, різноманітними сполуками, які містять важкі метали — свинець (Pb), мідь (Cu), кадмій (Cd), сурма (Sb), хром (Cr), нікель (Ni) і цинк (Zn) та інші елементи.

За даними авторів [15], пошкодження деревного ярусу і живого надґрунтового покриву через бойові дії призведе до виникнення умов для занесення і укорінення видів адвентивних рослин, які спочатку забезпечать заростання безлісних ділянок, а згодом будуть домінувати в нових рослинних угрупованнях та визначати процеси природного відновлення лісових насаджень. Заростання вирв від вибухів снарядів відбувається дуже повільно, зокрема на першому році майже не спостерігається [15].

Відновлення природних екосистем після повного знищення рослинного покриву внаслідок артилерійських чи ракетних обстрілів або пожеж буде здійснюватися різними шляхами, серед яких рекультивация, самозаростання. Основою для заходів з відновлення природного рослинного покриву полезахисних лісових смуг є комплексне вивчення впливу війни на фіторізноманіття, масштаби руйнувань і пошкоджень. Ступінь трансформації природного середовища залежить від масштабів порушення, стійкості природних екосистем, діапазону допустимих змін їхнього стану.

За повного знищення рослинного покриву лісових насаджень, або його значних фрагментів, формування рослинності на трансформованих ділянках починається із заростання як початкової стадії сукцесійних процесів. Формування рослинності на нових субстратах розглядаються як

первинні антропогенні сукцесії [16] і складаються зі стадій початкового, відкритого й закритого ценозів. На нових трансформованих субстратах виникають рудеральні ценози, утворені як видами-апофітами, так і адвентивними рослинами, до того ж відсоткова та ценотична участь останніх є вагоміша. Серед адвентивних рослин найбільшу загрозу становлять інвазійні, що є небезпечними для природних екосистем [15].

Післявоєнне відтворення поєднання лісових смуг передбачає застосування нетрадиційної низки заходів, які включають інженерно-технічні та лісогосподарські заходи. До першої групи належать заходи з розмінування територій і вилучення вибухонебезпечних предметів, демонтажу окопно-бліндажних та інших споруд військового призначення, прибирання залишків військової техніки та розірваних боеприпасів, ліквідації механічних трансформацій ґрунтового покриву лісосмуг. До другої групи заходів належать: проведення агрохімічних та еколого-токсикологічних обстежень ґрунтів, дослідження пошкоджених чи знищених поєднання лісових смуг, реконструктивні рубки, створення часткових або суцільних культур.

Проведення агрохімічних та еколого-токсикологічних обстежень ґрунтів територій, на яких зростають поєднання лісові смуги, з метою визначення необхідності у проведенні заходів із ремедіації забруднених ґрунтів та меліорації земель. Як відомо, ведення військових дій, розривання бойових снарядів і застосування вибухових речовин спричиняє забруднення ґрунту різноманітними поллютантами — нафтопродуктами, хімічними сполуками, які містять важкі метали. Залежно від ступеня негативного впливу та забруднення ґрунтів небезпечними речовинами важливим є прийняття рішень щодо рекультивації окремих ділянок чи територій.

*Рекультивація порушених земель* — це комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель

[17]. Забруднені небезпечними речовинами земельні ділянки використовуються з додержанням встановлених обмежень, вимог щодо запобігання їх небезпечному впливу на здоров'я людини та довкілля. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 [18].

Перспективним підходом з очищення забруднених ґрунтів є *фіторемедіація* — це використання рослин для видалення забруднювальних речовин із навколишнього середовища або перетворення їх у нешкідливі сполуки [19]. Виділено п'ять основних підгруп фіторемедіації: *фітоекстракція* — виведення рослинами металів із ґрунту та концентрація їх у придатних для збирання частинах рослин; *фітодеградація* — розкладання органічних забруднювачів рослинами та пов'язаними з ними мікроорганізмами; *ризofільтрація* — вилучення рослинами розчинених форм токсикантів із рідкої фази, завдяки значній поглинальній здатності кореневої системи рослин; *фітостабілізація* — зниження рослинами рухливості і біодоступності забруднювальних речовин у навколишньому середовищі шляхом іммобілізації або запобігання міграції; *фітовипаровування* — вилучення забруднювальних речовин із ґрунту рослинами і виділення в атмосферу летких неотруйних сполук [20].

Переваги фіторемедіації полягають у низькій вартості та малому впливі на навколишнє середовище. За оцінками Агенції з охорони навколишнього природного середовища Сполучених Штатів Америки, витрати на проведення фіторемедіації є на 50–80% нижчими порівняно з іншими альтернативами очищення забруднених ґрунтів [21]. У більшості випадків інженерні витрати мінімальні й на додачу до позитивного впливу рослинного покриву на фізико-хімічні та механічні властивості ґрунту допомагають обмежити поширення забруднення.

За даними автора [22], основними характеристиками рослин для використан-



ня у фітоекстракції є такі: здатність рости на бідному поживними речовинами ґрунті; глибока коренева система; висока швидкість росту; стійкість до металів. Дослідження щодо фітореMediaційного потенціалу деревних видів на забруднених землях розглядають передусім види таких родів, як *Salix* L. (верба), *Betula* L. (береза), *Populus* L. (тополя), *Alnus* Mill. (вільха), *Acer* L. (клен) та *Robinia* L. (акація) [19; 23; 24]. Багато з цих досліджень були зосереджені переважно на поглинанні металів, розподілі всередині рослини і механізмах толерантності. Для цілей фітореMediaції найбільшу увагу приділено швидкорослим видам, наприклад вербі. За даними низки дослідників [19; 23; 25], саме види роду верба є ефективними та перспективними для фітореMediaції забруднених ґрунтів. Зокрема, використання верби як швидкорослого виду, що легко вирощувати за системою короткоротаційних плантацій, збирання врожаю кожні 3–5 років, за високої продуктивності (до 10–15 т сухої речовини з 1 га за 1 рік) мають значні перспективи. Швидкий ріст і регулярні збори біомаси сприяють швидкому засвоєнню поживних речовин, а отже, і важких металів із ґрунту. Спалювання зібраної біомаси для виробництва відновлюваної біоенергії також є значною перевагою. Верба прутовидна (*Salix viminalis* L.) — чагарниковий вид, який характеризується прямостоячими стеблами, швидким ростом і хорошою вкорінюваністю, є одним із найефективніших та широко використовуваних видів у фітоекстракції важких металів із ґрунту [19; 26].

В інших дослідженнях зазначено, що використання трав'янистих видів рослин є також перспективним у фітореMediaції забруднених ґрунтів [27]. Серед таких рослин важливими є види роду міскантус (*Miscanthus* Andersson), зокрема міскантус гігантський (*Miscanthus* × *giganteus*) та арундо тростинний (*Arundo donax* L.) [23]. Використання даних рослин у фітореMediaції є також вигідним для виробництва відновлювальної енергії, що є доцільним у формуванні енергетичної безпеки територіальних громад.

Серед лісівничих заходів першочерговим є обстеження полезахисних лісових смуг із метою визначення необхідності проведення невідкладних заходів з оздоровлення та відтворення, поліпшення санітарного стану у пошкоджених, мало-ефективних, зріджених, відмираючих насадженнях, які втрачають свої захисні функції. На землях сільськогосподарського призначення обстеження здійснюються відповідно до п. 3 Правил утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення, затверджених Постановою Кабінету Міністрів України від 22.07.2020 № 650 [28].

Тривалість створення лісових смуг, яка завершується горизонтальною зімкненістю крон лісонасаджень, становить у середньому від 5–6 років для умов Полісся та Лісостепу і до 12–14 років — для каштанових ґрунтів Південного Степу. Впродовж подальшого утримання полезахисних лісових смуг мають проводитися лісівничо-біологічні рубки догляду, які сприяють і забезпечують їх біологічну стійкість та високі захисні властивості.

Розроблена система доглядових рубок у полезахисних лісових смугах [29] передбачає виділення трьох основних періодів розвитку лісових смуг:

- 1) до повного зімкнення насаджень;
- 2) інтенсивного росту;
- 3) послаблення фізіологічних процесів і зниження приросту.

Для першого періоду основне завдання рубок догляду полягає у поліпшенні умов росту головних порід, запобіганні пригніченню їх супутніми і чагарниковими породами. Для цього проводять освітлення шляхом посадки чагарникових порід на пень, обрізування гілок супутніх порід, які затіняють головні [29]. З метою формування продувної та ажурної конструкції полезахисних смуг здійснюють обрізку (на висоту до 1 м, але не більше третини загальної висоти) нижніх гілок дерев головних і супутніх порід. У разі потреби рубки догляду повторюють через три–п'ять років [28].

Другий період, що характеризується найінтенсивнішим ростом деревних порід, має основне завдання – вирощування стійких, високорослих і ефективних насаджень із формуванням їх оптимальних конструкцій. Під час цього періоду проводять проріджування деревостану до зімкненості положу не менше 0,8, обрізування гілок на стовбурах, омоложення підліску [29]. Впродовж цього періоду вилучаються повалені, сухостійні, всихаючі, пошкоджені й пригнічені дерева, а також супутні породи, які заважають росту головних (в однорідних насадженнях – дерева гіршої якості, що заважають росту кращих) та омолоджують чагарники. У крайніх рядах вирубують нахилені дерева, які збільшують проектну ширину смуги. Під час формування продуктивної конструкції на залишених деревах зрізують гілки заввишки 1,5–2 м, а також вирубують поросль пнів і чагарників. Під час формування ажурної конструкції чагарники залишають лише в узлісних рядах [28].

Основне завдання третього періоду розвитку полягає у підтриманні необхідної конструкції лісових смуг, забезпеченні їх ефективної дії та довговічності. Виконання цих завдань відбувається завдяки регулярним вирубуванням усіх сухих, всихаючих та пошкоджених дерев, періодичним прорідженням нижнього ярусу, зрідженням підліску [29].

Лісові смуги з незадовільним станом потребують їх виправлення. *Виправлення полезахисних лісових смуг* – це комплекс лісівничих і агротехнічних заходів, спрямованих на поліпшення стану або складу насаджень, посилення їх захисної дії у найближчі роки. Залежно від стану, складу і віку смуг, а також від запропонованих заходів, вони матимуть характер реконструкції, відновлення, доповнення [29].

*Реконструкція* – заміна складу деревних порід у насажденні з метою підвищення його стійкості, покращення умов для росту і поліпшення конструкції шляхом введення стійких і високоростучих порід. Її також проводять із застосуванням низки ліскокультурних заходів, що сприяють росту

порід, а в загущених насадженнях – спеціальними доглядовими рубками. Відповідно до вище зазначених Правил збереження та утримання полезахисних лісових смуг [28], реконструктивні рубки здійснюються з метою заміни малоефективних, зріджених, відмираючих насаджень, які втратили свої захисні функції, а також насаджень, породний склад яких не відповідає умовам місцезростання. Реконструктивні рубки можуть бути суцільними і вибірковими.

*Відновлення* – це повторна посадка (сівба) лісосмуг у задалегідь підготовлений ґрунт на місцях, що залишилися після загиблих насаджень. До того ж застосовують способи і схеми змішування, що відповідають місцевим ґрунтово-кліматичним та іншим умовам. Створення лісових культур може бути суцільним або частковим. *Доповнення* – це відтворення в культурах порід, що відпали на першому і другому році після створення шляхом підсіву або посадки таких самих порід. Важливу роль у процесах відновлення знищених чи сильно пошкоджених полезахисних смуг слід надати насамперед природним властивостям деревно-чагарникової рослинності до порослевого відтворення дерев та кущів. Природне поновлення відбуватиметься переважно за рахунок неущкоджених або мало ушкоджених кореневих систем таких рослин. Важливу роль матиме також насінневе природне поновлення деревних порід [29].

Як правило, кількість і ширина полезахисних лісосмуг визначається трьома основними вимогами: раціональним використанням родючих орних земель, біологічною стійкістю насаджень та їх високою лісомеліоративною ефективністю. За рекомендаціями науковців [1], полезахисні лісосмуги повинні мати ширину 7,5–15,0 м із шириною міжрядь 2,5 на Поліссі та у Лісостепу. Відстань між рослинами у ряду залежить від виду садивного матеріалу і становить 0,75–1,5 м (для сіянців і неукорінених живців) і 1,5–3,0 м (для саджанців і укорінених живців). За застосування стрічково-лункової сівби відстань між лунками має становити 0,5–1,0 м, під час сівби

ланками — 0,5–1,0 м між ланками в лунці і 3,0–4,0 м між центрами ланок.

Полезахисні лісові смуги необхідно створювати складними за формою та мішаними за складом, підбір лісових порід здійснюється згідно з лісорослинними умовами ґрунтово-кліматичних зон. Насадження складається з однієї або кількох головних та супутніх порід, зокрема плодкових. Для підвищення стійкості насаджень та лісомеліоративної ефективності вводяться кущові породи.

За рекомендаціями авторів [1], на піщаних і супіщаних ґрунтах Лісостепу середні ряди формують із сосни звичайної (*Pinus silvestris* L.), а крайні — з берези повислої (*Betula pendula* Roth.) з грушею звичайною (*Pyrus communis* L.) та кленом польовим (*Acer campestre* L.). На суглинкових і глинястих ґрунтах учені пропонують створювати 5-рядні смуги: середній ряд із липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.), з обох боків по одному ряду дуба звичайного (*Quercus robur* L.), крайні ряди — з берези повислої з супутніми породами.

Перспективним напрямом відтворення знищених полезахисних смуг у Лісостепу України є формування поліфункціональних насаджень зі швидкорослих видів, які можуть використовуватися у бджільництві як джерело біопалива та іншої сировини. З цією метою у попередньому дослідженні [13] запропоновано формування моделі насаджень за участю кількох деревних порід, які, крім здійснення вітрозахисних та водоохоронних функцій, будуть виконувати й інші господарські цілі. Для прискореного створення таких насаджень доцільно створювати змішані 6–8-рядні культури, де середні 2–3 ряди висаджуються деревними породами, які, зокрема, є сировинно цінними для бджільництва. Зазначені ряди деревних порід з обох боків доповнюються смугами енергетичних культур, які можуть використовуватися для бджільництва та є цінним ресурсом для отримання біомаси для виробництва енергії [13]. Для формування зазначених рядів доцільно висаджувати на 1 га 10–12 тис. шт. живців тополі (*Populus* spp.), 1250 шт. рослин павловнії

(*Paulownia tomentosa* Steud.) за схемою 2×4 м та 17–18 тис. шт. живців верби прутувидної (*Salix viminalis* L.). Також є можливою часткова або повна заміна живців тополі на саджанці робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.).

Зазначені насадження повинні мати ширину сумісну з розмірами техніки для зрізання їх раз на 3–4 роки, але найбільш оптимальним є часткове вирізання окремих стовбурів енергетичних рослин зі створенням оптимального розвитку для залишених пагонів. Отримана деревна сировина може використовуватися як дрова і для виробництва паливної тріски.

Згідно з розрахунками в зоні Лісостепу України, найбільшу продуктивність у поліфункціональних полезахисних насадженнях із коротким оборотом рубки забезпечують трирічні біоенергетичні культури павловнії — 20 т/га сухої речовини з виходом енергії 300 Гдж/га, 62,5 Гкал/га теплової енергії, та енергетична верба — 15 т/га сухої речовини (210,0 ГДж/га, 42,8 Гкал/га теплової енергії) [13].

Для створення ефективної системи польових лісосмуг можливе застосування нових, нетрадиційних підходів для їх формування. Це твердження підкріплюється тим, що формування насаджень потребує значних фінансових витрат із необхідністю забезпечити економічну ефективність їх функціонування в майбутньому. Тому, створення ефективних швидкорослих та високоенергетичних насаджень, які можуть використовуватися і як польові лісосмуги, є економічно доцільним. Перспективним є поєднання використання традиційних деревних порід, але які можуть мати високу сировинну цінність для бджільництва — липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), або робінія звичайна (акація біла) (*Robinia pseudoacacia* L.) із меншим додатковим застосуванням дуба звичайного (*Quercus robur* L.), ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), або клена гостролистого (*Acer platanoides* L.), які допоможуть стабілізувати центральну частину створюваної лісосмуги. Три останні види можуть мати й певну підтримувальну функцію для си-

ровинного використання у бджільництві [13].

Створення подібних насаджень поблизу населених пунктів сприятиме їхньому значному сировинному застосуванню та буде досить ефективним для здійснення їх основної функції щодо екологічної стабілізації агроландшафтів поблизу населених пунктів громад. У разі залучення місцевих громад до процесу створення нових полезахисних смуг необхідно розташовувати їх максимально наближеними до місць компактного проживання населення громади (до 1,5–2 км), що позитивно впливатиме на розвиток бджільництва з використанням невеликих пасік без застосування їх кочівлі.

Важливою складовою відновлення полезахисних насаджень є формуванню елементів структури біоценозів, які є особливо необхідними для ефективного і повноцінного їх функціонування, зокрема, це чагарниковий, трав'яний яруси та головні складові ґрунтової мезофауни, орнітофауни. У попередній практиці створення полезахисних лісосмуг досить часто використовувались види чагарників чужинного походження, фітомаса яких не включалась у трофічні ланцюги, що не забезпечувало становлення механізмів саморегуляції їх чисельності в популяціях. Це, своєю чергою, стало причиною їх неконтрольованого поширення. Наразі необхідно віддавати перевагу аборигенним видам чагарників. Основними видами ярусу трав у лісосмугах мають стати типові доміанти лісів природного та напівприродного походження відповідних регіонів. До того ж важливо здійснювати формування функціонально-структурованого трав'яного ярусу із участю лісових видів різних феноритмотипів, зокрема весняних ефемероїдів, геміефемероїдів, трав із раннім та пізнім весняним початком вегетації, зимовозелених хамефітів, озимих та ярих монокарпиків. Адекватними прийомами для заселення більшості їх може бути підсів насіння, висадка невеличких груп для створення осередків їх наступного спонтанного розселення. Взаємно корисним для фіто- та зоокомпо-

нентів цих біоценозів є формування відповідного фауністичного оточення. Насамперед, це розселення мурах лісових біотопів, створення сприятливих місць для гніздівлі лісових птахів (шпаківні, дуплянки). Тому, утворені лісосмуги будуть мати на порядок вищий рівень функціональної автономності і самодостатності, порівняно зі своїми попередниками.

Для проведення заходів із відтворення полезахисних лісових смуг важливим буде залучення місцевих комунальних та державних підприємств, установ та організацій, а також громад та місцевого населення. З метою формування екологічної освіти населення важливим є спонукати школярів старшого віку для здійснення комплексу заходів із регулювання розвитку деревних та чагарникових видів, вилученню небажаних видів-адвентів та виконанню робіт із підсаджування необхідних рослин під керівництвом відповідних фахівців-лісівників. Зрозуміло, що всі ці роботи можна буде провести тільки після здійснення заходів із розмінування й розчищення полезахисних лісових смуг і прилеглих територій від залишків озброєння та вибухонебезпечних предметів.

## ВИСНОВКИ

Отже, розглянуто необхідний комплекс заходів із відтворення деревно-чагарникових насаджень польових лісосмуг пошкоджених (знищених) унаслідок проведення військових дій у лісостеповій зоні України. Зосереджено увагу на можливості використання природного поновлення деревних та чагарникових видів, що буде найбільш економічно ефективним варіантом здійснення заходів із відтворення зазначених насаджень. Формування поліфункціональних насаджень, що ефективно виконуватимуть основні лісомеліоративні функції та одночасно слугуватимуть як об'єкти для розвитку бджільництва, з максимальним застосуванням швидкорослих енергетичних культур наразі розглядається як перспективний та економічно вигідний напрям відтворення полезахисних лісосмуг. Він сприятиме екологічній стабілізації агро-

ландшафтів у лісостеповій зоні України, порушених унаслідок бойових дій, забезпеченню місцевих громад сировиною для

енергетичних потреб, розвитку бджільництва та рекреаційної діяльності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малуґа В.М. Лісові меліорації: підруч. / за ред. В.Ю. Юхновського. Київ: Аграрна освіта, 2010. 282 с.
2. Фурдичко О.І. Агроекологія: моногр. Київ: Аграрна наука, 2014. 400 с.
3. Фурдичко О.І., Тимочко І.Я. Методологічні основи концепції створення стабільного екологічно стійкого простору агроландшафтах. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208809>.
4. Стадник А.П. Оптимізація структури захисних лісових насаджень та їх систем в агроландшафтах України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2018. Вип. 16. С. 70–80. DOI: <https://doi.org/10.15421/411808>.
5. Висоцька Н.Ю. та ін. Оцінка сучасного стану захисних лісових смуг різного цільового призначення та об'єктів лісової рекультивациі. Харків, 2019. 21 с.
6. Соломаха І.В., Шевчик В.Л. Синтаксономія полезахисних лісових смуг Середнього Придніпров'я. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2020. № 16 (1). С. 40–54. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-1-2>.
7. Goncharenko I., Solomakha I., Shevchuk V. et al. A phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2022. Vol. 10 (2). P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2022-0009>.
8. Соломаха І.В., Тимочко І.Я., Постоєнко В.О., Соломаха В.А. Нектароносні та пилконосні рослини у лісових насадженнях Середнього Лісостепового Придніпров'я. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 38–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257124>.
9. Соломаха І.В., Соломаха В.А., Тимочко І.Я., Чорнобров О.Ю. Еколого-економічні функції захисних лісових насаджень у наданні екосистемних послуг: метод. реком. / за ред. О.І. Фурдичко. Київ, 2020. 31 с.
10. Тимочко І.Я. Особливості розподілу нектароносних та пилконосних рослин у лісових насадженнях Північно-Східного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252953>.
11. Шевчик В.Л., Борисенко М.М., Соломаха І.В., Соломаха В.А. Особливості використання лісових насаджень Середнього Придніпров'я з участю *Robinia pseudoacacia* як сировинних угідь для бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317>.
12. Соломаха І.В., Постоєнко Д.В., Соломаха В.А. Польові лісосмуги Середнього Лісостепового Придніпров'я як сировинні угіддя для бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276726>.
13. Соломаха І.В., Саблук В.Т., Гументик М.Я., Соломаха В.А. Особливості створення швидкорослих та поліфункціональних насаджень у лісостеповій зоні України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273244>.
14. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/v-ukrayini-porahuyut-zbitki-derzhavnomu-lisovomu-fondu-takozh-privatnim-lisokoristuvacham-ta-koristuvacham-mislivskih-ugid-vnaslidok-zbrojnoi-agresiyi-rf>.
15. Зав'ялова Л.В., Протопопова В.В., Панченко С.М. та ін. Синантропізація рослинного покриву України унаслідок воєнних дій. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій*. Полтава–Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». Дніпро: Т.К. Середняк, 2022. С. 31–52. DOI: <https://doi.org/10.23939/monograph2022>.
16. Єременко Н.С. Рудеральна рослинність України: стан дослідження, проблеми та перспективи. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2017. Вип. 13 (2). С. 134–151. DOI: <https://10.14255/2308-9628/17.132/1>.
17. Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.
18. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин: постановою Кабінету Міністрів України від 15.12.2021 р. № 1325. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#n8>.
19. Salt D.E., Smith R.D. and Raskin I. Phytoremediation. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1998. Vol. 49. P. 643–668.
20. Pulford I.D. and Watson C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees — a review. *Environment International*. 2003. Vol. 29. Iss. 4. P. 529–540. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00152-6). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412002001526>.
21. EPA. Introduction to phytoremediation. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. EPA/600/R-99/107.
22. Punshon T., Dickinson N.M. and Lepp N.W. The potential of *Salix* clones for bioremediating metal polluted soil. In: Glimmerveen I. (Ed.). *Heavy metals and trees*. Proceedings of a Discussion Meeting, Glasgow.



- Edinburgh: Institute of Chartered Foresters, 1996. P. 93–104.
23. Hauptvogl M., Kotrla M., Prčík M. et al. Phytoremediation Potential of Fast-Growing Energy Plants: Challenges and Perspectives — a Review. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2020. Vol. 29 (1). P. 505–516. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/101621>.
  24. Lovynska V., Holoborodko K., Ivanko I. et al. Heavy metal accumulation by *Acer platanoides* and *Robinia pseudoacacia* in an industrial city (Northern Steppe of Ukraine). *Biosystems Diversity*. 2023. Vol. 31 (2). P. 246–253. DOI: <https://doi.org/doi.org/10.15421/012327>.
  25. Káčáľková L., Tlustoš P. and Száková J. Phytoextraction of Risk Elements by Willow and Poplar Trees. *International Journal of Phytoremediation*. 2015. Vol. 17 (1–6). P. 414–421. DOI: <https://doi.org/10.1080/15226514.2014.910171>.
  26. Młeczek M., Gąsecka M. and Waliszewska B. *Salix viminalis* L. — a highly effective plant in phytoextraction of elements. *Chemosphere*. 2018. Vol. 212. P. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.055>.
  27. Barbosa B., Boléo S., Sidella S. et al. Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils Using the Perennial Energy Crops *Miscanthus* spp. and *Aruno donax* L. *Bioenergy Research*. 2015. Vol. 8 (4). P. 1500–1511. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9688-9>.
  28. Правила збереження та утримання полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення: постанова Кабінету Міністрів України від 22.07.2020 р. № 650. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-%D0%BF#Text>.
  29. Довідник з агролісомеліорації / за ред. П.С. Пастернака. Київ: Урожай, 1988. 288 с.

## REFERENCES

1. Pylypenko, O.I., Yukhnovskyi, V.Yu. (Ed.), Dudarets, S.M. & Maliuha, V.M. (2010). *Lisovi melioratsii: pidruchnyk [Forest reclamation: textbook]*. Kyiv: Agrarian Education [in Ukrainian].
2. Furdychko, O.I. (2014). *Ahroekolohiia: monohrafiya [Agroecology: monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
3. Furdychko, O.I. & Tymochko, I.Ya. (2020). Metodolohichni osnovy kontseptsii stvorennia stabilnoho ekolohichno stiikoho prostoru ahrolandshaftakh [Methodological bases of the concept creating a stable ecologically sustainable space in agrolandscapes]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 2, 60–66. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208809> [in Ukrainian].
4. Stadnyk, A.P. (2018). Optyimizatsiia struktury zakhysnykh lisovykh nasadzhenn ta yikh system v ahrolandshaftakh Ukrainy [Optimization of the structure of protective forest plantations and their systems in agricultural landscapes of Ukraine]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy — Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 70–80. DOI: <https://doi.org/10.15421/411808> [in Ukrainian].
5. Vysotska, N.Yu. et al. (2019). *Otsinka suchasnoho stanu zakhysnykh lisovykh smuh riznoho tsilovoho pryznachennia ta ob'ektiv lisovoi rekultyvatsii [Assessment of the current state of protective forest belts for various purposes and objects of forest reclamation]*. Kharkiv [in Ukrainian].
6. Solomakha, I.V. & Shevchyk, V.L. (2020). Syntaksonomiia polezakhysnykh lisovykh smuh Serednoho Prydniprov'ia [Syntaxonomy of Middle Dnieper windbreak forest strips]. *Chornomorski botanichniy zhurnal — Chornomorski botanical journal*, 16 (1), 40–54. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-1-2> [in Ukrainian].
7. Goncharenko, I., Solomakha, I., Shevchyk, V. et al. (2022). A phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 10 (2), 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2022-0009> [in English].
8. Solomakha, I.V., Tymochko, I.Ya., Postoienko, V.O. & Solomakha, V.A. (2022). Nektaronosni ta pylkonosni roslyny u lisovykh nasadzhenniakh Serednoho Lisostepovoho Prydniprov'ia [Nectaronous and pollonous plants in forest plantations of the Middle Forest-Steppe of Prydniprov'ia]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 38–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257124> [in Ukrainian].
9. Solomakha, I.V., Solomakha, V.A., Tymochko, I.Ya., Chornobrov, O.Yu. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2020). *Ekoloho-ekonomichni funktsii zakhysnykh lisovykh nasadzhenn u nadanni ekosystemnykh posluh (metodychni rekomendatsii) [Ecological and economic functions of protective forest plantations in the provision of ecosystem services (methodical recommendations)]*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Tymochko, I.Ya. (2021). Osoblyvosti rozpodilu nektaronosnykh ta pylkonosnykh roslyn u lisovykh nasadzhenniakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of distribution of nectaronous and pollinating plants in forest plantations of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 31–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252953> [in Ukrainian].
11. Shevchyk, V.L., Borysenko, M.M., Solomakha, I.V. & Solomakha, V.A. (2022). Osoblyvosti vykorystannia lisovykh nasadzhenn Serednoho Prydniprov'ia z uchastiu *Robinia pseudoacacia* yak syrovynnykh uhid dlia bdzhilnytstva [Peculiarities of the Middle Prydniprov'ia forest plantations use with the participation of *Robinia pseudoacacia* as raw material land for beekeeping]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317> [in Ukrainian].

12. Solomakha, I.V., Postoienko, D.V. & Solomakha, V.A. (2023). Polovi lisosmuhy Serednoho Lisostepovoho Prydniprovya yak syrovynni uhidnia dlia bdzhilnystva [Field Forest strips of the Middle Dnipro Area Forest-Steppe as raw areas for beekeeping]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 38–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276726> [in Ukrainian].
13. Solomakha, I.V., Sabluk, V.T., Gumentyk, M.Ya. & Solomakha, V.A. (2022). Osoblyvosti stvorennia shvydkoroslykh ta polifunktionalnykh nasadzen u lisostepovii zoni Ukrainy [Features of creating fast-growing and multifunctional field-protecting forest strips in the Forest-Steppe zone of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 6–15. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273244> [in Ukrainian].
14. Uryadovyy portal [Government portal]. (n.d.). URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/v-ukrayini-porahuyut-zbitki-derzhavnomu-lisovomu-fondu-takozh-privatnim-lisokoristuvacham-ta-koristuvacham-mislivskih-ugid-vnaslidok-zbrojnoyi-agresiyi-rf> [in Ukrainian].
15. Zavalova, L.V., Protopopova, V.V., Panchenko, S.M. et al. (2022). Synanthropizatsiia roslynnoho pokryvu Ukrainy unaslidok voiennykh dii [Synanthropization of vegetation cover of Ukraine as a result of military operations]. *Podolannia ekolohichnykh ryzykiv ta zahroz dlia dovkilla v umovakh nadzvychnykh sytuatsii [Overcoming environmental risks and threats to the environment in emergency situations]*. (pp. 31–52). Dnipro. DOI: <https://doi.org/10.23939/monograph2022> [in Ukrainian].
16. Yeremenko, N.S. (2017). Ruderalna roslynnist Ukrainy: stan doslidzhennia, problemy ta perspektyvy [Ruderal vegetation of Ukraine: state of research, problems and prospects]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal — Chornomorski botanical journal*, 13 (2), 134–151. DOI: <https://10.14255/2308-9628/17.132/1> [in Ukrainian].
17. Zemelnyi Kodeks Ukrainy [Land Code of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> [in Ukrainian].
18. Pro zatverdzhennia normatyviv hranychno dopustymykh kontsentratsii nebezpechnykh rehovyn u gruntakh, a takozh pereliku takykh rehovyn: Postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 15.12.2021 № 1325 [On the approval of standards for maximum permissible concentrations of hazardous substances in soils, as well as the list of such substances: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 12.15.2021 No. 1325]. (2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#n8> [in Ukrainian].
19. Salt, D.E., Smith, R.D. & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643–668 [in English].
20. Pulford, I.D. & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees — a review. *Environment International*, 29 (4), 529–540. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00152-6). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412002001526> [in English].
21. EPA (2000). Introduction to phytoremediation. Washington: U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-99/107 [in English].
22. Punshon, T., Dickinson, N.M. & Lepp, N.W. (1996). The potential of *Salix* clones for bioremediating metal polluted soil. In: Glimmerveen, I. (Ed.). *Heavy metals and trees*. Proceedings of a Discussion Meeting, Glasgow. Edinburgh: Institute of Chartered Foresters, 1996. P. 93–104 [in English].
23. Hauptvogel, M., Kotrla, M., Prčík, M. et al. (2020). Phytoremediation Potential of Fast-Growing Energy Plants: Challenges and Perspectives — a Review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (1), 505–516. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/101621> [in English].
24. Lovynska, V., Holoborodko, K., Ivanko, I. et al. (2023). Heavy metal accumulation by *Acer platanoides* and *Robinia pseudoacacia* in an industrial city (Northern Steppe of Ukraine). *Biosystems Diversity*, 31 (2), 246–253. DOI: <https://doi.org/doi.org/10.15421/012327> [in English].
25. Kacálková, L., Tlustoš, P. & Száková, J. (2015). Phytoextraction of risk elements by willow and poplar trees. *International Journal of Phytoremediation*, 17 (1–6), 414–421. DOI: <https://doi.org/doi.org/10.1080/15226514.2014.910171> [in English].
26. Mleczek, M., Gaśecka, M. & Waliszewska, B. *Salix viminalis* L. — a highly effective plant in phytoextraction of elements. *Chemosphere*, 212, 67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.055> [in Ukrainian].
27. Barbosa, B., Boléo, S., Sidella, S. et al. (2015). Phytoremediation of heavy metal contaminated soils using the perennial energy crop *Miscanthus* spp. and *Arun-do donax* L. *Bioenergy Research*, 8 (4), 1500–1511. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9688-9> [in English].
28. Pravyla zberezhennta ta utrymannia polezakhysnykh lisovykh smuh, roztashovanykh na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22.07.2020 № 650 [Rules for preservation and maintenance of field protection forest belts located on agricultural lands: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 22, 2020 No. 650]. (2020). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-2020-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
29. Pasternak, P.S. (Ed.). (1988). *Dovidnyk z ahrolisomelioratsii [Agroforestry-melioration handbook]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.10.2024

## МОНІТОРИНГ ПРОЯВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ЧЕРЕМСЬКОМУ ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ ТА АДАПТАЦІЯ ДО НИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

І.В. Шумигай<sup>1</sup>, П.М. Душко<sup>1</sup>, Н.М. Манішевська<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [innashum27@gmail.com](mailto:innashum27@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0432-2651  
e-mail: [pdushko@hotmail.com](mailto:pdushko@hotmail.com); ORCID: 0000-0002-1408-0342

<sup>2</sup>Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж  
Національного університету біоресурсів і природокористування України»  
(м. Боярка-2, Київська обл., Україна)  
e-mail: [manishevskan@ukr.net](mailto:manishevskan@ukr.net)

Сьогодні проблеми зміни клімату відчутні в усіх регіонах світу, зокрема й в Україні. Кліматичні зміни, можуть мати як глобальний, так і регіональний характер. Різні регіони нашої країни, можуть мати різні зміни клімату, від вираженого та стрімкого — до проявлення змін із меншою інтенсивністю. У статті висвітлено головні прояви регіональних кліматичних змін у сучасний період на тлі глобальних процесів зміни клімату. Так, кількість атмосферних опадів для території Черемського природного заповідника у Волинській обл. упродовж 2014–2023 рр. змінилося неістотно, але помітно змінився характер та інтенсивність їх випадання. Дані проведених багаторічних спостережень засвідчують, що кількість опадів зазнає певних коливань без вираженої тенденції зростання чи зменшення. Загалом, проблеми клімату є чинником, що визначає функціонування водних екосистем. Останніми роками Україна повною мірою відчула наслідки зміни гідрологічного режиму річок — зросла як кількість стихійних лих, так і витрати на ліквідацію їх наслідків. Моделювання водних екосистем є основою для розв'язання багатьох практичних завдань, пов'язаних із підвищенням продуктивності водойм, поліпшенням якості води в них та здійсненням водоохоронних заходів на водозбірних площах. Побудовано проєкції зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов у Волинській обл. у 2021–2100 рр. відносно сучасного кліматичного періоду й проведено оцінку значимості та ймовірності очікуваних змін. Згідно з результатами моделювання в майбутньому продовжуватиметься зростання температури та відбуватиметься зміна кількості опадів упродовж року. Підвищення температури і зміна режиму зволоження призведуть до зміни водного стоку річок України і, відповідно, водопостачання окремих регіонів. Тому адаптація до зміни клімату є не тільки соціальною, а й економічною необхідністю. Важливим механізмом адаптації в умовах зміни клімату є забезпечення спостережень для сучасного моніторингу і прогнозування гідрометеорологічних процесів.

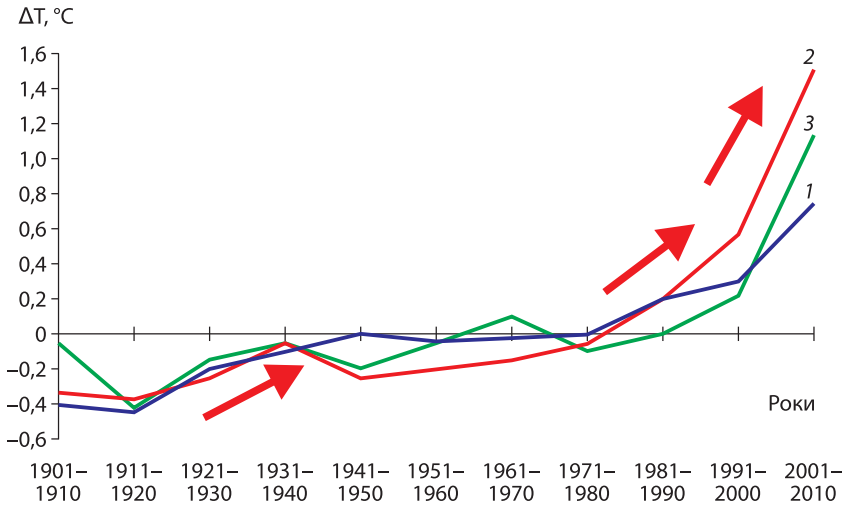
**Ключові слова:** перебудова погодно-кліматичних процесів, температура повітря, атмосферні опади, регіональна кліматична модель, проєкції зміни клімату, кліматичні періоди, прогноз тенденцій.

### ВСТУП

Клімат нині розглядається як особливо важливий природний ресурс, який приносить користь країнам там, де він сприятливий, і збитки — де несприятливий. Зміна клімату, що відбулася, наразі проявляється у вигляді потепління і, можливо, в майбутньому посилиться, що зумовить перерозпо-

діл цього природного ресурсу серед різних країн і народів [1].

На території України процес потепління досить активний. Регулярний моніторинг за температурою повітря із року в рік, в Україні з 1901 р., дає змогу зробити статистично обґрунтованою характеристику схожості вікового ходу річної глобальної і регіональної температур повітря (рис. 1).



**Рис. 1.** Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2010 рр. [2]

*Примітки:* \* по осі ординат наведена температура повітря у відхиленнях від кліматичної норми (1961–1990 рр.); \*\* по осі абсцис (роки з 1901 по 2013 рр.) – по десятиріччях; 1 – глобальна; 2 – регіональна (зона мішаних лісів, зона широколистяних лісів, лісостепова зона); 3 – степова зона.

На рис. 1 візуально чітко простежується зміна температури повітря за даними декількох часових періодів у ХХ–ХХІ ст. Перший етап активного глобального потепління в Україні розпочався з 1911 р. і досяг найбільшої інтенсивності в 30-х роках. Починаючи з 50-х років глобальний клімат перебував у відносному «спокої», а з 70-х років – процес потепління відбувався інтенсивніше. З 1991 р. спостерігалася активізація глобального й регіонального потепління. Щодо останніх десяти років ХХІ ст., простежується стрімке підвищення температури порівняно з усім попереднім періодом спостережень [2].

Як відомо, глобальні зміни клімату неоднаково проявляються у регіонах України, а їх вплив на стан довкілля стає дедалі відчутнішим і перетворюється на одну з ключових проблем. До основних наслідків змін клімату належить зміна гідрологічного режиму, кількості та якості водних ресурсів і забезпечення ними у різних галузях. Ці питання є актуальними в умовах існування дефіциту водних ресурсів [3].

**Мета роботи** присвячена питанням щодо моніторингу регіональних змін клі-

мату впродовж ХХІ ст., їх потенційного впливу на водні екосистеми Черемського природного заповідника (далі – Черемського ПЗ), найціннішого природоохоронного об'єкта Волинської обл., біота якого вже зазнає впливу, пов'язаного з наслідками перебудови погодно-кліматичних процесів, а також напрямам адаптації до зміни клімату на басейновому рівні.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання про зміну клімату привертало увагу багатьох дослідників ще за часів СРСР. Щодо України, то на цю проблему першим звернув увагу видатний метеоролог І.Є. Бучинський [4]. У 80-х рр. ХХ ст. за керівництва проф. К.Т. Логвинова [5] здійснювались дослідження щодо проблеми зміни клімату під впливом природних та антропогенних чинників регіонального й глобального масштабу, які, накладаючись один на одного підсилюють їхню дію. Крім того, також було розроблено методичні підходи щодо прогнозування змін клімату. Так, у своїх працях Брайян Фейген наводить результати, що були оприлюднені у

2001 р., пізніше опубліковано реконструкцію температур північної півкулі за останні 600, а надалі — 1000 років, скориставшись індикаторами, зокрема річними кільцями дерев, кернами льоду, а також показами інструментів за останні 150 років [6]. На сьогодні проблему зміни клімату досліджує велика кількість зарубіжних учених, серед яких К. Андерсон, Р. Бетс, Ф. Джонс, Д. Кейз, Дж. Крісті, Дж. Мітчел, В. Попе, І. Фунг, Г. Шельнхубер, Г. Шмідт.

Подальше поглиблення цього сценарію щодо прогнозу з урахуванням наявних коливань клімату до 2030 р. викладено у роботах М.Б. Барабаш, М.І. Кульбіді, Л.О. Єлістратової [7–9], впродовж 25 років (попередньо, кожні 5 років) здійснювали діагностичну оцінку змін клімату в Україні під впливом різних чинників.

У роботах В.Ф. Мартазінової та її учнів, зокрема О.К. Іванова, Д.Ю. Чайки, Т.О. Свєрдлик, В.А. Остапчук [10; 11], висвітлені причини, що пояснюють трансформацію клімату в Україні за різних чинників. Окрім того, проблему щодо прогнозних тенденцій змін у водних об'єктах в Україні досліджували численні закордонні вчені з Intergovernmental Panel on Climate Change [12; 13].

Щодо потенційного впливу кліматичних змін на природоохоронні території Волині зазначав С. Бойченко у своїй праці [14]. А детальний моніторинг наявних і потенційних екологічних проблем заповідних територій простежуються у певних працях В.В. Коніщука, Г.Й. Бумера, Ю.М. Возного, Б.Г. Проць та ін. [15–19], які проаналізували потребу й доцільність розширення гідроекологічного моніторингу у заповідниках у контексті змін клімату. Однак кліматичні особливості Черемського ПЗ та вплив на них регіональних змін клімату практично не досліджувалися.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосовували стандартну методологію обробки та аналізу архівної метеорологічної інформації. В результаті було розроблено та проаналізовано дані статистично-

графічного аналізу динаміки кліматичних показників у Черемському ПЗ (за архівною інформацією найближчої до території заповідника метеостанції Маневичі) впродовж 2014–2023 рр. Розглянуто такі метеорологічні параметри: середні, мінімальні й максимальні показники температури повітря та опадів. Було використано статистично-математичний метод, збудовано низку графіків та діаграм у програмі Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Черемський природний заповідник — це єдиний заповідник у Волинській обл., був утворений у 2001 р. на основі низки природоохоронних об'єктів, що вже існували: Черемського державного заказника і трьох місцевих заказників: орнітологічного, загально-зоологічного та ботанічного. З 1978 р. частина цієї території була заказником із найбільшим на Волині збереженим неосушеним болотом [15].

Особливістю географічного положення є те, що по Черемському болотному масиву в східній частині проходить слабо виражена лінія вододілу між річками Стохід і Веселуха. Річки зазначеного регіону мають спокійну течію, незначний вріз русел (5–10 м), переважаю в четвертинні утворення, і слабо виражені, переважно не сформовані до кінця долини, зі значним заболоченням, заплави і надзаплавні тераси яких поступово переходять у рівнину [20].

Територія Черемського ПЗ має помірно континентальний клімат із позитивним балансом вологи і західним перенесенням повітряних мас. Кліматичні особливості цього регіону характерні для Волинського Полісся, зони мішаних хвойно-широколистяних лісів, із притаманною м'якою зимою, нестійкими морозами, теплим літом і значною кількістю опадів [15].

За даними Маневичької метеостанції, найнижча середньомісячна температура повітря (–3,5°C) буває в січні. Найтеплішим місяцем є липень (+20,0°C). У Волинській обл. для Маневичького р-ну притаманні найвищі суми опадів. Цьому сприяють місцеві мікрокліматичні чинники: висока за-



лісненість території (57%) та прикордонне розташування Рівненської АЕС (на сході), в результаті діяльності якої виділяється велика кількість водяної пари, що підвищує ймовірність опадів навколо [21].

Однак в останні десятиліття такий типовий хід кліматичних процесів порушується за впливу глобальних змін клімату. Проаналізуємо детальніше, які саме зміни відбулися на цій території.

Перший етап дослідження ґрунтувався на моніторингу росту середньої за рік та місяць приземної температури повітря у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр. (рис. 2).

Цей аналіз засвідчив, що показники максимальної та мінімальної температури повітря в регіоні за останні десять років збільшилися на  $1,0^{\circ}\text{C}$ , які практично не викликають сумнівів. До того ж найбільший ріст максимальної температури відмічається влітку ( $1,5^{\circ}\text{C}$ ), з максимумом ( $2,0^{\circ}\text{C}$ ) у липні, а мінімальної – взимку ( $1,5^{\circ}\text{C}$ ) з максимумом ( $2,6^{\circ}\text{C}$ ) у січні. Навесні середня максимальна температура зросла на  $1,0^{\circ}\text{C}$ , а мінімальна – на  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Восени екстремальна температура повітря змінилась неістотно ( $0,5^{\circ}\text{C}$  відповідно), крім того, зростання мінімальної температури було більш істотно, ніж максимальної.

Зміни клімату стосуються не тільки температури, значної уваги потребує моніторинг за атмосферними опадами, адже очікується, що в деяких частинах країни річний рівень опадів у довгостроковій перспективі знизиться, а посушливість зросте.

Зміна кількості опадів, що випадають в області щороку малоімовірна. Аналіз динаміки атмосферних опадів упродовж останніх років за даними гідрометеорологічної станції регіону довів, що, попри наявність окремих маловодних років, середня річна кількість опадів збільшилася на 20–45 мм, що становить 3–10% від кліматичної норми. Однак середня місячна кількість опадів має дуже високу варіабельність. Збільшення кількості опадів спостерігається у січні, травні, липні. В інші місяці року кількість опадів зменшується (істотно – у лютому, червні, вересні) (рис. 3).

Спираючись на викладене вище, зазначаємо, що глобальна температура зростає, а характер опадів стає дедалі більш непередбачуваним. Очікується, що ці тенденції будуть проявлятися впродовж найближчих десятиліть.

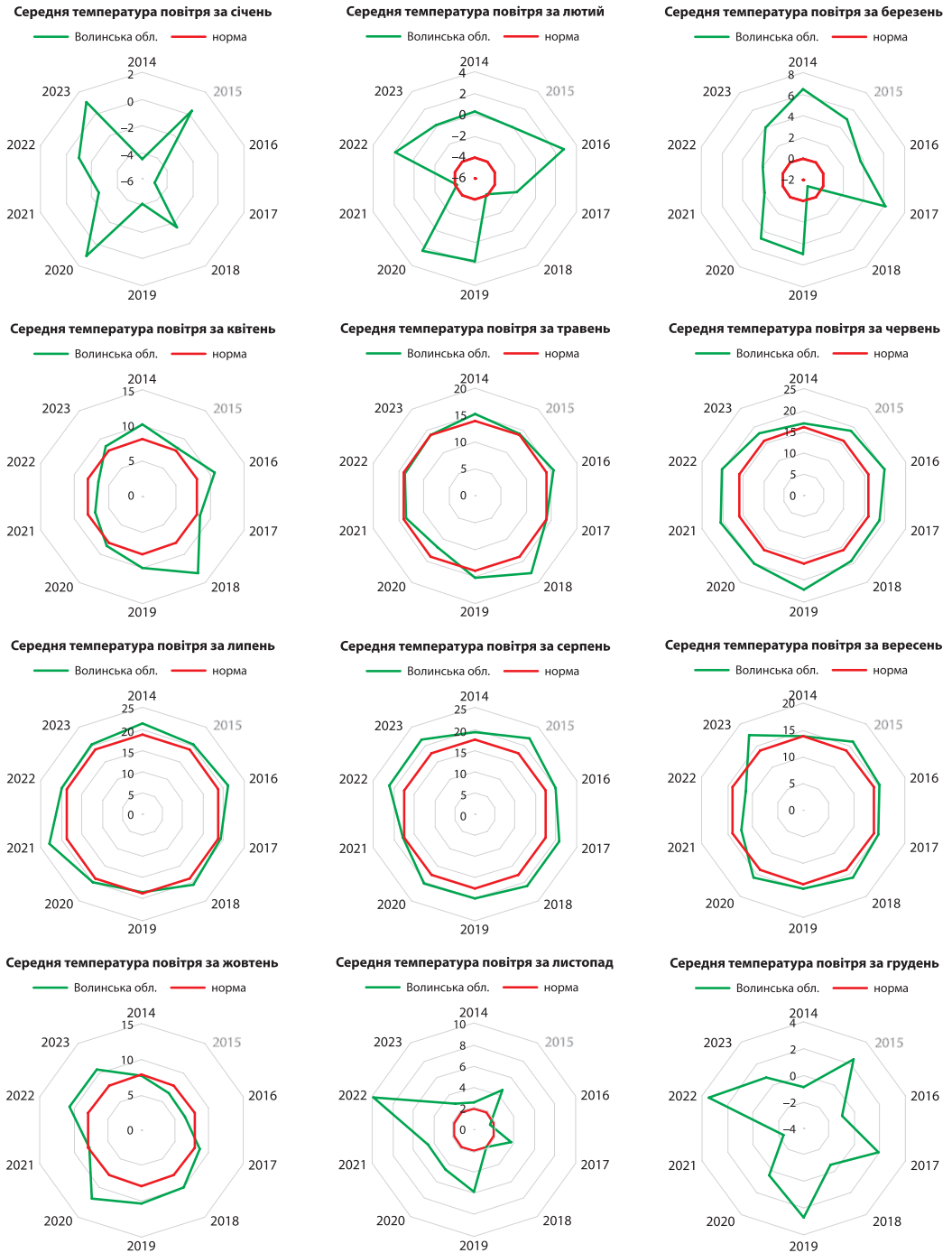
Окрім того, останнім часом особливо значення набула проблема збереження водних ресурсів України, яка є однією з малозабезпечених водними запасами серед низки країн. Така ситуація вимагає повсякденної кваліфікованої роботи гідроекологів, спрямованої на пошук та практичне застосування науково обґрунтованих методів раціонального використання і охорони водних ресурсів країни [22].

На другому етапі виникла необхідність надати оцінку змін водних ресурсів за проєкціями кліматичних регіональних сценаріїв.

Для оцінки можливих змін регіонального клімату можна використати результати моделювання водних екосистем. Останні є основою для вирішення багатьох практичних завдань, пов'язаних із підвищенням продуктивності водойм, поліпшенням якості води в них та здійсненням водоохоронних заходів.

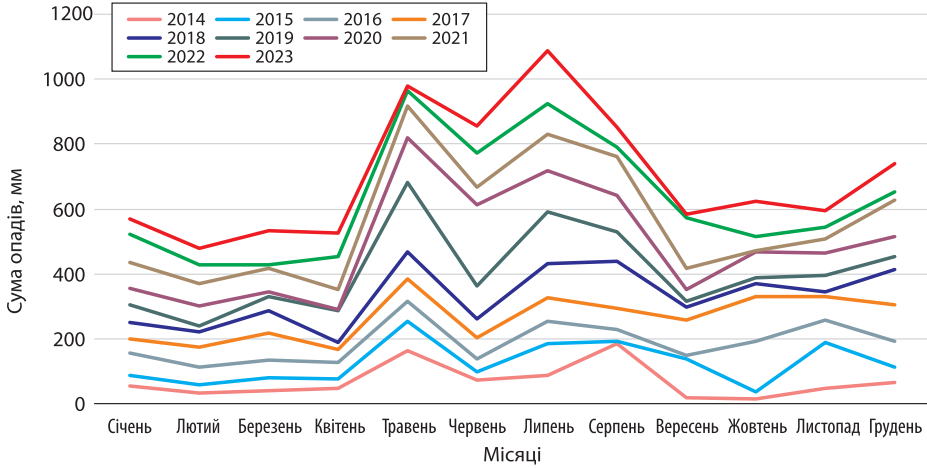
На основі регіональної моделі «клімат-стік», яка використовувалася для визначення стану водних ресурсів за сценаріями кліматичних змін із середини 90-х років ХХ ст., побудована проєкція зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов у багатьох регіонах країни, зокрема Волинській обл. на період 2021–2100 рр. Відповідно до цієї проєкції [23] до кінця ХХІ ст. у Волинській обл. можливо очікувати підвищення температури повітря впродовж усього року в середньому на  $+3,2^{\circ}\text{C}$  (рис. 4). Результати моделювання свідчать, що найбільший ріст можливий взимку та восени. До того ж зростання мінімальної температури взимку буде більшим ніж максимальної ( $1,4$  та  $1,1^{\circ}\text{C}$  відповідно), хоча впродовж останніх двох десятиріч вона не змінювалась, а в деяких районах області відмічалась тенденція до її зниження.

Далі розглянуто основні кліматичні показники, які можуть істотно впливати



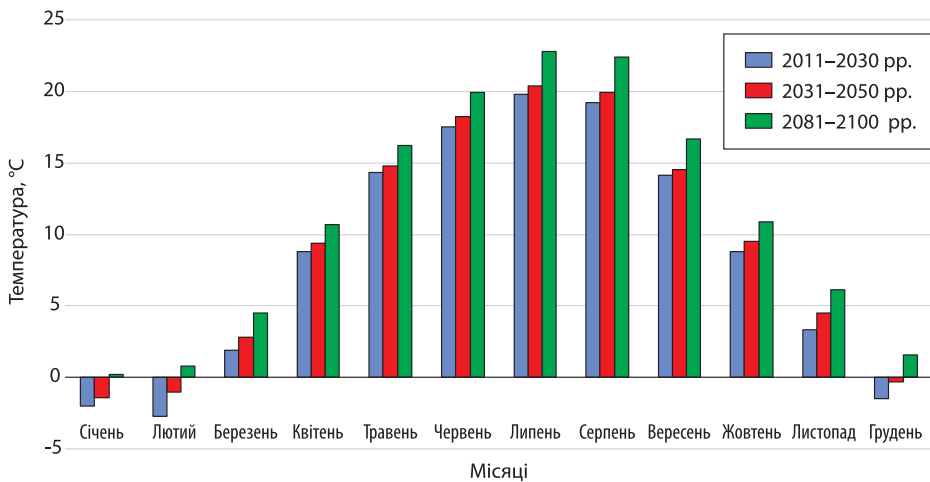
**Рис. 2.** Динаміка щомісячної середньої температури у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр.

*Примітка:* розроблена авторами на основі [21].



**Рис. 3.** Динаміка суми опадів у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр.

*Примітка:* розроблена авторами на основі [21].



**Рис. 4.** Проекції середньої річної температури на території Волинської обл. у три прогнозні періоди до кінця XXI ст.

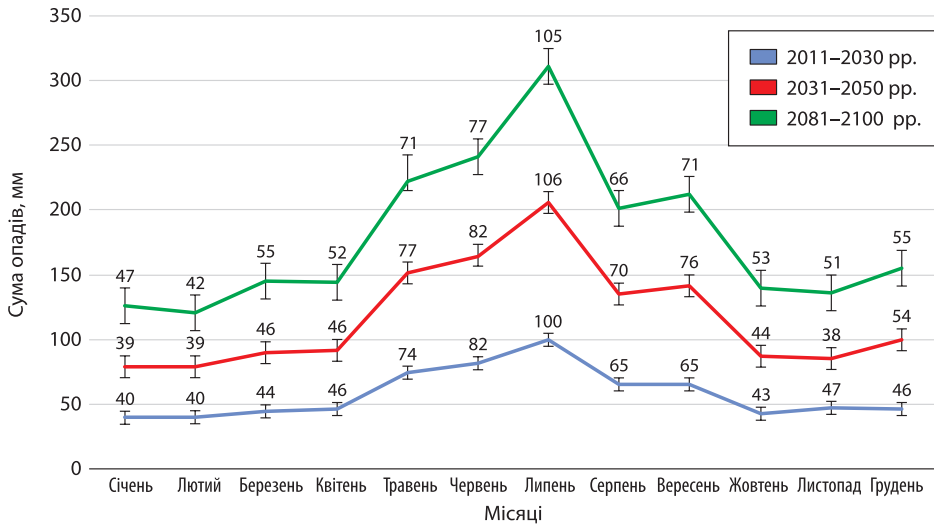
*Примітка:* розроблена авторами на основі [23].

на зменшення водності екосистем, їх мінливість у часовому та регіональному просторі.

На *рис. 5* показано річний хід кількості опадів у три прогнозні періоди.

Згідно з даними Українського гідрометеорологічного інституту [24], у період найближчого майбутнього (див. *рис. 5*) очікуються зміни місячних сум опадів різ-

них знаків як у сезонному ході, так і у просторовому вимірі. Основним наслідком трансформації сезонного ходу є зменшення літніх максимумів і кількості опадів у теплий період, а також збільшення та перерозподіл кількості опадів у холодний період унаслідок зростання сум у грудні–січні і зменшення у жовтні й листопаді. Втім, навіть за умови збереження річної кількості



**Рис. 5.** Проекції суми опадів на території Волинської обл. у три прогностичні періоди до кінця XXI ст.

*Примітка:* розроблена авторами на основі [24].

опадів на рівні попереднього періоду, чи їх незначного збільшення, вагомим чинником зменшення водності є випаровуваність.

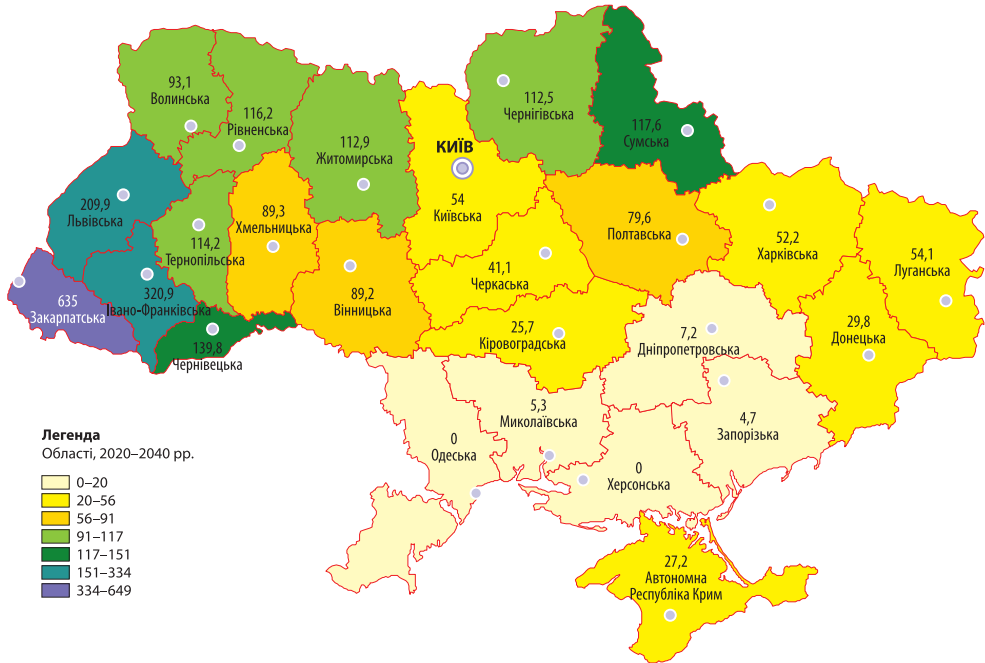
Загалом, аналіз змін кліматичних чинників та узагальнення результатів моделювання за найімовірнішими сценаріями дає змогу зробити такі висновки щодо кількісних та якісних змін водних ресурсів на території України.

Для водних екосистем України, зокрема у Волинській обл., імовірна зміна об'єму і сезонного розподілу стоку є одним із критичних наслідків зміни клімату. Як відомо, водно-тепловий баланс річкових басейнів є надто чутливим до кліматичних змін. Підвищення температури повітря та зміна характеру випадання опадів впливають не тільки на гідрологічний режим річок, а й на загальні запаси водних ресурсів. Це є серйозною загрозою для стабільності акумульованих запасів води у ставках. На базі результатів прогнозування кліматичних показників із використанням регіональної моделі REMO і водно-балансової моделі, запропонованої фахівцями Міжурядової групи зі зміни клімату (МГЕЗК) С.В. Сніжком та ін. [25], виконано розрахунки прогностичних характеристик водного стоку для

території України в XXI ст. та встановлено, що впродовж нинішнього століття для більшості адміністративних областей країни спостерігатиметься зменшення поверхневого водного стоку, що пов'язано з потеплінням (підвищенням приземних температур повітря, і збільшенням випаровуваності) і зменшенням кількості атмосферних опадів (рис. 6).

Особливої уваги потребують водні ресурси малих річок, водний стік яких поступово зменшується, а з середини століття може зовсім припинитися. Так, зниження середньої багаторічної величини річного стоку на 10% супроводжується значними змінами водних ресурсів, на 50% – їх руйнування (на 70% – безповоротне). Найбільший ризик від зміни клімату може виникнути за пошкодження водних ресурсів на 50% (коефіцієнти кліматичного ризику найбільші у цьому випадку). У маловодні і дуже маловодні роки ризик зменшення стоку річок до нуля (висихання) зростає у 5 разів [26].

З очікуваними змінами стоку пов'язано і можливе погіршення якості води. У разі зниження середнього і мінімального стоку до середини століття можна очікува-



**Рис. 6.** Розподіл прогнозованих водних ресурсів у 2021–2040 рр. за адміністративними областями України (середній шар стоку за багаторічний період, мм) [25]

ти загального погіршення якості води за рахунок зниження здатності водотоків до розбавлення, особливо на малих річках, де зниження припливу не може бути компенсовано попусками з водосховищ. Підвищення температури води, зниження швидкості течії і водообміну неминуче призведуть до зменшення вмісту кисню і активізації несприятливих внутрішніх процесів у водоймах. Інтенсифікація опадів і паводків та підвищення температури взимку також можуть зумовити додаткове потрапляння у воду забруднювальних речовин із дощовим і сніговим стоком.

Під впливом кліматичних змін відбувається також спрощення структури угруповань гідробіонтів, скорочення їх видового різноманіття та чисельності популяцій багатьох видів аж до зникнення рідкісних, зниження вмісту кисню і біогенне забруднення водойм за рахунок масового розмноження водоростей («цвітіння води»).

Зміна температурного режиму і пов'язаної з ним динаміки гідрологічних про-

цесів є одним з важливих чинників перетворення іхтіофауни. Підвищення температури води може негативно позначитися на розмноженні і розвитку багатьох видів риб — особливо рідкісних (наприклад, зниклого холодолюбного чорноморського лосося) — з одночасною появою теплолюбних видів-оселенців (наприклад, золотої рибки і амурського чебачка). Обмілінням і скороченням площі плавневих озер у період посушливих років, що почастішали, пояснюють зниження чисельності фітофільних видів — плітки, коропа, карася та деяких інших [27; 28].

Однак на момент настання цих змін уже можливо не залишитися ані часу, ані ресурсів для адаптації до них. Тому в сучасний період потрібно планувати адаптацію не лише до очікуваних напрямів зміни клімату, а й до високої, як і раніше, невизначеності оцінок цих тенденцій. Останнє потребує як вищої гнучкості схем адаптації порівняно з традиційними підходами (наприклад, зміщення акценту із суто інженер-



ного захисту від паводків до відновлення природних річкових русел і заплав), так і постійної уваги до організації й удосконалення моніторингу гідрометеорологічних процесів та ознак впливу зміни клімату на природу й економіку.

Наразі адаптаційні групи заходів слід неодмінно якнайширше впроваджувати на всіх рівнях задля зменшення впливу зміни клімату, а саме на:

- зниження збитків від екстремальних паводків;
- зниження збитків від зменшення стоку;
- зниження збитків від погіршення якості води;
- підвищення стійкості водних і навколоводних екосистем;
- загальних заходів з адаптації до зміни клімату в басейні.

Частина зазначених заходів сформульована і має виконуватися у рамках національних, регіональних і галузевих програм.

Більшість програм призначена для розвитку відповідних галузей і напрямів на рівні країни (охорона навколишнього середовища, водне господарство, реагування на надзвичайні ситуації) або ділянок басейну (наприклад, плани та схеми захисту від паводків і експлуатації водогосподарських споруд). Як наслідок, такі програми зазвичай недостатньо враховують транскордонні інтереси басейну загалом, а також існуючі та прогнозовані кліматичні тенденції. Схожим чином і національні та галузеві плани й програми адаптації до зміни клімату не в змозі врахувати інтереси басейну як транскордонної системи.

Тому, важливе завдання адаптації на рівні басейну полягає у забезпеченні урахування загальнобасейнових інтересів зміни ступеня ризику, пов'язаного зі зміною клімату, в рамках існуючих механізмів і процесів, що мають власні цілі, відмінні від адаптації даного басейну [28; 29].

Інше важливе завдання — виявити і стимулювати пакет дій, виконання яких безпосередньо сприятиме підвищенню стійкості та адаптації басейну до зміни клімату. Особливу роль в обох випадках відіграють дії,

які можуть виконуватися з використанням наявних і перспективних механізмів басейнової координації та співробітництва.

Басейн починається із струмка, закінчується гирлом, а між ними — незліченна кількість приток і рукавів, боліт та стариць, сіл і міст, багато з яких сильніше за інших зазнають впливу зміни клімату. До них належать екосистеми дельти Дніпра, до яких і була спрямована перша адресна допомога. Щоб підвищити стійкість заплавної луг дельти до несприятливих умов, необхідно забезпечити обмін водою між ними і руслом Дніпра через численні канали — «єрики», які заросли очеретом і постійно забиваються мулом у сезон «великої води». Їх очищення буде одним із результатів проекту [28; 29].

Більш сильні повені в майбутньому завдадуть шкоди передусім майну, здоров'ю і життю людей. Служби з надзвичайних ситуацій допомогли підготувати життєво важливу інформацію про те, як запобігти й зменшити збитки від паводків, і донести її різними мовами до міст, сіл та жителів басейну. Для кількох ділянок, що особливо потерпають від повеней басейну, вперше були складені мапи зон затоплення під час паводків і оцінено їх розширення з урахуванням зміни клімату. Водночас фахівці вивчають можливість створення на затоплених ділянках штучних нерестовищ.

Першочергові дії учасниками проекту ENVSEC (Environment and Security Initiative — Ініціатива з довкілля та безпеки) були спрямовані на роботу в межах басейну загалом як з єдиною екологічною, гідрологічною і водогосподарською системою. Насамперед це — зміцнення спільної інформаційної бази [28; 29].

Крім того, важливим аспектом також існують природоорієнтовані рішення (ПОР), які допомагають боротися зі зміною клімату завдяки захисту, сталого управління і відновлення природних екосистем. Це, наприклад, створення лісосмуг, відновлення боліт чи річок.

І, нарешті, майбутнє басейну — це спільне майбутнє наших дітей, які мешкають у країні. Результат підтримки у рамках

ENVSEC — творчий конкурс «Акварелі Дністра», що став вже традиційним і щороку надихає школярів України та Молдови замислитися про життя річки. Проза й поезія, живопис і фотографія допомагають об'єднати країни й міста та зміцнити клімат співпраці у басейні, коли клімат глобальний створює нові проблеми [28–30].

Зважаючи на це, підкреслюємо, що прогнозоване потепління та його наслідки можуть мати загрозливий екологічний вплив на екосистеми, зокрема на водні. Тому і наведені вище оцінки майбутнього клімату та екосистем відображають лише основні тенденції можливих змін, але не вичерпують усього їх різноманіття і реального майбутнього. Невизначеність оцінок зміни клімату збережеться в перспективі і, в кращому випадку, лише частково знижуватиметься із накопиченням нових знань і подальшим розвитком подій і змін.

## ВИСНОВКИ

На сьогодні кліматичні зміни в Україні не є істотними, але зміни впродовж ХХІ ст. будуть посилюватися та впливатимуть на різні галузі. Особливо відчутним це буде для водних ресурсів.

Досліджено закономірності зміни кліматичних чинників та встановлено їх функціональний зв'язок із водними екосистемами на основі аналізу та обробки даних багаторічних спостережень, що дає змогу прогнозувати процес формування природно-техногенних впливів із врахуванням глобальних кліматичних змін.

Зміна клімату, яка спостерігається в Україні, відбувається і в Черемському

природному заповіднику (Волинська обл.). Упродовж останніх десятиріч у регіоні істотно змінився термічний режим. Моделювання клімату до кінця ХХІ ст. на досліджуваній території свідчить про те, що зростання температури повітря загалом й надалі триватиме, до того ж найбільші зміни можливі взимку та восени. Подальша зміна кількості опадів протягом року сприятиме зміщенню кліматичних сезонів та зміни водних ресурсів місцевого стоку тощо.

Аналіз змін кліматичних чинників та узагальнення результатів моделювання за найбільш імовірними сценаріями дає можливість зробити такі висновки щодо кількісних та якісних змін водних ресурсів на території України.

До середини ХХІ ст. ресурси зволоження мають зменшуватися у середньому на 15%. Негативний вплив наслідків зміни клімату знижуватиметься у західному й північно-західному напрямках на 30–40%.

Сьогодні ж першочергове значення для адаптації має подальша автоматизація моніторингу, удосконалення гідрологічного прогнозування і поліпшення обміну даними.

Перспектива подальшого дослідження у цьому напрямі полягає у більш детальному вивченні регіонального прояву зміни клімату Волинської обл., зокрема у Черемському ПЗ і насамперед у розкритті їх особливостей на території регіону, визначенні механізмів, які зумовлюють виявлення змін клімату та дослідження зміни атмосферних процесів у цьому районі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко С.М., Польовий А.М., Школьнік Є.П. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Одеса, 2011. 697 с.
2. Лялько В.І., Єлістратова Л.О., Кульбіда М.І. та ін. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ–початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. Вип. 6. С. 33–63.
3. Ромашенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П. та ін. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>.
4. Бучинский И.Е. О колебаниях климата на Украине: лекции. Киев, 1968. 28 с.
5. Логвинов К.Т., Барабаш М.Б. Исследование периодических изменений температур воздуха и осадков на Украине. *Тр. УкрНИГМИ*. 1987. Вип. 224. С. 71–76.
6. Fagan Brian. The Great Warming Climate change and the rise and fall of civilizations. Kyiv, 2013. 272 p.

7. Барабаш М., Ткач Л. Сценарії режиму температури повітря в перші десятиріччя XXI ст. за фізико-географічними зонами України. *Водне господарство*. 2005. № 3. С. 47–54.
8. Клімат України: у минулому...і майбутньому? / за ред. М.І. Кульбіди, М.Б. Барабаш. Київ: Сталь, 2009. 234 с.
9. Кульбіда М.І., Барабаш М.Б., Єлістратова Л.О. Сучасний стан клімату України. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. *Зб. наук. пр. УкрНДІЕП*. 2013. Вип. 35 С. 118–131.
10. Мартазінова В.Ф., Іванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменение крупномасштабной циркуляции атмосферы на протяжении XX в. и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. *Геофізичний журнал*. 2006. Т. 28. № 1. С. 51–60.
11. Мартазінова В.Ф., Остапчук В.В. Особенности тропосферных и стратосферных атмосферных процессов при резких потеплениях и похолоданиях на территории Украины в теплый период года. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2001. Вип. 249. С. 24–34.
12. Fernandes Cavalcante V., Da Costa Flach B., Athapazio de Cerqueira Gatti M. et al. System, method and program product for flood aware travel routing. *International Business Machines Corporation, Armonk, NY (US)*. 2011. Vol. 13/290. P. 334.
13. Moss I. and Tremblay R. System and method for prediction flooding. Insurance bureau of Canada. PCT/CA2012/050772.
14. Бойченко С., Гаврилюк Р., Гусев О. та ін. Зміни довкілля сфери Полісся: аспекти впливу антропогенних та кліматичних чинників. *Екологічний вісник*. 2010. № 3. С. 43–50.
15. Конішук, В.В. Еколого-економічні передумови розширення Черемського природного заповідника та створення національного парку «Західне Побужжя». *Екологічний вісник*. 2010. № 3. С. 28–29.
16. Конішук В.В., Пашук С.І. Перлина Волинського Полісся. Луцьк, 2003. 28 с.
17. Бумар Г. Скарби Поліського природного заповідника. *Країна знань*. 2011. № 8. С. 24–27.
18. Возний Ю.М., Боровка В.П., Демченко В.О., Коломійчук В.П. Радіаційне забруднення територій природного заповідника «Древлянський», його екологічні та соціальні наслідки. *Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся та суміжних територій (до 30-ї річниці аварії на ЧАЕС)*: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (20–22 квіт. 2016 р.). Ніжин, 2016. С. 87.
19. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними / за ред. Б.Г. Проць, І.Б. Іваненко, Т.С. Ямелинець, Е. Станчу. Львів: Гриф Фонд, 2010. 92 с.
20. Лопоха М.І., Федонюк В.В. Можливості організації системи гідроекологічного моніторингу в Черемському природному заповіднику. *Студентський науковий вісник. Сер.: природничі та технічні науки*. 2019. № 33. С. 255–262.
21. Кліматичні дані по смт. Маневичі. URL: [https://meteo.gov.ua/ua/33182/climate/climate\\_station/17/](https://meteo.gov.ua/ua/33182/climate/climate_station/17/).
22. Якимчук В.Г. Імітаційне математичне моделювання гідроекологічного моніторингу водних ресурсів з використанням космічних знімків Землі. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2022. № 9 (2). С. 37–42. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.2.211>.
23. Краковська С.В., Ганатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Паламарчук Л.В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. № 268. С. 33–44.
24. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В. та ін. Зміни поля опадів в Україні у XXI ст. за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2017. № 4 (64). С. 62–74.
25. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту). Київ: Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021. 68 с.
26. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіз. доп. / за ред. С.П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
27. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ, 2014. 70 с.
28. Стратегічні напрями адаптації до зміни клімату в басейні Дністра. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/d/3/20221.pdf>.
29. Яковщина Т.Ф. Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоекосистеми: навч. посіб. Дніпро: ПДАБА. 2023. 109 с.
30. Шумигай І.В., Конішук В.В. Природоорієнтовані рішення в Україні — аспект адаптації до змін клімату. *Problems of Emergency Situations*: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 16 травн. 2024 р.). Харків: Нац. ун-т цивільного захисту. С. 342–344. URL: <http://pb.nuczu.edu.ua/images/ppnp/naukovadijalnist/PES-2024.pdf>.

## REFERENCES

1. Stepanenko, S.M., Polovy, A.M. & Shkolny, E.P. et al. (2011). *Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on the branches of the Ukrainian economy]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Lyalko, V.I., Yelistratova, L.O. & Kulbida, M.I. et al. (2015). Parnykovyy efekt i zminy klimatu v Ukraini: otsinky ta naslidky. Osoblyvosti zmin klimatu v Ukraini na kinets' XX — pochatok XXI st. za nazemnymu ta sputnykovymu danymy [The greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences. Features of climate changes in

- Ukraine at the end of the 20<sup>th</sup> and beginning of the 21<sup>st</sup> centuries by ground and satellite data]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli — Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 6, 33–63 [in Ukrainian].
3. Romaschenko, M.I., Gusev, Yu.V. & Shatkovsky, A.P. et al. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of modern climate changes on water resources and agricultural production]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo — Reclamation and water management*, 1, 5–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].
  4. Buchynsky, I.E. (1968). *O kolebaniyakh klimata na Ukraine: Lektsii [On climate fluctuations in Ukraine: Lectures]*. Kyiv [in Russian].
  5. Logvinov, K.T. & Barabash, M.B. (1987). Issledovaniye periodicheskikh izmeneniy temperatur vozdukhа i osadkov na Ukraine [Study of periodic changes in air temperatures and precipitation in Ukraine]. *Tr. UkrNIGMI — Tr. UkrNIHMI*, 224, 71–76 [in Russian].
  6. Fagan, Brian. (2013). The Great Warming Climate change and the rise and fall of civilizations. Kyiv [in English].
  7. Barabash, M. & Tkach, L. (2005). Stsenariyi rezhymu temperatury povitrya v pershi desyatyrychchya XXI st. za fizyko-heorafichnyimi zonamy Ukrainy [Scenarios of the air temperature regime in the first decades of the 21<sup>st</sup> century by physical and geographical zones of Ukraine]. *Vodne hospodarstvo — Water management*, 3, 47–54 [in Ukrainian].
  8. Kulbida, M.I. & Barabash, M.B. (Ed.). (2009). *Klimat Ukrainy: u mynulomu...i maybutnomu? [Climate of Ukraine: in the past...and in the future?]*. Kyiv [in Ukrainian].
  9. Kulbida, M.I., Barabash, M.B. & Yelistratova, L.O. (2013). Suchasny stan klimatu Ukrainy [The current climate of Ukraine]. *Problemy okhorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha ta ekolohichnoyi bezpeky: Zbirnyk naukovykh prats UkrNDHMI — Problems of environmental protection and environmental safety: Collection of scientific works UkrNDGMI*, 35, 118–131 [in Ukrainian].
  10. Martazinova, V.F., Ivanova, E.K. & Chaika, D.Yu. (2006). Izmeneniye krupnomasshtabnoy tsirkulyatsii atmosfery na protyazhenii XX v. i yeye vliyaniye na pogodnyye usloviya i regional'nyu tsirkulyatsiyu vozdukhа v Ukraine [Changes in large-scale atmospheric circulation throughout the 20<sup>th</sup> century and its impact on weather conditions and regional air circulation in Ukraine]. *Heofizychnyy zhurnal — Geophysical journal*, 28, 1, 51–60 [in Russian].
  11. Martazinova, V.F. & Ostapchuk, V.V. (2001). Osobennosti troposfernykh i stratosfernykh atmosferynykh protsessov pri rezkikh potepeleniyakh i pokholodaniyakh na territorii Ukrainy v tepley period goda [Features of tropospheric and stratospheric atmospheric processes during sudden warming and cooling on the territory of Ukraine during the warm period of the year]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UkrNDGMI*, 249, 24–34 [in Russian].
  12. Fernandes, Cavalcante, V., Da Costa Flach, B. & Athanzio de Cerqueira, Gatti M. et al. (2011). System, method and program product for flood aware travel routing. *International Business Machines Corporation*, 13, 290–334 [in English].
  13. Moss, I. & Tremblay, R. (2012). System and method for predication flooding. Insurance bureau of Canada. PCT/CA2012/050772 [in English].
  14. Boychenko, S., Gavrilyuk, R. & Gusev, O. et al. (2010). Zminy dovkilnoyi sfery Polissya: aspekty vplyvu antropohennykh ta klimatychnykh chynnykiv [Changes in the environment of Polissia: aspects of the influence of anthropogenic and climatic factors]. *Ekolohichnyy visnyk — Ekolohichny visnyk*, 3, 43–50 [in Ukrainian].
  15. Konishchuk, V.V. (2010). Ekoloho-ekonomichni peredumovy rozshyrennya Cheremskoho pryrodnoho zapovidnyka ta stvorennya natsionalnoho parku «Zakhidne Pobuzhzhya» [Ecological and economic prerequisites for the expansion of the Cheremsk Nature Reserve and the creation of the «Western Pobuzhzhya» national park]. *Ekolohichnyy visnyk — Ekolohichny visnyk*, 3, 28–29 [in Ukrainian].
  16. Konishchuk, V.V. & Pashchuk, S.I. (2003). *Perlyna Volynskoho Polissya [The pearl of Volhynia Polissia]*. Lutsk [in Ukrainian].
  17. Bumar, H. (2011). Skarby Poliskoho pryrodnoho zapovidnyka [Treasures of the Polissky Nature Reserve]. *Krayina znan — Country of knowledge*, 8, 24–27 [in Ukrainian].
  18. Vozniy, Yu.M., Borovka, V.P., Demchenko, V.O. & Kolomyichuk, V.P. (2016). Radiatsiynye zabrudnennya terytoryi pryrodnoho zapovidnyka «Drevlyanskyi», yoho ekolohichni ta sotsial'ni naslidky [Radiation contamination of the territories of the «Drevlyanskyi» nature reserve, its ecological and social consequences]. *Suchasni ekolohichni problemy Ukrayinskoho Polissya ta sumizhnykh terytoryi (do 30 richnytsi avariya na CHAES): materialy Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi [Contemporary environmental problems of Ukrainian Polissia and adjacent territories (to the 30<sup>th</sup> anniversary of the accident at the Chernobyl nuclear power plant): materials of the International Scientific and Practical Conference]*. (pp. 87) [in Ukrainian].
  19. Prots, B.G., Ivanenko, I.B., Yamelinets, T.S. & Stanchu, E. (Eds.). (2010). *Ekspres-otsinka stanu terytoryi pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy ta vyznachennya pryoritetiv shchodo upravlinnya nymy [Express assessment of the state of the territories of the Nature Reserve Fund of Ukraine and determination of priorities for their management]*. Lviv: Griff Fund [in Ukrainian].
  20. Lopokha, M.I. & Fedonyuk, V.V. (2019). Mozlyvosti orhanizatsiyi systemy hidroekolohichnoho monitorynhu v Cheremskomu pryrodnomu zapovidnyku [Possibilities of organizing a system of hydro-ecological monitoring in the Cheremsk Nature Reserve]. *Studentskyi naukovyy visnyk. Seriya: pryrodnychi ta tekhnichni nauky — Student Scientific Bulletin. Series: natural and technical sciences*, 33, 255–262 [in Ukrainian].
  21. Klimatychni dani po smt. Manevychi [Climatic data for the village Manevichi]. (n.d.). URL: [2024 • № 4 • АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ](https://me-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

- teo.gov.ua/ua/33182/climate/climate\_station/17/ [in Ukrainian].
22. Yakymchuk, V.H. (2022). Imitatsiynе matеmatychnе modelyuvannya hidroekolohichnoho monitorynhu vodnykh resursiv z vykorystannyam kosmichnykh znimkiv Zemli [Simulation mathematical modeling of hydroecological monitoring of water resources using space images of the Earth]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli — Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 9, 37–42. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.2.211> [in Ukrainian].
  23. Krakowska, S.V., Ganatiuk, N.V., Shpital, T.M. & Palamarchuk, L.V. (2016). Proektsiyni zmin pryzemnoyi temperatury povitrya za danyymi ansamblyu rehional'nykh klimatychnykh modeley u rehionakh Ukrayiny v XXI stolitti [Projections of changes in surface air temperature according to the ensemble of regional climate models in the regions of Ukraine in the 21<sup>st</sup> century]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UkrNDGMI*, 268, 33–44 [in Ukrainian].
  24. Krakowska, S.V., Palamarchuk, L.V. & Hnatyuk, N.V. et al. (2017). Zminy polya opadiv v Ukrayini u XXI st. za danyymi ansamblyu rehional'nykh klimatychnykh modeley [Changes in the precipitation field in Ukraine in the 21<sup>st</sup> century according to the ensemble of regional climate models]. *Heoinformatyka — Geoinformatics*, 4 (64), 62–74 [in Ukrainian].
  25. Snizhko, S., Shevchenko, O. & Didovets, Yu. (2021). Analiz vplyvu klimatychnykh zmin na vodni resursy Ukrayiny (povnyy zvit za rezultatamy proektu) [Analysis of the impact of climate change on water resources of Ukraine (full report on the project results)]. Kyiv [in Ukrainian].
  26. Ivanyuta, S.P. (Ed.), Kolomiets, O.O. & Malinowska, O.A. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsiyni: analitychna dopovid' [Climate Change: Consequences and Adaptation Measures: analytical report]*. Kyiv [in Ukrainian].
  27. Shevchenko, O., Vlasyuk, O., Stavchuk, I. et al. (2014). *Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukrayina [Climate change vulnerability assessment: Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
  28. Stratehichni napryamy adaptatsiyni do zminy klimatu v baseyni Dnistra [Strategic directions of adaptation to climate change in the Dniester basin]. (n.d.). URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/d/320221.pdf> [in Ukrainian].
  29. Yakovshina, T.F. (2023). *Adaptatsiynа YES do zmin klimatu ta stiyki urboekosystemy: navchal'nyy posibnyk [Adaptation of the EU to climate change and sustainable urban ecosystems: education manual]*. Dnipro: PDABA [in Ukrainian].
  30. Shumyhay, I.V. & Konishchuk, V.V. (2024). Pryrodoriyentovani rishennya v Ukrayini — aspekt adaptatsiyni do zmin klimatu [Nature-oriented solutions in Ukraine — an aspect of adaptation to climate change]. *Problems of Emergency Situations: International scientific and practical conference*. (pp. 342–344) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 01.10.2024

---



## СТРУКТУРА ТА ДОМІНУВАННЯ ВИДОВОГО ЕНТОМОЛОГІЧНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛИСТЯНИХ БІОТОПІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

С.О. Рибалко, Р.П. Цуркан, М.М. Лісовий

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

e-mail: fisher\_r@ukr.net; ORCID: 0009-0002-4616-7167

e-mail: romanpetrovuch80@gmail.com; ORCID: 0009-0004-5986-9365

e-mail: lisova106@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7289-1098

З урахуванням антропогенних і кліматичних чинників, які складають загрозу біорізноманіттю, надзвичайно актуальним є дослідження реального стану, вивчення і збереження домінуючих видів ентомологічного біорізноманіття. Мета роботи — визначити стан, структуру та домінування ентомологічного видового біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся. Місцем дослідження вибрано моніторингові ділянки в листяних біотопах Київського Полісся біля населених пунктів: Сухолуччя, Толокунь, Ясногородка, які розташовані у Вишгородському р-ні Київської обл. Для обліків використовували методи, апробовані та рекомендовані для польових і лабораторних досліджень в ентомології, захисті рослин та екології. Важливим аспектом у дослідженнях були навички збору і аналізу первинної інформації, оцінки видового багатства і різноманіття та визначення рівня домінування окремих видів у біотопі. Збір та обліки ентомологічного біорізноманіття здійснювали за загальноприйнятими методами один раз на 7–10 діб на стаціонарних ділянках. Досліджено стан і структуру ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся впродовж 2022–2024 рр. У результаті моніторингу і обліку ентомологічного біорізноманіття в листяних біотопах Київського Полісся України виявлено 286 видів комах із 51 родини 6 рядів (фітофаги (домінуючі, багатодні, спеціалізовані), ентомофаги, запилювачі, інертні види та ін.). Домінуючим за родинами і видами є ряд Coleoptera, до якого входять 187 видів з 22 родин, що становить 65,3% від загальної кількості дослідженого ентомологічного біорізноманіття. Найбільшу кількість видів мали 6 родин: Iridae — 30, Curculionidae — 26, Cerambycidae — 25, Aphididae — 19, Chrysomelidae — 18, Vuprestidae — 18 (46% від загальної кількості видів). Чисельність домінуючих видів комах у листяному біотопі коливалась у межах 60–257 екз. на облікову одиницю. Найчисельнішими були види: хрущ західний (*Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758) — 257 екз.; шипшинова пагонова переливчаста міль (*Lampronia pubicornis* Haworth, 1828) — 218 екз. та листоблішка березова (*Psylla betulae* Linnaeus, 1747) — 186 екз. Складено список та здійснено аналіз поточного стану ентомофауни листяних біотопів у регіоні досліджень.

**Ключові слова:** листяний ліс, біологічне різноманіття, моніторинг, *Betula pendula* Roth., ентомофауна, домінуючі види.

### ВСТУП

Біологічне різноманіття нашої планети — це продукт тривалої еволюції, яка розвивалася шляхом ускладнення системної організації живих організмів і збільшенням їх числа та різноманіття життєвих форм [1; 2].

Наразі відбувається значне скорочення біологічного різноманіття за рахунок елімінації видів. Під час впливу антропогенних чинників швидкість вимирання видів у ба-

гато разів перевищила природну швидкість [3; 4]. Відбувається незворотний і некомпенсований процес руйнування унікального генофонду планети. Дестабілізація біоти може спричинити до втрати здатності біосфери підтримувати необхідну якість середовища і, в кінцевому підсумку, сталий розвиток цивілізації [5].

Проблема збереження і раціонального використання природного біорізноманіття стала однією з пріоритетних для розвинутих країн світу [6]. До її розв'язання

залучені авторитетні міжнародні організації, наукові установи, прогресивна світова спільнота. Від успіхів у цій складній справі залежить майбутнє країн, їх сталий розвиток, збереження моральної і етичної платформи [5; 6].

Незважаючи на величезне значення безхребетних, особливо комах, у континентальних екосистемах, їм приділяють неадекватно мало уваги у схемах біологічного моніторингу. Аналіз сучасних публікацій, присвячених моніторингу, зазначає досить обмежену кількість робіт, що стосуються комах, хоча вони становлять основну частину видового багатства взагалі, і відіграють різноманітні, найчастіше ключові ролі в екосистемах [5; 7; 8].

Еколого-економічний аналіз чотирьох основних функцій, що виконують комахи в природі (переробка ґною, контроль чисельності шкідливих фітофагів культурних рослин, запилення, джерело харчування для інших тварин), свідчить про значущість комах в екологічному ланцюзі [7–9].

З огляду на потужну вітчизняну наукову школу, каталогізацію ентомофауни біотопів України до теперішнього часу не проведено. Наразі не відомо, яка кількість видів комах мешкає в різних біотопах. Першим кроком у розв'язанні проблеми збереження та сталого використання ентомологічного біорізноманіття має стати складання списків різноманіття ентомофауни біотопів та дослідження його сучасного стану, домінування видів [10].

**Мета роботи** — визначити стан, структуру та домінуючі види ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Значенню, оцінюванню та проблемі збереження біорізноманіття в Україні приділяється надто мало уваги, в світі дещо краще. Деякі екологи вважають, що планета переживає епоху шостого масового вимирання біоти, найбільшого, починаючи з пізнього пермського і крейдяного періодів. Однак концептуальні проблеми у визначенні «ма-

сового вимирання», невизначеність у минулому та сьогоденні оцінки різноманітності та несумірність даних ускладнюють пряму відповідь [11]. Так, за даними Всесвітнього фонду дикої природи (WWF) глобальний індекс живої планети (ІЖП) доводить, що за період з 1970 по 2016 рр. чисельність видів хребетних зменшилась на 68%. Найзначнішим у світі є зниження на 94% ІЖП тропічних субрегіонів Північної та Південної Америки [12]. Середня швидкість втрати видів хребетних за останнє сторіччя в 100 разів вище фонові швидкості. Новітні оцінки показують виключно швидку втрату біорізноманіття за останні кілька століть. Запобігти руйнуванню біорізноманіття та подальшій втраті екосистемних послуг все ще можливо завдяки активним зусиллям щодо охорони видів біоти, але це вікно можливостей швидко закривається [13]. Особливе занепокоєння викликає збіднення популяцій комах, оскільки останні становлять близько двох третин усіх видів біоти на планеті та мають важливе значення для підтримання стабільності екосистем. Нині близько третини всіх видів комах знаходяться під загрозою вимирання. Щорічні втрати біомаси комах сягають 2,5%. У наземних екосистемах ряду Lepidoptera, Hymenoptera і жуки-скарabei (Coleoptera) є найбільш постраждалими таксонами [14].

Нещодавні повідомлення з рівнинної Німеччини продемонстрували втрату 3/4 біомаси літаючих комах на територіях, що охороняються, впродовж близько 30 років, а також різке зниження чисельності декількох груп видів комах. Ці результати ставлять під сумнів стабільність функціонування екосистеми за умов сучасного європейського землекористування. Падіння біомаси в таких масштабах не відомо чи можна пояснити без каскадних трофічних ефектів, або без порушень запилення та кругообігу поживних речовин. Більшість із цих потенційно далеких наслідків залежатимуть від характеру скорочення чисельності та різноманітності видів комах. Отже, існує нагальна необхідність встановити, чи відбувається загальне скорочення

чисельності та багатства видів комах агроландшафтів, і якщо так, то чим це пояснюється [15].

Глобальне збіднення біорізноманіття нерозривно пов'язано з екосистемними послугами. Природа вільна, але її цінність неможливо переоцінити. Вона дає нам безліч переваг, від предметів першої необхідності для біологічного виживання до основи отримання процвітання. Відповідно до звіту «Збільшення природних ризиків», опублікованого Всесвітнім економічним форумом, створення економічної вартості в розмірі 44 трлн дол. США — більше половини доларів загального світового ВВП — помірною або сильною мірою залежить від природи [16].

Згідно зі Звітом WWF «Жива планета» 2020, який оприлюднено 10 вересня 2020 р., популяції ссавців, птахів, амфібій, рептилій та риб у всьому світі зазнали скорочення в середньому на дві третини за менше ніж півстоліття. Причини — переважно ті самі типи екологічного руйнування, які сприяють виникненню зоонозних хвороб, зокрема COVID-19. Проект WWF «Жива планета» вже кілька десятиліть збирає й аналізує дані про стан популяцій та видів по всьому світу. Які дані ми маємо щодо нашої країни? В Україні майже не відбуваються дослідження чисельності популяцій тварин та рослин, які б дали розуміння зміни розмірів їх популяцій у національних масштабах. Учені здійснюють моніторинг стану лише незначного числа видів. Моніторинг не охоплює навіть ті з них, які охороняються Червоною книгою України та міжнародними угодами. Основна причина — відсутність національного пріоритету у питаннях збереження природи, а отже — ресурсів та плану дій. Без державної системи моніторингу біорізноманіття ми втрачаємо зв'язок з реальністю, не розуміючи стану агроекосистем, від яких залежить здоров'я та добробут українців [17].

Основними чинниками зниження чисельності видів комах є: 1) втрата середовища існування і перехід до інтенсивного сільського господарства та урбанізації; 2) забруднення переважно синтетичними

пестицидами та добривами; 3) біологічні чинники, включаючи патогени; 4) зміна клімату. Найбільш актуальна ревізія існуючих методів ведення сільського господарства, зокрема серйозне скорочення використання пестицидів та їх заміщення екологічно обґрунтованими методами захисту рослин [14].

Важлива роль ентомофауни в агроценозах полягає в покращанні фітосанітарного стану посівів і ґрунту, кругообігу поживних речовин і поліпшенні родючості ґрунту, депонуванні вуглецю у ґрунті. Наприклад, завдяки своїй діяльності членистоногі збільшують у ґрунті вміст вуглецю, азоту, фосфору, калію, кальцію та магнію, що значно підвищує врожайність сільськогосподарських культур [18; 19].

Автори відмічають, що деградація середовища проживання як прямий наслідок розширення та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва призводить не лише до гомогенізації екосистем, але й до збільшення використання пестицидів і агрохімікатів, які мають негативний вплив на біорізноманіття та екологічний стан довкілля. Зміни клімату, зокрема підвищення температури, впливають на життєвий цикл комах та їх географічне поширення, щодо інвазійних видів — змінюють функціонування екосистем, витісняючи місцеву фауну. Також зміни клімату можуть вплинути на комах-фітофагів кількома способами: сприяти до розширення їх географічного поширення, посилення виживаємості під час зимівлі, збільшення кількості покоління, зміни взаємодії між рослинами та шкідниками, а також міжвидових зв'язків, підвищення ризику інвазії мігруючих видів шкідників, поширення ураження рослин патогенами, що передаються комахами, зниження ефективності біологічного контролю, особливо природних ворогів [20].

Аналіз стану агроландшафтів України свідчить, що землекористування країни не відповідає екологічним нормативам, сприяє розвитку кризових явищ. За хімічних обробок сільськогосподарських культур під пестицидний прес потрапляє майже

вся ентомофауна агроландшафтів, що ще більше підсилює кризу біорізноманіття. Вченими-екологами встановлено, що через бойові дії птахи можуть навіть змінити свої міграційні шляхи, які пролягають через Україну, а також порушується спокій диких тварин, зменшується біорізноманіття, пошкоджуються або знищуються цінні біотопи, оселища, які занесено до Резолюції 4 та 6 Бернської конвенції – про охорону дикої флори і природних середовищ існування в Європі [21].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Місцем дослідження вибрано листяні біотопи [22; 23] Київського Полісся, які розташовані у Вишгородському р-ні Київської обл. (листяний ліс біля населених пунктів: Толокунь, Ясногородка та Сухолуччя) впродовж 2021–2024 рр.

Основною утворювальною породою листяних біотопів у зоні досліджень була береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – до 85% і супутні породи дерев: робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), клен ясе-

нелистий (*Acer negundo* L.), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), дуб звичайний (черешчатий) (*Quercus robur* L.), осика чорна (*Populus tremula* L.) та ін., які становили близько 15% від загальної кількості листяного біотопу. Крім деревних порід відмічено також чагарники на другому ярусі листяного біотопу: калина звичайна (*Viburnum opulus* L.), троянда зморшкувата (*Rosa rugosa* Thunb.), ліщина звичайна (*Corylus avellana* L.), жостір проносний (*Rhamnus cathartica* L.), верба лозова (прутовидна) (*Salix viminalis* L.) та ін. У травостоях (3-й ярус) виявлено переважно види: осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.), осока пальчаста (*Carex digitata* L.), копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.), просянка розлога (*Milium effusum* L.), фіалка лісова (*Viola reichenbachiana* L.), чистотіл великий (*Chelidonium majus* L.) та ін.

За результатами дистанційного зондування землі (ДЗЗ) аналізували структуру листяних біотопів у зоні досліджень [24]. Для аналізу даних біотопів використовували фотографії Google Earth. Загальний вигляд наведено на рис. 1–3.

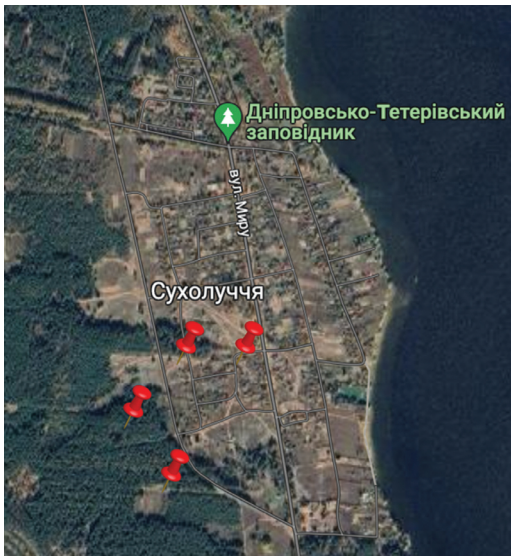
Використовували еколого-статистичні та експериментальні методи, апробовані та рекомендовані для польових, лісових і лабораторних досліджень в ентомології, екології та захисті рослин [25–27].

Збір та обліки ентомологічного біорізноманіття здійснювали за загальноприйнятими методами один раз на 7–10 діб на стаціонарних ділянках [28; 29].

Видовий склад комах визначали з використанням бінокулярного мікроскопа МБС-9, таксономічну приналежність біологічних зборів здійснювали за допомогою ентомологічного визначника [30]. Сучасну номенклатуру перевіряли за Fauna Europea [31].

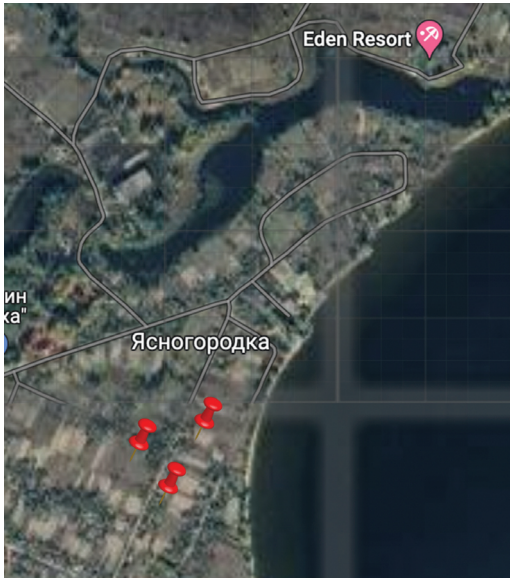
Домінуювальні родини виявляли за кількістю видів в родині, а домінантні види – за чисельністю екземплярів певного виду на одиницю обліку [9].

Аналіз екологічного стану ентомологічного біорізноманіття Київського Полісся, зокрема Вишгородського р-ну Київської



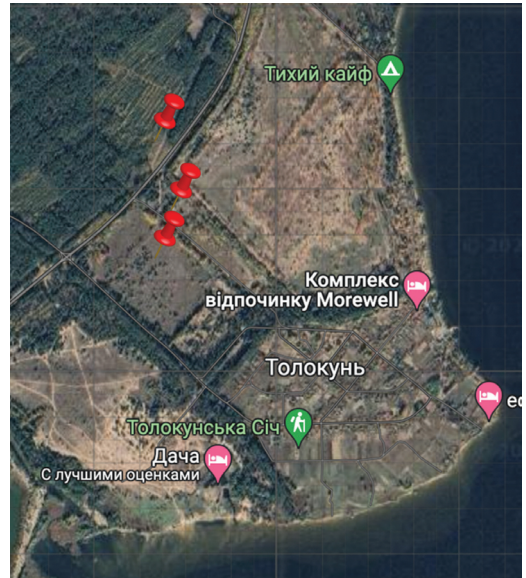
**Рис. 1.** Стаціонарні ділянки дослідження ентомологічного біорізноманіття листяного біотопу поблизу с. Сухолуччя (заповідник)  
Примітка: дані ДЗЗ Google Earth.





**Рис. 2.** Стаціонарні ділянки дослідження ентомологічного біорізноманіття листяного біотопу поблизу с. Ясногородка

Примітка: дані ДЗЗ Google Earth.



**Рис. 3.** Стаціонарні ділянки дослідження ентомологічного біорізноманіття листяного біотопу поблизу с. Толокунь

Примітка: дані ДЗЗ Google Earth.

обл. проводили впродовж 2022–2024 рр. згідно з біологічним матеріалом, який зібраний власноручно. Після обліків та визначення ентомологічних зборів комак було випущено в природні стації.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Практичні дослідження та аналіз ентомологічних зборів упродовж сезонів вегетації 2022–2024 рр. дали можливість визначити стан та скласти список видового біорізноманіття листяних біотопів (список, *табл.*) і встановити, що наявна ентомофауна налічує 286 видів, які належать до 51 родини із 6 рядів. Домінантним за видами є ряд *Coleoptera* – 187 видів із 22 родин. Щодо видової насиченості родин, то найбільшу кількість видів мали 6 родин: *Iridae* – 30, *Curculionidae* – 26, *Cerambycidae* – 25, *Aphididae* – 19, *Chrysomelidae* – 18, *Vuprestidae* – 18 (46% від загальної кількості видів). Інші 45 родин мали кількість видів від 1 до 12, що становило 44,9% від загальної чисельності видів (див. *табл.*, список).

Список. Ентомологічне біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся (населені пункти: Ясногородка, Толокунь, Сухолуччя Вишгородського р-ну, Київської обл., 2022 – 2024 рр.)

**Ряд Orthoptera; Вовчкові – Gryllotalpidae**

Вовчок звичайний – *Gryllotalpa gryllotalpa* Linnaeus, 1758

**Акридові – Acrididae**

Подисма безкрила – *Podisma pedestris* Linnaeus, 1758

Трав'яний коник короткокрилий – *Chorthippus parallelus* Zetterstedt, 1821

**Ряд Homoptera; Цикадкові – Cicadellidae**

Цикадка двокрапкова – *Kyboasca bipunctata* Oshanin, 1871

Цикадка жовтувата – *Empoasa flavescens* Fabricius, 1794

Цикадка зелена – *Cicadella viridis* Linnaeus, 1758

**Горбаткові – Membracidae**

Горбатка однонога – *Gargara genistae* Fabricius, 1781

Рогата горбатка звичайна – *Centrotus cornutus* Linnaeus, 1758

**Слинянкові – Aphrophoridae**

Пінявка слинява – *Philaenus spumarius* Linnaeus, 1758



Слинявка вербова — *Aphrophora salicis* Deg.  
Слинявка вільхова — *Aphrophora alni*  
Fallun.

#### **Білокрилкові — Aleurodidae**

Білокрилка жимолостева — *Aleyrodes lonicerae*  
Haliday, 1835

Білокрилка кленова — *Aleurochiton*  
*complanatus* Daer.

#### **Хермесові — Adelgidae**

Хермес звичайний сосновий — *Pineus pini*  
Masquart, 1819

Хермес східний сосновий — *Pineus orientalis*  
Dreyfus, 1889

Хермес модриновий зелений — *Cholodkovskya*  
*viridana* Cholodkovsky, 1896

Хермес модриновий — *Adelges laricis* Vallot,  
1836

Хермес дугласії — *Gilletteella cooleyi* Gillette,  
1907

Хермес зелений — *Sacchiphantes viridis*  
Ratzeburg, 1843

#### **Попелицеві — Aphididae**

Текабій жовтецевий — *Thecabius affinis*  
Kaltenbach, 1843

Пемфіг черешковий — *Pemphigus bursarius*  
Linnaeus, 1758

Пемфіг пізній — *Pemphigus spirothecae*  
Passerini, 1860

Пемфіг ранній — *Pemphigus protospirae*  
Lichtenstein, 1885

Кров'яна попелиця в'язова–смородинова —  
*Eriosoma ulmi* Linnaeus, 1758

Попелиця червоноголова в'язова — *Tetraneura*  
*caerulescens* Passerini, 1856

Хвойна попелиця довговолоса — *Cinara*  
*pilicornis* Hartig, 1841

Глифіна березова — *Glyphina betulae* Linnaeus,  
1758

Попелиця смугаста дубова — *Thelaxes*  
*dryophila* Schrank, 1801

Сімідобій березовий — *Symydobius oblongus*  
Heyden, 1837

Попелиця горіхова верхня — *Callaphis*  
*juglandis* Goeze, 1778

Попелиця нижня горіхова — *Chromaphis*  
*juglandicola* Knowlton, 1929

Хайтофор плямистий — *Chaitophorus*  
*leucomelas* Koch, 1854

Хайтофор тополевий — *Chaitophorus populeti*  
Panzer, 1801

Птерокома тополева — *Pterocomma populea*  
Kaltenbach, 1843

Еуляхнус прудкий — *Eulachnus agilis*  
Kaltenbach, 1843

Схізоляхнус сосновий — *Schizolachnus pineti*  
Fabricius, 1781

Цинарела соснова широка — *Cinarella pinea*  
Mordvilko, 1895

Ляхнус строкатий дубовий — *Lachnus robris*  
Linnaeus, 1758

#### **Псевдощитівки — Coccidae**

Червець кленовий борошністий —  
*Phenacoccus aceris* Signoret, 1875

Червець дубовий блискучий — *Asterodiaspis*  
*quercicola* Bouché, 1851

Подушечниця калинова — *Filippia viburai* Sign.  
Signoret, 1873

Псевдощитівка акацієва — *Parthenolecanium*  
*corni* Bouché, 1844

Псевдощитівка дубова — *Parthenolecanium*  
*rufulum* Cockerell, 1903

Псевдощитівка липова — *Eulecanium tiliae*  
Linnaeus, 1758

#### **Повстярі — Eriococcidae**

Повстяр в'язовий — *Gossyparia spuria* Modeer,  
1778

Повстяр дубовий — *Acanthococcus roboris*  
Goux, 1931

Повстяр кленовий — *Acanthococcus aceris*  
Signoret, 1875

#### **Червці — Kermesidae**

Кермес дубовий — *Kermococcus queros*  
Henriksen, 1921

Кермес південний — *Kermococcus corticalis*  
Borchsenius, 1949

#### **Щитівки — Diaspididae**

Щитівка веретеноподібна соснова —  
*Anataspis loewi* Leonardi, 1906

Яблунева щитівка — *Lepidosaphes ulmi*  
Linnaeus, 1758

Щитівка вербова — *Chionaspis salicis* Linnaeus,  
1758

Щитівка тополева — *Quadraspidiotus gigas*  
Thiem et Gerneck, 1934

Щитівка псевдокаліфорнійська —  
*Quadraspidiotus ostreaeformis* Curtis, 1843

Каліфорнійська щитівка — *Quadraspidiotus*  
*perniciosus* Comstock, 1881

#### **Листоблішкові — Psyllidae**

Листоблішка березова — *Psylla betulae*  
Linnaeus, 1747

#### **Ряд Неміптера; Мереживницеві —**

#### **Tingidae**

Мереживниця грушева — *Stephamitis pyri*  
Fabricius, 1775

Топелевий клоп — *Monosteira unicastata*  
Mulsant & Rey, 1852

#### **Сліпнякові — Miridae**

*Adelphocoris reicheli* Fieber, 1836

Клопик мандрівний стрункий — *Notostira*  
*elongata* Geoffr.

- Лігус польовий — *Lygus pratensis* Linnaeus, 1758  
 Лігус трав'яний — *Lygus rugulipennis* Popr.  
 Сліпняк бурий — *Adelphocoris seticornis* Fabricius, 1775  
 Сліпняк зонтичний темнуватий — *Orthops basalus* Costa, 1853  
**Червоноклопові — Pyrrhocoridae**  
 Червоноклоп червоний — *Pyrrhocoris apterus* Linnaeus, 1758  
**Крайовикові — Coreidae**  
 Гонocerус жостіровий — *Gonocerus acuteangulatus* Goeze, 1778  
 Вузькоголов прудкий — *Dicranocephalus agilis* Scopoli, 1763  
 Крайовик шавлевий — *Coreus marginatus* Linnaeus, 1758  
**Клопи підкоровики — Aradidae**  
 Підкоровик сосновий — *Aradus cinnamomeus* Panzer, 1806  
**Щитникові — Pentatomidae**  
 Щитник зелений — *Palomena prasina* Linnaeus, 1761  
*Carpocoris pudicus* Poda, 1761  
 Елія остроголова — *Aelia acuminata* Linnaeus, 1758  
 Щитник березовий — *Elasmucha betulae* DeGeer  
 Черношипний щитник — *Carpocoris fuscispinus* Boheman  
 Щитник багатодіний — *Dolycoris varicornis* (= *Anthemina varicornis* Jakovlev, 1874)  
 Щитник червононогий — *Pentatoma rufipes* Linnaeus, 1758  
 Щитник черношипний — *Carpocoris fuscispinus* Boheman  
 Щитник ягідний — *Dolycoris baccarum* Linnaeus, 1758  
**Черепашкові — Scutellaridae**  
 Черепашка маврська — *Eurygaster maurus* Linnaeus, 1758  
 Черепашка шкідлива — *Eurygaster integriceps* Put.  
**Лігеві — Lygaeidae**  
 Лігей багатодіний — *Oxycarenus corallis* Mls. R.  
 Сфрагістикус темний — *Sphragisticus nebulosus* Fallen, 1807  
**Ряд Thysanoptera; Трипси — Thripidae**  
 Трипс липовий — *Dendrothrips ornatus* Jablonowski, 1894  
 Трипс хвойний — *Oxythrips brevistylis* Trybom, 1895  
 Трипс грушевий — *Taeniothrips inconsequens* Uzel, 1895  
 Трипс сосновий — *Taeniothrips pini* Uzel, 1895  
 Трипс звичайний — *Thrips physapus* Linnaeus, 1758  
**Ряд Coleoptera; Пластинчастовусі — Scarabaeidae**  
 Хрущик лучний — *Anomala dubia* Scopoli, 1763  
 Хрущ західний — *Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758  
 Хрущ східний — *Melolontha hippocastani* Fabricius, 1801  
 Мармуровий хрущ липневий — *Polyphylla fullo* Linnaeus, 1758  
 Волохатий хрущ сірий — *Anoxia pilosa* Fabricius, 1792  
 Коренегриз — *Miltotrogus aequinoctialis* Herbst, 1790  
 Червневий хрущ — *Amphimallon solstitialis* Linnaeus, 1758  
 Оленка волохата — *Epicometis hirta* Poda, 1761  
 Окситирея смердюча — *Oxythyrea funesta* Poda, 1761  
 Бронзівка золотиста — *Cetonia aurata* Linnaeus, 1761  
 Пістряк короткокрилий — *Valgus hemipterus* Linnaeus, 1758  
 Гнойовик звичайний — *Anoplotrupes stercorosus* Scriba, 1791  
**Сверляки — Lymexylidae**  
 Свердлик листяний — *Elateroides dermestoides* Linnaeus, 1761  
 Свердлик хвойний — *Elateroides feabellicornis* Schneider, 1791  
 Свердлик дубовий — *Lymexylon navale* Linnaeus, 1758  
**Сонечкові — Coccinellidae**  
*Vibidia 12-punctata* Linnaeus, 1758  
 Кальвія десятикрапкова — *Calvia decimguttata* Linnaeus, 1758  
 Коровка волохата (Сцимнус широколобий) — *Scymnus frontalis* Linnaeus, 1758  
 Коровка двокрапкова — *Adalia bipunctata* Linnaeus, 1758  
 Коровка десятикрапкова — *Adalia decimpunctata* Linnaeus, 1758  
 Коровка чотирнадцятикрапкова — *Calvia quatordecimpunctata* Linnaeus, 1758  
 Пропелея чотирнадцятикрапкова — *Propylea quadridecimpunctata* Linnaeus, 1758  
 Серцевик чотирикрапковий — *Exochomus quadripustulatus* Linnaeus, 1758  
 Сонечко семикрапкове — *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758  
 Сонечко чотирнадцятиплямове — *Coccinella duaquatordecimpustulata* Linnaeus, 1758  
**Точильники — Anobiidae**  
 Точильник сосновий пагоновий — *Ernobius nigrinus* Sturm, 1837

- Точильник-шишкар сосновий – *Ernobius abietinus* Gyllenhal, 1808  
 Точильник гребневусий – *Ptilinus pectinicornis* Linnaeus, 1758  
 Точильник строкатий – *Xestobium rufovillosum* De Geer, 1774  
**М'якотілкові – Cantharidae**  
*Cantharis lateralis* Linnaeus, 1758  
 Багатопазурник волохатий – *Rhagonycha hirta* Linnaeus, 1758  
 М'якотілка вічкаста – *Cantharis oculata* Gebl.  
 М'якотілка світла – *Cantharis livida f. rufipes* Hbst.  
**Каптурники – Bostrichidae**  
 Каптурник вдавнений – *Xylonites retusus* Müller, 1987  
 Каптурник звичайний – *Bostrichus capucinus* Linnaeus, 1758  
**Шпиноски або горбатки – Mordellidae**  
*Anaspis frontalis* Linnaeus, 1758  
*Mordellistena minima* Costa, 1854  
 Горбаточка гіркушева – *Mordellistena pumila* Gyllenhal, 1810  
**Деревогризи – Lyctidae**  
 Деревогриз борознистий – *Lyctus linearis* Goeze, 1777  
**Коваликові – Elateridae**  
 Ковалик широкий – *Selatosomus latus* Fabricius, 1801  
 Ковалик блискучий – *Selatosomus aeneus* Linnaeus, 1758  
 Ковалик вербовий – *Cidnopus aeruginosus* Olivier, 1790  
 Ковалик волохатий – *Athous hirtus* Hbst.  
 Ковалик малий – *Adrastus rachifer* Fourcroy, 1785  
 Ковалик мозаїчний – *Prosternon tessellatum* Linnaeus, 1758  
 Ковалик рудий – *Athous rufus* De Geer, 1774  
 Ковалик сирій – *Lacon murinus* Linnaeus, 1758  
 Ковалик хрестоносний – *Selatosomus cruciatus* Linnaeus, 1758  
 Ковалик червононогий – *Melanotus rufipes* Herbst, 1784  
 Ковалик чорний – *Athous niger* Linnaeus, 1758  
**Златки – Buprestidae**  
 Златка суцільногруда – *Acmaeodera degener* Scopoli, 1763  
 Антаксія чотирикрапкова – *Anthaxia quadripunctata* Linnaeus, 1758  
 Антаксія вербова – *Anthaxia salicis* Fabricius, 1776  
 Златка манка – *Cratomerus mancus* Linnaeus, 1767  
 Златка в'язова золотиста – *Cratomerus aurulentus* Gmelin, 1788  
 Златка синя соснова – *Phaenops cyanea* Fabricius, 1775  
 Златка згарищ – *Melanophila acuminata* De Geer, 1774  
 Хвойна златка червонозада – *Ancylocheira haemorrhoidalis* Herbst, 1780  
 Златка липова – *Lampra rutilans* Fabricius, 1777  
 Златка осикова – *Poecilnota variolosa* Paykull, 1799  
 Златка (Дицерка) вільхова – *Dicerca alni* Fischer v. Waldheim, 1823  
 Златка мідна – *Perotis lugubris* Fabricius, 1777  
 Златка велика – *Buprestis mariana* Linnaeus, 1758  
 Златка бронзова дубова – *Chrysobothris affinis* Fabricius, 1794  
 Златка бронзова соснова – *Chrysobothris ingiventris* Reitter, 1895  
 Златка хвиляста дубова – *Coroebus undatus* Fabricius, 1787  
 Златка ожинова – *Coroebus rubi* Linnaeus, 1767  
 Вузькотіла златка дубова – *Agrilus angustulus* Illiger, 1803  
 Вузькотіла златка шипшинова – *Agrilus chrysoderes* Abeille, 1897  
 Вузькотіла златка жимолостева – *Agrilus coeruleus* Herbst, 1795  
 Вузькотіла златка березова – *Agrilus betuleti* Ratzeburg, 1837  
 Антаксія багатодіна – *Anthaxia cichorii* Olivier, 1790  
**Малинникові – Byturidae**  
 Малинник звичайний – *Byturus tomentosus* De Geer, 1774  
 Вузьконадкрилка зелена – *Oedemera virescens* Linnaeus, 1758  
**Майкові – Meloidae**  
 Шпанська мушка аптекарська – *Lytta vesicatoria* Linnaeus, 1758  
**Вусачі – Cerambycidae**  
 Вусач-тесляр – *Ergates faber* Linnaeus, 1761  
 Вусач-шкіряник – *Prionus coriarius* Linnaeus, 1758  
 Рагій рудий – *Rhagium sycophanta* Schrank, 1781  
 Рагій-нишпорка – *Rhagium inguisitor* Linnaeus, 1758  
 Лептура червона – *Leptura rubra* Linnaeus, 1758  
 Вусач коротковусий – *Spondylis buprestoides* Linnaeus, 1758  
 Вусач комлевий бурій – *Criocephalus rusticus* Linnaeus, 1758  
 Вусач ребристий – *Asemum striatum* Linnaeus, 1758

- Вусач малий — *Cerambyx scopolii* Fuesslins, 1775
- Вусачик короткокрилий хвойний — *Molorchus minor* Linnaeus, 1758
- Вусач мускусний — *Aromia moschata* Linnaeus, 1758
- Вусач кленовий бронзовий — *Rhopalopus ungaricus* Herbst, 1784
- Вусач кленовий великий — *Rhopalopus clavipes* Fabricius, 1775
- Вусач кленовий малий — *Rhopalopus macropus* Germar, 1824
- Вусач дубовий червоний — *Pyrrhidium sanguineum* Linnaeus, 1758
- Вусач осиковий — *Xylotrechus rusticus* Linnaeus, 1758
- Кліт дубовий верхівковий — *Xylotrechus antilope* Schönherr, 1817
- Кліт хвойний — *Clytus lama* Mulsant, 1847
- Чорний скрипун сосновий — *Monochamus galloprovincialis pistor* Germar, 1818
- Вусач довговусий великий — *Acanthocinus aedilis* Linnaeus, 1758
- Скрипун тополевий — *Saperda populnea* Linnaeus, 1758
- Вусачик двокрапковий жостеровий — *Menesia bipunctata* Zoubkoff, 1829
- Вусач жимолостевий — *Oberea pupillata* Gyllenhal, 1817
- Вусач ліщиновий — *Oberea linearis* Linnaeus, 1761
- Вусач сирій кленовий — *Leiopus nebulosus nebulosus* Linnaeus, 1758
- Листоїдові — Chrysomelidae**
- Пахібрахіс ієрогліфовий — *Pachybrachys hieroglyphicus* Laicharting, 1781
- Листоїд вербовий синій — *Plagioderia versicolora* Laicharting, 1781
- Листоїд тополевий — *Chrysomela populi* Linnaeus, 1758
- Листоїд червонокрилий вербовий — *Chrysomela saliceti* Suffrian, 1849
- Листоїд осиковий — *Chrysomela tremulae* Paykull, 1799
- Фратора звичайна (звичайний вербовий листоїд) — *Phratora vulgatissima* Linnaeus, 1758
- Кузочка калинова (листоїд калиновий) — *Pyrrhalta viburni* Paykull, 1799
- Кузочка в'язова — *Pyrrhalta luteola* Müller, 1766
- Кузька вільхова — *Agelastica alni* Linnaeus, 1758
- Альтика дубова — *Altica quercetorum* Foudras, 1860
- Альтика ліщинова — *Altica brevicollis* Foudras, 1859
- Дубовий шахматний листоїд — *Pachybrachys epidus* Olivier, 1791
- Листоїд вільховий — *Melasoma aeneum* Linnaeus, 1758
- П'явиця синя — *Lema cyanescens* Linnaeus, 1758
- П'явиця червоногруда — *Oulema melanopus* Linnaeus, 1758
- Скритоголов багатодіний — *Cryptocephalus laevicollis* Gebl.
- Скритоголов ліщиновий — *Cryptocephalus coryli* Linnaeus, 1758
- Щитоноска зелена — *Cassida viridis* Linnaeus, 1758
- Трубокрукрові — Attelabidae**
- Ценоринус германський — *Coenorrhinus germanicus* Herbst, 1797
- Ценоринус темно — синій, (черешковий довгоносик) — *Coenorrhinus interpunctatus* Stephens, 1831
- Трубокрукт березовий — *Byctiscus betulae* Linnaeus, 1758
- Трубокрукт тополевий — *Byctiscus populi* Linnaeus, 1758
- Трубокрукт березовий чорний — *Deporaus betulae* Linnaeus, 1758
- Трубокрукт дубовий — *Attelabus nitens* Scopoli, 1763
- Трубокрукт ліщиновий — *Apoderus coryli* Linnaeus, 1758
- Довгоносики — Curculionidae**
- Скосар плямистий — *Otiorrhynchus fullo* Schrank, 1781
- Скосар кулястий — *Otiorrhynchus rotundatus* Siebold, 1837
- Листяний слоник довгастиий — *Phyllobius oblongus* Linnaeus, 1758
- Довгоносик сосновий сивий — *Brachyderes incanus* Linnaeus, 1758
- Довгоносик сирій бруньковий — *Sciaphobus squalidus* Gyllenhal, 1834
- Довгоносик — зеленушка — *Chlorophanus viridis* Linnaeus, 1758
- Довгоносик великий сосновий — *Hylobius abietis* Linnaeus, 1758
- Скритохоботник вільховий — *Cryptorrhynchidius lapathi* Linnaeus, 1758
- Смолюк крапчатий — *Pissodes notatus* Sturm, 1826
- Смолюк сосновий тичковий — *Pissodes piniphilus* Herbst, 1795
- Смолюк соснових шишок — *Pissodes validirostris* Gyllenhal, 1835
- Довгоносик березовий — *Curculio cerasorum* Fabricius, 1775

- Довгоносик жолудевий — *Curculio glandium* Marsham, 1802
- Довгоносик — насіннеїд ясеневий — *Lignyodes enucleator* Panzer, 1798
- Слоник — блішка тополевий — *Rhynchaenus populi* Fabricius, 1792
- Baris artemisiae* Herbst, 1795
- Barypeithes pellucidus* Boheman, 1834
- Lixus (Dilixellus) fasciculatus* Boheman, 1835
- Nedius quadrimaculatus* Linnaeus, 1758
- Phyllobius seladonius* Brullé, 1832
- Polydrusus tereticollis* De Geer, 1775 (=undatus Fabricius, 1781)
- Pseudostyphlus pillumus* Gyllenhal, 1835
- Вербовий довгоносик-блішка — *Rhamphus pulicarius* Herbst, 1795
- Довгоносик сирій багатодіний — *Tanymecus palliatus* Fabricius, 1792
- Ларін товстоносий — *Larinus (Phyllonomeus) turbinatus* Gyllenhal, 1835
- Листяник березовий — *Polydrusus picus* Fabricius, 1792
- Короїдові — Ipsidae**
- Заболонник смугастий — *Scolytus multistriatus* Marsham, 1802
- Заболонник Кірша — *Scolytus kirschi* Skalitzky, K., 1876
- Заболонник-мечоносець — *Scolytus ensifer* Eichhoff, 1881
- Заболонник-руйнівник — *Scolytus scolytus* Fabricius, 1775
- Заболонник березовий — *Scolytus ratzeburgi* Janson, 1856
- Заболонник в'язовий — *Scolytus laevis* Chapuis, 1869
- Заболонник кленовий — *Scolytus konigi* Schew.
- Заболонник дубовий — *Scolytus intricatus* Ratzeburg, 1873
- Заболонник грабовий — *Scolytus carpini* Ratzeburg, 1837
- Ясеневий лубоїд великий — *Hylesinus crenatus* Fabricius, 1787
- Лубоїд волохатий — *Hylurgus ligniperda* Fabricius, 1787
- Корінник чорний — *Hylastes ater* Erichson, 1836
- Корінник український — *Hylastes angustatus* Herbst, 1793
- Короїд липовий — *Ernoporus tiliae* Panzer, 1793
- Лубоїд горіховий — *Lymantor coryli* Perr.
- Короїд двобарвний — *Taphrorychus bicolor* Herbst, 1793
- Лісовик хвойний — *Dryocoetes autographus* Ratzeburg, 1837
- Мікрограф звичайний — *Pityophthorus micrographus* Linnaeus, 1758
- Мікрограф західний — *Pityophthorus pityographus* Ratzeburg, 1837
- Мікрограф сосновий — *Pityophthorus glabratus* Eichhoff, 1879
- Деревник дубовий — *Trypodendron domesticus* Linnaeus, 1758
- Деревник хвойний — *Trypodendron lineatum* Olivier, 1795
- Гравер звичайний — *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761
- Короїд — типограф — *Ips typographic* L.
- Короїд багатохідний — *Ips amitinus* Eichhoff, 1871
- Короїд західноєвропейський — *Ips cembrae* Heer, 1836
- Кривозубий короїд західний — *Pityokteines spinidens* Reitter, 1894
- Кривозубий короїд малий — *Pityokteines vorontzovi* Jacobson, 1895
- Непарний короїд сосновий — *Xyleborus eurygraphus* Ratzeburg, 1837
- Непарний короїд дубовий — *Xyleborus monographus* Fabricius, 1792
- Плоскоходи — Platypodidae**
- Плоскохід циліндричний — *Platypus cylindrus* Fabricius, 1792
- Блищанкові — Nitidulidae**
- Квіткаїд темний — *Meligethes coracinus* Sturm, 1845
- Мертвоїдові — Silphidae**
- Мертвоїд деревинний — *Xylodrepa quadripunctata* Linnaeus, 1761
- Турунові — Carabidae**
- Poecilus crenuliger* Chaudoir, 1876
- Бігун волохатий — *Ophonus rufipes* De Geer, 1774
- Гарпал блискучий — *Harpalus affinis* Schrank, 1781
- Гарпал червононогий — *Harpalus rubripes* Duftschmid, 1812
- Красотіл пахучий — *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758
- Птеростих мідний — *Poecilus cupreus* Linnaeus, 1758
- Турун гладенький — *Carabus glabratus* Paykull, 1790
- Турун решітчастий — *Carabus cancellatus* Illiger, 1798
- Щурик звичайний — *Amara plebeja* Gyllenhal, 1810
- Чорнишеві — Tenebrionidae**
- Хрущак деревний — *Neatus picipes* Herbst, 1797
- Чорниш великий — *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758
- Жуки-гладіші — Phalacridae**
- Olibrus bisignatus* Ménétries, 1849



*Olibrus bicolor* Fabricius, 1792

**Зерноїдові – Bruchidae**

Зернівка рокитникова – *Bruchidius fasciatus*  
Olivier, 1795

**Ряд Lepidoptera; Переливчасті молі –  
Incurvariidae**

Інкурварія березова – *Incurvaria pectinea*  
Haworth, 1828

Інкурварія широколистяна – *Incurvaria  
masculella* Denis & Schiffermüller, 1775

Шипшинова пагонова переливчаста міль –  
*Lampronia pubicornis* Haworth, 1828

**Беззубі первинні молі – Eriocraniidae**

Еріокранія дубова – *Dyseriocrania fastuosella*  
Zeller, 1839

**Мінуючі молі – Tischeriidae**

Тишерія дубова – *Tischeria complanella*  
Hübner, 1817

**Серпокрилі молі – Plutellidae**

Міль серпокрила вербова – *Ypsolopys  
seguella* Cl.

Дубова серпокрила міль – *Cerostoma alpella*  
Denis & Schiffermüller, 1775

Кленова серпокрила міль – *Cerostoma  
chazariella* Mann.

Широколистяна серпокрила міль – *Cerostoma  
lucella* Fabricius, 1775

Жимолостева серпокрила міль – *Cerostoma  
xylostella* Linnaeus, 1758

**Пальцекрилкові – Pterophoridae**

Пальцекрилка п'ятилапа – *Alucita  
(Pterophorus) pentadactyla* Linnaeus, 1758

**Оцінка ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся  
за видами, родинами і рядами, 2022 – 2024 рр.**

№ з/п	Ряд	Родина	Види	
			кількість	%
1	Твердокрилі – Coleoptera	Сверляки – Lumexylidae	3	1,04
		Вусачеві – Cerambycidae	25	8,74
		Довгоносикові – Curculionidae	26	9,09
		Зерноїдові – Bruchidae	1	0,34
		Златкові – Buprestidae	18	6,29
		Коваликові – Elateridae	11	3,84
		Короїдові – Iridae	30	10,48
		Листоїдові – Chrysomelidae	18	6,29
		М'якотілкові – Cantharidae	4	1,39
		Майкові – Meloidae	1	0,34
		Деревогризові – Lyctidae	1	0,34
		Пластинчастовусі – Scarabaeidae	12	4,19
		Плоскоходові – Platypodidae	1	0,34
		Сонечкові – Coccinellidae	10	3,49
		Трубкокрутові – Attelabidae	7	2,44
		Турунові – Carabidae	9	3,14
		Чорнишеві – Tenebrionidae	2	0,69
		Шипоноски, або горбатки – Mordellidae	3	1,04
		Блищанкові – Nitidulidae	1	0,34
		Каптурники – Bostrichidae	2	0,69
Мертвоїдові – Silphidae	1	0,34		
Малинникові – Byturidae	1	0,34		
Жуки-гладіші – Phalacridae	2	0,69		
2	Лускокрилі – Lepidoptera	Переливчасті молі – Incurvariidae	3	1,04
		Пальцекрилкові – Pterophoridae	1	0,34
		Мінуючі молі – Tischeriidae	1	0,34
		Беззубі первинні молі – Eriocraniidae	1	0,34
		Серпокрилі молі – Plutellidae	5	1,74

№ з\п	Ряд	Родина	Види	
			кількість	%
3	Рівнокрилі – Homoptera	Горбаткові – Membracidae	2	0,69
		Цикадкові – Cicadellidae	3	1,39
		Слинянкові – Aphrophoridae	3	1,04
		Попелицеві – Aphididae	19	6,64
		Хермесові – Adelgidae	6	2,09
		Псевдощитівки – Coccidae	7	2,79
		Повстярі – Eriococcidae	3	1,04
		Червці – Kerмесidae	2	0,69
		Щитівки – Diaspididae	6	2,09
		Білокрилкові – Aleyrodidae	2	0,69
Листоблішккові – Psyllidae	1	0,34		
4	Напівтвердокрилі – Hemiptera (Heteroptera)	Сліпнякові – Miridae	6	2,09
		Червоноклопові – Pyrrhocoridae	1	0,34
		Крайовикові – Coreidae	3	1,04
		Щитникові – Pentatomidae	9	3,14
		Клопи підкоровики – Aradidae	1	0,34
		Черепашкові – Scutellaridae	2	0,69
		Лігієві – Lygaeidae	2	0,69
5	Прямокрилі – Orthoptera	Вовчкові – Gryllotalpidae	1	0,34
		Акридові – Acrididae	2	0,69
6	Бахромчатокрилі (Трипси) – Thysanoptera	Трипси – Thripidae	5	1,74
	6	51	286	100

Нашими дослідженнями встановлено, що найчисельнішими в досліджуваних листяних біотопах Київського Полісся були види: глифіна березова (*Glyphina betulae* Linnaeus, 1758), сімідобій березовий (*Symydobius oblongus* Heyden, 1837), еуляхнус прудкий (*Eulachmus agilis* Kaltenbach, 1843), червець кленовий борошнистий (*Phenacoccus aceris* Signoret, 1875), подушечниця березова (*Pulvinaria betulae* Signoret, 1873), псевдощитівка акацієва (*Parthenolecanium corni* Bouche, 1844), листоблішка березова (*Psylla betulae* L.), мереживниця грушева (*Stephamitis pyri* Fabricius, 1775), хрущ західний (*Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758), кальвія десятикрапка (*Calvia decimguttata* Linnaeus, 1758), ковалик вербовий (*Cidnopus aeruginosus* Olivier, 1790), вузько-

тіла златка березова (*Agrilus betuleti* Ratzeburg, 1837), короїд-типограф (*Ips typographic* Linnaeus, 1873), шпанська мушка аптекарська (*Lytta vesicatoria* Linnaeus, 1758), лептура червона (*Leptura rubra* Linnaeus, 1758), листоїд осиковий (*Chrysomela tremulae* Paykull, 1799), трубокрут березовий (*Byctiscus betulae* Linnaeus, 1758), довгоносик березовий (*Curculio cerasorum* Fabricius, 1775), листяник березовий (*Polydrusus picus* Fabricius, 1792), заболонник березовий (*Scolytus ratzeburgi* Janson, 1856), мертвоїд деревинний (*Xylodrepa quadripunctata* Linnaeus, 1761), гарпал блискучий (*Harpalus affinis* Schrank, 1781), красотіл пахучий (*Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758), птеростих мідний (*Poecilus cupreus* Linnaeus, 1758), турун гладенький (*Carabus*

*glabratus* Paykull, 1790), шипшинова пагонова переливчаста міль (*Lampronia pubicornis* Haworth, 1828), інкурварія березова (*Incurvaria pectinea* Haworth, 1828), тишерія дубова (*Tischeria complanella* Hübner, 1817) та ін.

Чисельність домінувальних видів комах у листяному біотопі коливалась у межах 60–257 екз. Найчисельнішими були види: червець кленовий борошністий (*Phenacoccus aceris* Signoret, 1875) – 178 екз., подушечниця березова (*Pulvinaria betulae* Signoret, 1873) – 60 екз., псевдоцитівка акацієва (*Parthenolecanium corni* Bouche, 1844) – 124 екз., листоблішка березова (*Psylla betulae* L.) – 186 екз., хрущ західний (*Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758) – 257 екз., мертвоїд деревинний (*Xylodrepa quadripunctata* Linnaeus, 1761) – 112 екз., шипшинова пагонова переливчаста міль (*Lampronia pubicornis* Haworth, 1828) – 218 екз., інкурварія березова (*Incurvaria pectinea* Haworth, 1828) – 101 екз. Відмічено також вагому чисельність інших видів: гарпал блискучий (*Harpalus affinis* Schrank, 1781), красотіл пахучий (*Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758), птеростих мідний (*Poecilus cupreus* Linnaeus, 1758), турун гладенький (*Carabus glabratus* Paykull, 1790), кальвія десятикрапка (*Calvia decimguttata* Linnaeus, 1758) – 86, 58, 67, 70 та 56 екз., відповідно. Це ентомофаги, вони мало пов'язані з березою повислою та іншими листяними породами дерев і використовують листяні біотопи для знаходження корму та прихистку.

Згідно з результатами моніторингових досліджень та аналізу ентомологічного біорізноманіття відмічено, що мертвоїди в значній чисельності траплялися у всіх досліджених листяних біотопах, де була повалена деревина, особливо у вологих місцях лісу (листяний біотоп, с. Толокунь).

Отримані результати дають змогу екологічно обґрунтувати заходи щодо охорони та відновлення біорізноманіття на засадах

вдосконалення структури листяних біотопів за рахунок приведення у відповідність лісових масивів, лісо- і водомеліорації та ін. Впровадження розроблених заходів із збереження й оновлення біорізноманіття сприятиме підвищенню продуктивності та екологічної стійкості листяних біотопів у Київському Поліссі.

## ВИСНОВКИ

У ході здійснених досліджень виявлено, що ентомологічне біорізноманіття листяних біотопів Київського Полісся (населені пункти Ясногородка, Толокунь, Сухолуччя) становило 286 видів і систематично відносилось до 51 родини з 6 рядів. Серед даного ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів найчисельнішим є ряд Coleoptera, до якого входило 187 видів з 22 родин, що сягало 65,3% від загальної кількості.

У результаті екологічного аналізу зазначено, що кількісне домінування досліджених видів ентомологічного біорізноманіття ряду Coleoptera становило за родинами: Iridae – 30 видів, Curculionidae – 26 видів, Cerambycidae – 25 видів, Vuprestidae та Chrysomelidae – по 18 видів. У родині Aphididae (ряд Homoptera) відмічено 19 видів ентомологічного біорізноманіття.

Визначено, що чисельність домінуючих видів листяних біотопів сягала 60–257 екз., до того ж найчисельнішими були види: шипшинова пагонова переливчаста міль (*Lampronia pubicornis* Haworth, 1828) – 218 екз., хрущ західний (*Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758) – 257 екз., листоблішка березова (*Psylla betulae* L.) – 186 екз., червець кленовий борошністий (*Phenacoccus aceris* Signoret, 1875) – 178 екз.

Отже, обґрунтовано заходи зі збереження ентомологічного біорізноманіття листяних біотопів і відзначено, що надзвичайно актуальним є створення анованих списків ентомофауни та проведення екологічного аналізу її поточного стану.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Vagaliuk L.V., Lisovsky M.M. and Palamarchuk S.P. Biodiversity and its conservation. Tutorial. Kyiv, 2024. 285 p.
2. van Klink R., Bowler D.E., Gongalsky K.B. et al. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*.

2020. Vol. 368. P. 417–420.
3. Sabluk W.T., Sinchenko V.M., Grischenko O.M. et al. Effect of various agriculture systems on pest entomofauna diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 8–12.
  4. Pureswaran D.S., Maran A.M. and Pelini S.L. Insect communities. *Climate Change*. 2021. Vol. 18. P. 389–407.
  5. Ceballos Gerardo, Paul R. Ehrlich and Peter H. Raven. Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *PNAS, Latest Articles*. 2020. Vol. 117 (24). P. 13596–13602. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1922686117>.
  6. Santos S.R., Specht A., Carneiro E. and Casagrande M.M. The influence of agricultural occupation and climate on the spatial distribution of *Plusiinae* (*Lepidoptera: Noctuidae*) on a latitudinal gradient in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2021. Vol. 65 (1). P. 457–463.
  7. Созінов О.О. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Кн. 1. Київ: Нічлава, 2005. 384 с. URL: [https://biomodel.info/wp-content/uploads/2009/03/git\\_ei\\_v17.pdf](https://biomodel.info/wp-content/uploads/2009/03/git_ei_v17.pdf).
  8. Лісовий М.М., Чайка В.М. Екологічна функція ентомологічного біорізноманіття. Фауна комах-фітофагів деревних і чагарникових насаджень Лісостепу України: моногр. Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2008. 384 с.
  9. Чайка В.М., Лісовий М.М., Міняйло Н.В. Еколого-економічна оцінка екосистемних послуг на прикладі комах-запилювачів. *Biological Systems: Theory And Innovation*. 2021. Вип. 12. № 2. С. 17–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.02.002>. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/biologiya2021.02.002>.
  10. Лісовий М.М., Чайка В.М. Концептуальні підходи досліджень ентомологічного різноманіття агроценозів України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 188–194. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220288>.
  11. Bocchi Federica et al. Are We in a Sixth Mass Extinction? The Challenges of Answering and Value of Asking. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1086/722107>.
  12. McLellan R., Iyengar L. and Jeffries B. WWF Living Planet Report 2020: people and places, species and spaces / Ed. by N. Oerlemans. Switzerland, 2020. P. 178.
  13. Barnosky et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Macmillan Publishers Limited. All rights reserved. *Nature*. 2020. Vol. 53. P. 471.
  14. Sanchez-Bayo F. and Wyckhuys K. A.G. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*. 2019. № 232. P. 8–27.
  15. Hallmann Caspar A., Axel Ssymank, Martin Sorg and Eelke Jongejans. Insect biomass decline scaled to species diversity: General patterns derived from a hoverfly community. *PNAS*. 2021. Vol. 118. № 2.
  16. Chunguan Shu and Siyu Wang. Why measuring the economic value of ecosystems is important. 2023. URL: <https://www.weforum.org>.
  17. Звіт «Жива планета» за 2020. URL: <https://wwf.ua/?792591/LPR-2020-ukraine>.
  18. Evans K.S., Mamo M., Wingeyer A. et al. Soil fauna accelerate dung pat decomposition and nutrient cycling into grassland soil. *Rangel. Ecol. Manag.* 2019. Vol. 72. P. 667–677.
  19. Goncalves F., Carlos C., Crespo L. et al. Soil Arthropods in the douro demarcated region vineyards: general characteristics and ecosystem services provided. *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (4). P. 7837.
  20. Мостов'як С.М., Мостов'як І.І. Екологічне значення ентомофауни та основні чинники втрати її біорізноманіття. *Збалансоване природокористування*. 2021. Вип. № 3. С. 103–113. DOI: <http://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247149>.
  21. Макаренко Н.А. та ін. Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 4. С. 98. DOI: <https://doi.org/dopovidi2022.04.003>.
  22. Класифікація рослинності та біотопів України: матеріали III-ї наук.-теорет. конф. (м. Київ, 19–20 квітн.2018) / за ред. Я.П. Дідуха, Д.В. Дубини. Київ, 2018.
  23. Національний каталог біотопів України / за ред. А.А. Куземко, Я.П. Дідуха. Київ: ФОП Клименко Ю.Ю., 2018. URL: <https://geobot.org.ua/files/publication/1828/catalog.pdf>.
  24. Чайка В., Вагалюк Л. Екологічні засади збереження агробіорізноманіття комах-дендробіонтів Північного Лісостепу України: моногр. / за ред. В.М. Чайки. Київ: «Компринт», 2018. 174 с.
  25. Chaika V., Lisovyy M., Ladyka M. et al. Impact of climate change on biodiversity loss of entomofauna in agricultural landscapes of Ukraine. *Journal of Central European Agriculture*. 2021. Vol. 22. № 4. P. 830–835.
  26. Lopez-Vaamonde C., Kirichenko N. and Ohshima I. Collecting, Rearing, and Preserving Leaf-Mining Insects. Measuring Arthropod Biodiversity. Springer, Cham. 2021. P. 439–466.
  27. Leafminers and plant galls of Europe / Ed. by N.E. Willem. 2013. URL: <http://www.bladmineerders.nl>.
  28. Омелюта В.П., Григорович І.В., Чабан В.С. та ін. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / за ред. В.П. Омелюги. Київ: Урожай, 1986.
  29. Roques A., Cleary M. and Matsiakh I. Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants / Ed. by R. Eschen. CAB International. 2017.
  30. Довідник із захисту рослин / за ред. М.П. Лісового. Київ: Урожай, 1999.
  31. Karsholt O. and Nieuwerkerken E.J. van. *Lepidoptera, Moths*. Fauna Europaea version. 2017.06. URL: <https://fauna-eu.org>.

## REFERENCES

1. Vagaliuk, L.V., Lisovyy, M.M. & Palamarchuk, S.P. (2024). Biodiversity and its conservation [Tutorial]. Kyiv: Komprint [in English].
2. van Klink, R., Bowler, D.E., Gongalsky, K.B. et al. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances.

- Science*, 368, 417–420 [in English].
3. Sabluk, W.T., Sinchenko, V.M., Grischenko, O.M. et al. (2021). Effect of various agriculture systems on pest entomofauna diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 8–12 [in English].
  4. Pureswaran, D.S., Maran, A.M. & Pelini, S.L. (2021). Insect communities. *Climate Change*, 18, 389–407 [in English].
  5. Ceballos, Gerardo, Paul, R. Ehrlich & Peter, H. Raven (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *PNAS, Latest Articles*, 117 (24), 13596–13602. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1922686117> [in English].
  6. Santos, S.R., Specht, A., Carneiro, E. & Casagrande, M.M. (2021). The influence of agricultural occupation and climate on the spatial distribution of *Plusiinae* (Lepidoptera: Noctuidae) on a latitudinal gradient in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 65 (1), 457–463 [in English].
  7. Sozinov, O.O. (2005). *Agrobioriznomanitya Ukrainy: teoriya, metodologiya, indykatory, pryklady [Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples]*. Kyiv: Nichlava. URL: [https://biomodel.info/wp-content/uploads/2009/03/git\\_ei\\_v17.pdf](https://biomodel.info/wp-content/uploads/2009/03/git_ei_v17.pdf) [in Ukrainian].
  8. Lisovyy, M.M. & Chayka, V.M. (2008). *Ekologichna funkciya entomologichnogo bioriznomanittia. Fauna komakh-fitofagiv derevnyh i chagarnykovykh nasadzen Lisostepu Ukrainy: monografiya [Ecological function of entomological biodiversity. Fauna of phytophagous insects of tree and shrub plantations of the Forest Steppe of Ukraine: monograph]*. Kamyanez-Podilskyy: Aksioma [in Ukrainian].
  9. Chayka, V.M., Lisovyy, M.M. & Minyaylo, N.V. (2021). Ekolohe-ekonomichna otsinka ekosystemnykh posluh na prykladi komakh-zaplyuvuvachiv [Ecological and economic evaluation of ecosystem services on the example of pollinating insects]. *Biological Systems: Theory And Innovation*, 12, 2, 17–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.02.002>. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/biologiya2021.02.002> [in Ukrainian].
  10. Lisovyy, M.M. & Chayka, V.M. (2017). Kontseptual'ni pidkhody doslidzhen' entomolohichnoho riznomanittya ahrotsenoziv Ukrainy [Conceptual approaches to the study of entomological diversity of agrocenoses of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Ahroecological journal*, 2, 188–194 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220288>.
  11. Bocchi, Federica et al. (2022). Are We in a Sixth Mass Extinction? The Challenges of Answering and Value of Asking. *The British Journal for the Philosophy of Science*. DOI: <https://doi.org/10.1086/722107> [in English].
  12. McLellan, R., Iyengar, L., Jeffries, B. & Oerlemans, N. (Ed.). (2020). *WWF Living Planet Report 2020: people and places, species and spaces*. Switzerland [in English].
  13. Barnosky et al. (2020). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Macmillan Publishers Limited. All rights reserved. *Nature*, 53, 471 [in English].
  14. Sanchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A.G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27 [in English].
  15. Hallmann, Caspar A., Axel, Ssymank, Martin, Sorg & Eelke, Jongejans (2021). Insect biomass decline scaled to species diversity: General patterns derived from a hoverfly community. *PNAS*, 118, 2 [in English].
  16. Chunguan, Shu & Siyu, Wang (2023). Why measuring the economic value of ecosystems is important. URL: <https://www.weforum.org> [in English].
  17. Zvit «Zhyva planeta» [Report «Living Planet»]. (2020). URL: <https://wwf.ua/?792591/LPR-2020-ukraine> [in Ukrainian].
  18. Evans, K.S., Mamo, M., Wingeyer, A. et al. (2019). Soil fauna accelerate dung pat decomposition and nutrient cycling into grassland soil. *Rangel. Ecol. Manag.*, 72, 667–677. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.01.008> [in English].
  19. Goncalves, F., Carlos, C., Crespo, L. et al. (2021). Soil Arthropods in the douro demarcated region vineyards: general characteristics and ecosystem services provided. *Sustainability*, 13 (4), 7837 [in English].
  20. Mostoviak, S. & Mostoviak, I. (2021). Ecological significance of entomofauna and main factors of loss of its biodiversity. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced Nature Using*, 3, 103–113. DOI: <http://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247149> [in Ukrainian].
  21. Makarenko, N.A. et al. (2022). Vplyv rosiys'koyi voyennoyi ahresiyi na pryrodni resursy Ukrainy: analiz situatsiyi, metodolohiya otsynuyannya [The impact of Russian military aggression on the natural resources of Ukraine: analysis of the situation, assessment methodology]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy — Scientific reports of Nubip of Ukraine*, 4, 98. DOI: <https://doi.org/dopovidi2022.04.003> [in Ukrainian].
  22. Diduh, Ya.P. & Dubyna, D.V. (Eds.). (2018). *Klasyfikaciya roslynnosti ta biotopiv Ukrainy [Classification of vegetation and biotopes of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
  23. Kuzemko, A.A. & Diduh, Ya.P. (Eds.). (2018). *Natzionalnyy katalog biotopiv Ukrainy [National catalog of biotopes of Ukraine]*. Kyiv: FOP Klymenko Yu.Ya. URL: <https://geobot.org.ua/files/publication/1828/catalog.pdf> [in Ukrainian].
  24. Chaika, V.M. (Ed.) & Vagaliuk, L. (2018). *Ekolohichni zasady zberezheniya ahrobioriznomanittya komakh-dendrobiontiv Pivnichnoho Lisostepu Ukrainy: monografiya [Ecological principles of preservation of agrobiodiversity of dendrobiont insects of the Northern Forest Steppe of Ukraine: monograph]*. Kyiv: CP «Komprint» [in Ukrainian].
  25. Chaika, V., Lisovyy, M., Ladyka, M. et al. (2021). Impact of climate change on biodiversity loss of entomofauna in agricultural landscapes of Ukraine. *Journal of Central European Agriculture*, 22 (4), 830–835 [in English].
  26. Lopez-Vaamonde, C., Kirichenko, N. & Ohshima, I. (2021). Collecting, Rearing, and Preserving Leaf-Mining Insects. *Measuring Arthropod Biodiversity*. 439–466 [in English].



27. Willem, N.E. (2013). Leafminers and plant galls of Europe. URL: <http://www.bladmineerders.nl> [in English].
28. Omeliuta, V.P. (Ed.), Grygorovych, I.V., Chaban, V.S. et al. (1986). *Oblik shkidnykiv i hvorob silskogospodarskyh kultur [Registration of pests and diseases of agricultural crops]*. Kyiv: Urojai [in Ukrainian].
29. Roques, A., Cleary, M., Matsiakh, I. & Eschen, R. (Ed.). (2017). Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants. CAB International [in English].
30. Lisovyy, M.P. (Ed.). (1999). *Dovidnyk iz zahystu Roslyn [Handbook on plant protection]*. Kyiv: Urojai [in Ukrainian].
31. Karsholt, O. & Nieuwerkerken, E.J. (2017). van. *Lepidoptera*, Moths. Fauna Europaea version. URL: <https://fauna-eu.org> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.09.2024

---

## ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СІЛЬСЬКИХ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА ВПЛИВУ СВИНАРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Н.В. Палапа<sup>1</sup>, О.В. Устименко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: palapa60@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3748-6414

<sup>2</sup>Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН  
(с. Березоточа, Полтавська обл., Україна)  
e-mail: ukrvilar@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5321-6812

*Відходи тваринництва є джерелом викидів аміаку, метану та інших газів у повітря. За зберігання у лагунах відкритого типу або внесення на поля у великій кількості місцеве населення, що проживає поряд із промисловими фермами, потерпає від неприємного специфічного запаху. Сучасні межі санітарно-захисних зон зазвичай недостатні, щоб запобігти розповсюдження неприємного запаху, який спричинює зниження самопочуття, імунітету, алергічні реакції, респіраторні захворювання. У статті висвітлено стан підгалузі свинарства в Україні, починаючи з 1990 р., поступовий його розвиток та вплив свинарського господарства «Національний смак» на атмосферне повітря (вміст аміаку й сірководню) селітебної зони населеного пункту Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. Встановлено, що наявні розміри (300–400 м) санітарно-захисної зони свинарського господарства негативно впливають на вміст аміаку й сірководню у повітрі селітебної зони, поширення неприємних запахів у повітрі та не відповідають санітарним нормам планування й забудови населених пунктів, згідно яких санітарна зона має бути не менше 1500 м до населеного пункту за наявності 14000 гол. у рік свиней. Також з'ясовано, що зі збільшенням поголів'я свиней упродовж 2015–2018 рр. зростає також і вміст аміаку у повітрі житлової зони, перевищивши середньодобову гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 2,5 і 8 разів та сірководню — в 1,13–2,75 раза за максимальної разової 0,008 мг/м<sup>3</sup>. З метою зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище, а краще — уникнення екологічних проблем, що виникають у зоні впливу свинарських господарств, особливо великих промислових, необхідно обов'язкове проведення екологічного моніторингу та постійний контроль із боку контролюючих органів щодо відповідності норм технологічного проєктування та виконання вимог щодо поводження з відходами.*

**Ключові слова:** розвиток свинарства, забруднення повітря, аміак, сірководень, екологічні проблеми, відходи тваринництва.

### ВСТУП

Агропромислове виробництво є однією з найважливіших складових економіки кожної країни, оскільки гарантує їх продовольчу безпеку. Однією із пріоритетних та ключових галузей тваринництва є свинарство завдяки багатоплідності, скоростиглості, великій забійній вазі на тлі порівняно незначної витрати кормів на одницю продукції.

Незважаючи на те, що свинину з релігійних та інших міркувань не споживає населення не тільки окремих націй, а й деяких регіонів світу, загалом, у виробниц-

тві м'яса частка свинини становить понад 40%.

**Сучасне свинарство** — високорозвинена галузь тваринництва зі значним виробничим потенціалом. Завдяки науковим досягненням у галузі свинарства в багатьох країнах світу були удосконалені існуючі та створені нові високопродуктивні породи свиней, розроблені ефективні технології виробництва свинини на потужних промислових комплексах та дрібних фермерських господарствах.

До того ж **свиноферми** — це місце утворення, накопичення та тривалого зберігання значної кількості органічних відходів,

які можуть бути джерелом потрапляння у навколишнє природне середовище різноманітних забруднювальних речовин. Окрім того, життєдіяльність і фізіологічні процеси в організмі самих свиней можуть завдавати певної шкоди довкіллю, особливо за великого скупчення тварин на обмеженій території та неналежних умов їх утримання. Нарощування виробництва продукції свинарства призводить до збільшення викидів парникових газів (метану, нітрогену).

Джерела забруднення в галузі свинарства — відстійники з відходами на території свинокмплексів, куди потрапляють гній і сеча тварин, стічні води, залишки кормів та стимуляторів росту, різних лікувальних і дезінфікувальних засобів. У цій органічній масі відбуваються різноманітні хімічні та мікробіологічні процеси. У разі неналежної утилізації таких відходів неминучими є негативні наслідки як для навколишнього природного середовища, так і для самих тварин та працівників ферм, а також населення, яке проживає неподалік цих підприємств. Неочищені та необроблені гноюві маси, що містять у собі хвороботворні бактерії, яйця гельмінтів, насіння бур'янів, різноманітні хімічні елементи потрапляють у ґрунтові води та накопичуються у продукції рослинництва, а далі ланцюгами живлення — до організму людини, спричиняючи негативні наслідки.

**Мета:** встановити вплив свинарського господарства на якість атмосферного повітря у селітебній зоні сільського населеного пункту Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Здоров'я населення і продовольча безпека значною мірою пов'язані із рівнем виробництва та споживання білків тваринного походження, основним джерелом якого є м'ясо й м'ясопродукти. Рівень життя населення тісно корелює із розвитком галузей тваринництва, частка якого в структурі продовольства становить понад 45%, зокрема галузь свинарства займає близько

40% у забезпеченні населення м'ясою продукцією. Постійний приріст чисельності населення світу, яке до 2030 р. збільшуватиметься у середньому на 1% за рік, обумовлює зростаючу актуальність розвитку виробництва продовольства, зокрема свинарства. Основна частка споживання — майже 55% свинини припадає на країни Азії, що за рік споживають майже 60 млн т свинини. Дуже перспективними найближчим часом вважаються ринки Латинської Америки. У трійку найбільших світових виробників свинини входить США з 11% глобального виробництва свинини. ЄС та США забезпечують понад 2/3 глобального експорту свинини, постійно конкуруючи між собою за ринки збуту. Свинарство є важливою галуззю світової економіки, що забезпечує населення харчовими продуктами, переробну промисловість — сировиною, а також сприяє створенню необхідних резервів тваринницької продукції у глобальному аспекті [1].

Україна — аграрна країна і необхідною галуззю для стабільного функціонування країни є тваринництво. Малі фермери та сільгоспвиробники виробляють понад 50% валового випуску всієї сільськогосподарської продукції, включно з 9% продукції фермерських господарств (зареєстрованих сільгоспвиробників) та 41,5% продукції фізичних осіб — домогосподарств (так званих одноосібників). Іншу половину продукції виробляють корпоративні господарства, включаючи агрохолдинги. Домогосподарства домінують у тваринництві, виробляючи, наприклад 78% молока, 74 яловичини та телятини, 35 свинини та 17% курятини [2].

Упродовж останніх років у тваринництві, особливо свинарстві, спостерігається бурхливий розвиток великих свинарських господарств, які контролюють майже повний цикл виробництва, із залученням потужних фінансових та природних ресурсів. Такі підприємства інтенсивного тваринництва на обмеженій території водночас можуть утримувати тисячі, сотні тисяч тварин, що без належного управління несе серйозні ризики щодо якості води, повітря, ґрунтів,

біорізноманіття та здоров'я людей. Промислові ферми споживають велику кількість природних ресурсів і продукують викиди та відходи у значно більших обсягах, ніж можливо утилізувати локально. Підгалузь свинарства, згідно з вітчизняними і міжнародними нормами, вважається однією з найшкідливіших для навколишнього середовища. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» від 28.08.2013 № 808 визначає тваринницькі комплекси для вирощування свиней, у яких утримується понад 5 тис. гол. як такі, що становлять підвищену екологічну небезпеку.

Свинарство в Україні є однією з найстаріших сфер сільського господарства, яка у 90-х роках ХХ ст. була в занепаді. Крім стрімкого скорочення поголів'я тварин та зменшення виробництва м'яса у період переходу до ринкових відносин матеріально-технічна база свинарських підприємств та їх інфраструктура зносилися, в результаті стрімко зростає конкуренція з боку іноземних виробників м'яса й м'ясопродуктів. Через це відбулося обмеження ринків збуту м'яса та економічний занепад цієї підгалузі [3; 4].

За роки незалежності розвиток свинарства в Україні характеризувався коливанням із нестійкою тенденцією до зростання з 2006–2007 рр. Відхід від екстенсивного способу виробництва, подолання кризи 1990-х рр., застосування нових технологій вирощування свиней, поступове збільшення купівельної спроможності українських громадян та зацікавленості до продукції вітчизняного тваринництва (зокрема свинарства) і м'ясопереробки на зарубіжних ринках створили позитивні передумови для нарощування поголів'я свиней, підвищення ефективності виробництва й завоювання дедалі більших секторів на вітчизняному та закордонних ринках. На жаль, у 2012–2014 рр. у силу вступили інші (негативні) чинники, як-от складна економіко-політична ситуація в Україні та ескалація епізоотичної проблеми, що істотно погіршило умови для розвитку свинарства як з боку пропозиції, так і з боку попиту [5].

Крім того, виробники свинини дедалі частіше стикаються із занепокоєнням споживачів щодо впливу свинарства на довкілля. Екологічний вплив виробництва свинини полягає у використанні та впливі на ґрунт, повітря, воду й викиди парникових газів. Основними проблемами, що постають перед галуззю свинарства, є необхідність задовольнити зростаючий попит на свинину, зменшити вплив виробництва свинини на довкілля, відповідати більш високим стандартам утримання тварин і водночас забезпечити прибутковість галузі.

Важливим завданням еколого-безпечного ведення свинарства є зниження його негативного навантаження на довкілля. Для цього важливо дотримуватися всіх нормативно-технологічних вимог, починаючи від проектування, розміщення, будівництва свинокомплексів і закінчуючи їх виробничою діяльністю. Необхідно забезпечувати та контролювати відповідний мікроклімат як у приміщеннях для тварин, так і на території свинокомплексів загалом [6]. Однією з найнагальніших проблем у свинарстві залишається проблема утилізації відходів виробництва, що включає своєчасне видалення, забезпечення належних умов зберігання у спеціально облаштованих місцях їх утилізації.

Потужні виробники свинини у своєму бажанні одержати надприбуток часто зневажають і не дотримуються правил будівництва та експлуатації свиноферм, а також санітарних норм і правил. Це істотно позначається на умовах проживання людей у зоні впливу таких комплексів, а їхня думка щодо доцільності будівництва та функціонування свинокомплексів поблизу житлової забудови ігнорується [7].

Однією з найбільших екологічних проблем тваринницьких ферм є утворення великої кількості гною та посліду внаслідок життєдіяльності тварин. Кількість тваринних комплексів зростає з кожним роком у всьому світі. Не виключенням є і Україна, де станом на 2020 р. налічується близько 13 млн гол. худоби, загальне поголів'я свиней становить 5,7 млн, курей — 1,5 млн [8].

Тваринницькі ферми є джерелом викидів значних об'ємів небезпечних речовин і речовин-забруднювачів: аміак, концентрація якого зумовлює кислотні дощі і формування аерозолів, небезпечних для здоров'я; парникові гази (тваринництво продукує близько 18% від усіх видів парникових газів людства), зокрема, метан від цієї галузі становить близько 16% річних викидів у світі, закис азоту – 17% від загального обсягу та багато інших речовин і сполук [9].

Під час утримання свиней у повітря потрапляє велика кількість пилу від кормів, відходів сушіння та шкіри тварин. Тому, у приміщеннях, де утримують свиней концентрація пилу органічного походження під час годівлі сягає 4,2 мг/м<sup>3</sup>. Свиноферма потужністю 12 тис. свиней кожного року викидає в атмосферне повітря 18,50 млрд мікроорганізмів упродовж однієї години, 0,14 кг/м<sup>3</sup> пилу та 3,2 кг/м<sup>3</sup> аміаку. Водночас, за застарілих технологій вирощування, забруднення повітря та розповсюдження запахів поширюється на відстань до 3000 м. А збільшення поголів'я до 108 тис. тварин у рік, за подібних умов, – до 5000 м [10].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження впливу свинарського господарства ТОВ «Національний смак» на якість атмосферного повітря сільської селітебної зони здійснювали на території населеного пункту Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. (2014–2015 та 2017 рр.), де загальна кількість голів свиней на свинокомплексі має чітку тенденцію до збільшення за роками (табл. 1). У 2016 р. не проводили дослідження у зв'язку зі спалахом свинячого грипу, який на той час був

Таблиця 1. Поголів'я свиней у роки досліджень

Назва свинарського господарства	Кількість свиней за роками, гол.			
	2014	2015	2016	2017
ТОВ «Національний смак» (с. Литвяки)	7859	8679	11933	14000

поширений у Полтавській обл. Дані щодо поголів'я свиней отримали безпосередньо у господарстві.

У повітрі селітебної зони с. Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. визначали вміст аміаку та сірководню універсальним газоаналізатором (УГ-2) [11] з подальшою оцінкою впливу господарства на якість повітря.

Наявні розміри санітарно-захисної зони, вказаного свинарського господарства, впливають на вміст токсичних речовин у водних джерелах, ґрунтах, на поширення неприємних запахів у повітрі та не відповідають санітарним нормам забудови, наведених у табл. 2 [12].

Таблиця 2. Розміри санітарно-захисних зон (СЗЗ) від тваринницьких підприємств до житлової забудови

Поголів'я	Розмір СЗЗ, м
<i>Свинарські ферми в СФГ</i>	
на 15 гол.	25
на 30 гол.	50
на 50 гол.	75
на 75 гол.	100
на 100 гол.	150
на 150 гол.	300
на 200 гол.	400
<i>Свинофабрики та свиноферми в державних та колективних підприємствах</i>	
до 12 тис. гол./рік	500
12–24 тис. гол./рік	1500
54 і більше тис. гол./рік	2000

Примітка: сформовано авторами на основі [12].

Враховуючи те, що населений пункт знаходиться на відстані 300–400 м від свинарського господарства, неприємні запахи поширюються не тільки на територію села, але й далеко за його межами.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вартість свинини знаходиться на третьому місці після ягнятини та яловичини, а за своїми поживними й кулінарними перевагами свинині належить перше місце



з-поміж іншої м'ясної продукції. Свинарство є важливою галуззю національної економіки, яка забезпечує населення харчовими продуктами, переробну промисловість — сировиною, а також сприяє створенню необхідних державних резервів тваринницької продукції [13–15].

Галузь свинарства залишається однією з найперспективніших у формуванні продовольчої безпеки України. Свинарство, як національна галузь України, традиційно посідає перше місце серед інших галузей тваринництва за своєю економічною значимістю. Саме свинарство стало основним джерелом швидкого зростання виробництва м'яса в кризові часи [16–19].

Однак варто відмітити, що саме у кризовий період для України і українців поголів'я свиней і виробництво свинини перемістилося з великих сільськогосподарських підприємств (колгоспів і радгоспів), які були розформовані, на невеликі за площею господарства населення (табл. 3).

Після недолуго проведеної реформи агропромислового комплексу 1990 р. значно зросло поголів'я свиней у господарствах населення. Максимальна кількість свиней станом на 1990 р. ще переважала в сільськогосподарських підприємствах. Після 1990 р. ситуація почала різко змінюватися. Щоб прогодувати свої родини, селяни почали масово розводити і вирощувати свійських тварин у своїх приватних садибах. І вже станом на 2000 р. поголів'я свиней

повністю превалювало у господарствах населення і становило 68,5% від усього поголів'я України. Цілком закономірно, що й виробництво свинини (86,5%) також переважає у господарствах населення. Станом на 2020 р. у сільськогосподарських підприємствах на 30,3% зросла кількість свиней порівняно з 2000 р. завдяки активному розвитку підгалузі свинарства.

Асоціація «Свинарі України», сайт PigUa.info та журнал «Прибуткове свинарство» оприлюднили рейтинг найпопулярніших промислових свинарських господарств України. Станом на 01.01.2023 р. до основних зон скупчення найактивніших виробників свинини увійшли Київська, Черкаська, Полтавська, Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська та Дніпропетровська обл. А взагалі в Україні функціонують 59 промислових свиного господарств з 19 областей України, загальне поголів'я яких сягає 1,74 млн гол. Лідером серед промислових свиного господарств України з поголів'ям 313158 гол. стало СП ТОВ «Нива Переяславщини», за ним йдуть ТзОВ «Гудвеллі Україна» — 219951 гол., «Агропродсервіс» — 162300 та «Аграрна компанія 2004» — 116841 гол. [20].

Однією з найбільших екологічних проблем промислових ферм є утворення великої кількості відходів. В Україні наразі немає жорстких вимог до того, як ферми будуть утилізувати відходи. Останні можуть накопичуватися та зберігатися у

Таблиця 3. Динаміка поголів'я свиней та виробництво свинини, %

Поголів'я	Роки						
	1990	1995	2000	2005	2010	2015*	2020*
<i>Поголів'я свиней</i>							
Сільськогосподарські підприємства	72,4	54,4	31,5	36,9	45,5	52,3	61,8
Господарства населення	27,6	45,6	68,5	63,1	54,5	47,7	38,2
<i>Виробництво свинини</i>							
Сільськогосподарські підприємства	56,7	25,2	13,5	22,5	40,6	52,6	55,2
Господарства населення	43,3	74,8	86,5	77,5	59,4	47,4	44,8

*Примітка:* сформовано авторами на основі [2].

\* Без тимчасово окупованого Криму та частини тимчасово окупованих територій Донецької і Луганської обл.

спеціальних сховищах (із можливим подальшим компостуванням, або вермикультивуванням частини фракції під час розділення на фракції), піддаватися анаеробній біологічній обробці для одержання біогазу, фізико-хімічній або механіко-біологічній обробці. На практиці, на більшості ферм використовується саме варіант накопичення та зберігання відходів у лагунах переважно відкритого типу. Після цього відходи вносяться на поля як органічне добриво. Таке поводження з відходами не є екологічною проблемою, якщо ферма мала або середня і обсяги утворення відходів невеликі, дотримані правила безпеки поводження з відходами та режим внесення відходів у ґрунт. За таких умов відходи є цінним органічним добривом. Проблеми виникають тоді, коли порушуються правила поводження з відходами і коли такий метод застосовується на великих промислових фермах. Промислові ферми мають поголів'я у сотні тисяч голів тварин або мільйони голів птахів на рік і, відповідно, тисячі кубічних метрів відходів, які збирають у лагуни та зберігають від декількох місяців до року перед вивезенням на поля. В Україні близько 50% тваринницьких ферм — промислові. Ось тут і виникають проблеми екологічного характеру.

З одного боку, активний розвиток підгалузі свинарства — це позитивний процес, адже переважно свинарство забезпечує продовольчу безпеку України з виробництва м'яса та м'ясопродуктів, з іншого — такі великі свинокомплекси безперечно негативно впливають на навколишнє середовище, забруднюючи водні джерела, ґрунт та атмосферне повітря. Наразі в Україні утворення великої кількості відходів на промислових фермах — це екологічна проблема, адже тверді та рідкі відходи свиней є джерелом викидів аміаку, метану й інших газів у повітря. За зберігання у лагунах відкритого типу або внесення на поля у великій кількості місцеве населення, що проживає поряд із промисловими фермами, потерпає від неприємного специфічного запаху. В Україні такі складові запаху, як метилмеркаптан, диметиламін, диметил-

сульфід не нормуються. Нормуються лише основні сполуки, такі як метан, аміак, діоксид азоту, але і сучасні межі санітарно-захисних зон зазвичай не достатні, щоб запобігти поширення неприємних запахів, які спричиняють погане самопочуття, зниження імунітету, алергічні реакції, респіраторні захворювання, дискомфорт і депресію.

Окрім неприємного запаху, що розповсюджується на кілометри, викиди від промислових ферм є шкідливими для довкілля та спричиняють зміну клімату. Відповідно до оцінок Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства, тваринництво відповідає за 18% від усіх викидів парникових газів людства — це більше, ніж викиди від транспорту. Тверді відходи тваринництва спричиняють викиди 7% загального обсягу від викидів закису азоту, який є одним із найнебезпечніших парникових газів.

Аміак виділяється в атмосферу переважно під час зберігання відходів у лагунах та їх внесенні на поля. Викиди аміаку небезпечні, оскільки аміак може викликати закислення ґрунтів та евтрофікацію водойм. Аміак також є непрямим джерелом оксиду азоту, потенційного парникового газу. Враховуючи проблеми з відходами тваринництва, поводження з ними вимагає жорсткого регулювання, особливо для промислових ферм.

Як зазначалося, гній та послід є побічними продуктами тваринництва, основним джерелом нітратного забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод. Відходи тваринництва також спричиняють викиди аміаку в атмосферне повітря, які мають вплив на здоров'я людей та довкілля, оскільки пов'язані з процесами окиснення в ґрунтах, евтрофікацією водних об'єктів, приземним озоновим та іншими забрудненнями (діоксиду сірки, оксидів азоту, леткими органічними речовинами). Крім того, будь-яка діяльність, пов'язана з тваринництвом, управлінням відходами тваринництва та використанням добрив, а також до вивільнення оксиду азоту ( $N_2O$ ) й метану ( $CH_4$ ) — парникових газів, які мають по-

тенціал глобального потепління відповідно в 10 та 21 разів більший за  $\text{CO}_2$ .

Нами здійснювалися дослідження щодо стану атмосферного повітря селітебної зони за вмістом аміаку та сірководню у зоні впливу свинарського господарства.

**Аміак** ( $\text{NH}_3$ ) — безбарвний газ із характерним різким запахом і їдким смаком, який майже вдвічі легший за повітря.

Забруднення навколишнього середовища у зоні впливу тваринницьких підприємств визначається складом твердих відходів та рідких стоків, які залежать від таких основних чинників, як вид тварин, їх чисельність, якість і кількість кормів, росту, статі й маси тварин, способу утримання тварин, способу видалення, зберігання та застосування відходів.

Рідкі відходи містять значну кількість патогенних організмів, у процесі анаеробного його розкладу утворюються шкідливі гази (сірководень, аміак та ін.), а також жирні кислоти, аміни й інші сполуки з неприємним запахом. Тому за відсутності належного контролю за його збереженням та використанням створюється реальна загроза поширення інфекційних хвороб у зоні тваринницьких комплексів.

На атмосферне повітря істотно впливає неправильне зберігання і використання безпідстилкових відходів. За зберігання їх у відкритих емностях випаровується і потрапляє в атмосферу аміак, молекулярний азот та інші його сполуки. Утворені

газоподібні продукти розпаду зумовлюють неприємний запах.

Один свинарський комплекс на 40 тис. тварин упродовж 1 год викидає в атмосферу до 9 кг пилу, до 50 кг аміаку, 5 кг сірководню, понад 80 млрд мікроорганізмів.

Газоподібний аміак — токсична сполука, який небезпечний під час вдихання. За гострого отруєння аміаком уражуються очі і дихальні шляхи, за високих концентрацій може наступити смерть. Викликає сильний кашель, задуху, за високої концентрації парів — збудження, марення. При контакті зі шкірою — пекучий біль, набряки, опіки. За хронічних отруєнь спостерігаються розлад травлення, катар верхніх дихальних шляхів, ослаблення слуху. У тяжких випадках отруєння, коли потерпілий вдихав аміак особливо високих концентрацій, розвивається рефлекторний ларингоспазм або набряк голосової щілини, що може призвести до миттєвої смерті людини чи тварини [21].

За результатами експериментального дослідження атмосферного повітря селітебної території с. Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. виявлено, що вміст аміаку у повітрі житлової зони даного населеного пункту перевищив середньодобову ГДК у 2,5 та 8 разів. Максимальна середньодобова гранична допустима концентрація аміаку у повітрі становить  $0,02 \text{ мг/м}^3$ , середньодобова —  $0,04$  (рис. 1).

Наступний газ, який ми досліджували був сірководень [21]. **Сірководень** ( $\text{H}_2\text{S}$ ) —

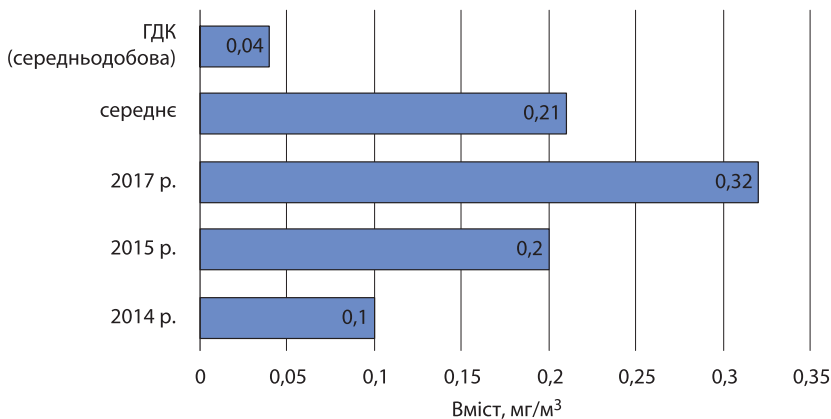


Рис. 1. Вміст аміаку в атмосферному повітрі селітебної зони

це безбарвний газ із неприємним запахом зіпсованих яєць. Утворюється він у результаті контакту сірки з воднем. На звалищах сірководень утворюється під час гниття харчових відходів. Оскільки він важчий за повітря, осідає в глибоких ямах, канавах або навіть в колодязях. Газ має високий ступінь токсичності. Легко загоряється і, взаємодіючи з киснем, вибухонебезпечний. У повітрі горить блакитним полум'ям. Він також добре взаємодіє з сильними окислювачами. При контакті з металами викликає їх корозію. Сірководень є найактивнішим з сірковмісних елементів.

Газ має вкрай неприємний запах гниючого білка. Встановлено, що одні люди більш чутливі до цього запаху, ніж інші. Однак це стосується лише невеликих концентрацій. Якщо газу в повітрі багато, він просто паралізує нюховий нерв, і «жертва» перестає відчувати різкий запах.

Відомо, що сірководень надзвичайно отруйний. Люди, які живуть неподалік від джерел забруднення сірководнем, страждають хронічним отруєнням. У них спостерігається втрата ваги, з'являється металевий присмак у роті, погіршення зору і навіть непритомні стани. Зумовлює до отруєння навіть 0,1% газу в повітрі. Ця невелика концентрація протягом десяти хвилин здатна вбити. Газ має задушливу і подразнювальну дію на організм. Він викликає подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів. Саме вплив на дихальні шляхи

є однією з найбільш небезпечних реакцій, здатної призвести до набряку легенів. Проникаючи в організм, сірководень згубно впливає на гемоглобін крові. Залізо, яке входить до складу гемоглобіну перетворюється у сульфід заліза, у результаті чого кров набуває чорного відтінку і втрачає повністю або частково здатність переносити кисень. Газ також має негативний вплив на нервову систему. Сірководень стимулює діяльність нейронів. Він викликає депресію і занепокоєння. Під час тривалого вдихання газу можливий розвиток психічних розладів та уражень вегетативної нервової системи, відмічається порушення сну.

Здійснені дослідження селітебної території населеного пункту Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. виявили перевищення сірководню в повітрі в 1,13–2,75 раза за максимальної разової 0,008 мг/м<sup>3</sup> (рис. 2). Середньодобова ГДК для сірководню не визначена.

Отримані результати досліджень вмісту в повітрі селітебної зони аміаку та сірководню засвідчили їх перевищення, що вказує на невідповідність санітарно-захисних зон санітарним вимогам. Якщо порівняти погोलів'я свиней за роками досліджень у цьому господарстві та вміст аміаку й сірководню, то виявиться, що зі зростанням кількості свиней збільшується і вміст даних газів у повітрі житлової зони населеного пункту.

Отже, проведені дослідження екологічного стану селітебних територій, які роз-

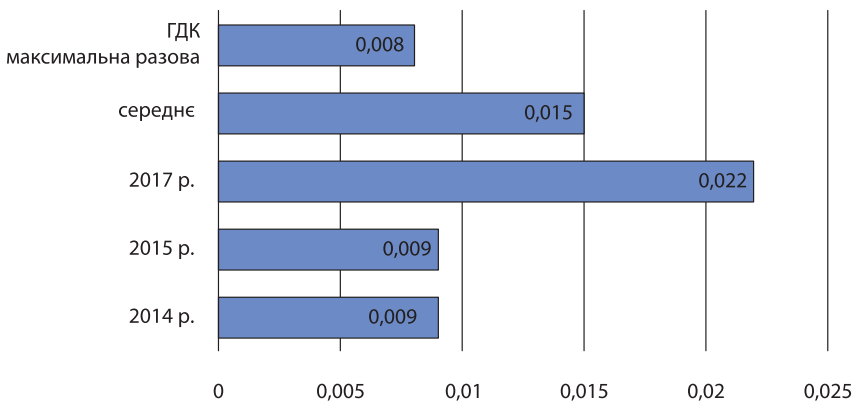


Рис. 2. Вміст сірководню в атмосферному повітрі селітебної зони

ташовані у зоні впливу свиногокомплексів за станом атмосферного повітря дають нам змогу зробити висновок, що такі промислові тваринницькі господарства своєю господарською діяльністю чинять негативний вплив на компоненти селітебних агроєкосистем (забруднюють ґрунт, воду, атмосферне повітря токсичними речовинами) та погіршують умови проживання населення.

Одним із основних моментів щодо можливості вирішення екологічних проблем є розроблення системи спеціального моніторингу та запровадження інструкції поводження з відходами для великих промислових тваринницьких ферм.

## ВИСНОВКИ

Здійсненими дослідженнями встановлено:

- у повітрі селітебної зони с. Литвяки Лубенського р-ну Полтавської обл. вміст аміаку й сірководню за роками переви-

щує у 2,5–8,0 та 1,13–2,75 рази відповідно;

- наявні розміри санітарно-захисної зони свинарського господарства негативно впливають на вміст аміаку й сірководню у повітрі селітебної зони, поширення неприємних запахів у повітрі та не відповідають санітарним нормам планування та забудови населених пунктів;
- з метою уникнення екологічних проблем, що виникають у зоні впливу свинарських господарств, особливо великих промислових, необхідно обов'язково проведення екологічного моніторингу та постійний контроль із боку контролюючих органів щодо відповідності норм технологічного проектування та виконання вимог стосовно поводження з відходами;
- одним із перспективних напрямів для України є переробка біомаси відходів тваринництва, з утворенням біогазу, який потім може використовуватися для виробництва енергії або палива.

## ЛІТЕРАТУРА

- Повод М.Г., Волошинов В.В., Лихач В.Я., Коробань М.П., Бондарська О.М. Розвиток глобального свинарства. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С. 171–175. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.24>. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/125\\_2022/24.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/125_2022/24.pdf).
- Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
- Грищенко Н.П. Розвиток свинарства в Україні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2017. Вип. 271. С. 16–23. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu\\_tevppt\\_2017\\_271\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_tevppt_2017_271_4).
- Турос О.І., Слаутенко Є., Михіна Л.І. Гігієнічна оцінка впливу викидів від сучасних свиногокомплексів на забруднення атмосферного повітря. *Довкілля та здоров'я*. 2018. № 2. С. 71–75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienichna-otsinka-vplivuvikidiv-vid-suchasnih-svino-kompleksiv-na-zabrudnennya-atmosfernogopovitrua>.
- Адамик В.В., Чернобай Л.І., Адамик О.М. Проблеми і перспективи розвитку свинарства в Україні в контексті впливу на добробут населення. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2019. № 3. С. 22–24. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2019.03.022>. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/36871/>
- 1/0%90%0%B4%0%B0%0%BC%0%B8%0%BA%20%0%92.pdf.
- Жукорський О.М., Гетья А.А., Волощук В.М. Екологічне оцінювання стану об'єктів навколишнього середовища в зоні діяльності підприємств з виробництва свинини: наук.-метод. реком. Київ, 2014. 26 с.
- Жукорський О.М., Никифорок О.В. Екологічне оцінювання впливу на довкілля підприємств з виробництва свинини різних господарсько-технологічних особливостей. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 12. С. 39–43.
- Аналітична записка. Тваринництво в Україні: вплив на довкілля. *Екологія. Право. Людина*. 2021. 15 с. URL: [https://epi.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/vidhody\\_tvarynnztva.pdf](https://epi.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/vidhody_tvarynnztva.pdf).
- Екологічні стандарти ЄС для галузі тваринництва України. 2018. 8 с. URL: [https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/EkoStandartEU\\_short-s.pdf](https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/EkoStandartEU_short-s.pdf).
- Відомчі норми технологічного проектування. ВНТП — АПК 02.05. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). *Мінагрополітика України*. Київ, 2005. 97 с. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/vntp/14-1-0-180>.
- Визначення вмісту шкідливих газів: вуглекислоти, аміаку, сірководню в повітрі тваринницьких приміщень універсальним газоаналізатором (УГ-2) та експрес-методом. URL: <https://spectrolab.com.ua/p20103020-gazoanalizator.html>.



12. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів: наказ від 19.06.1996 р. *Міністерство охорони здоров'я України*. № 173.
13. Лихач В.Я., Лихач А.В., Фаустов Р.В., Кучер О.О. Сучасний стан та тенденції розвитку вітчизняного свинарства. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2018. Т. 28. №. 4. С. 331–337. URL: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.1.10>.
14. Брик М.М. Сучасний стан та перспективи розвитку галузі тваринництва в Україні. *Економічний аналіз*. 2018. Т. 28. №. 4. С. 331–337. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/1649/6565656727>.
15. Лихач В.Я., Лихач А.В. Технологічні інновації у свинарстві: моногр. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 290 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d1a75bce-9db7-43be-91d5-f2c595dc5876/content>.
16. Повод М.Г., Андреева Д.М., Лихач А.В. та ін. Передвоєний стан вітчизняного свинарства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 175–185. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.21>.
17. Сушарник Я. А. Аналітичний огляд сучасного стану функціонування галузі свинарства. *Економіка та держава*. 2021. № 7. С. 52–56. DOI: [10.32702/2306-6806.2021.7.52](https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.7.52). URL: <http://www.economy.in.ua/?op=1&z=4976&i=8>.
18. Повод М., Бондарська О., Лихач В. та ін. Технологія виробництва продукції свинарства: навч. посібн. / за ред. М.Г. Поведа. Київ: Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/17456/1/TVPS-rz-204-bak-2024.pdf>.
19. Юрченко О.С., Бондарська О.М., Лихач В.Я. та ін. Стан вітчизняного свинарства. Проблеми та перспективи. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. Т. 1 (42). С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.8>. URL: [https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian\\_bulletin/article/view/312/276](https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/312/276).
20. АСУ оприлюднила актив галузі. URL: <http://asu.pigua.info/news/1287/?type=asu>.
21. Курсов С.В. Гострі отруєння токсичними газами на виробництві (лекція). *Медицина невідкладних станів*. 2020. Т. 16. № 7–8. С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.16.7-8.2020.223699>.

## REFERENCES

1. Povod, M.G., Voloshinov, V.V., Lykhach, V.Ya., Kobroban, M.P. & Bondarska, O.M. (2022). Rozvytok hlobal'noho svynarstva [Development of global pig farming]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 125, 171–175 [in Ukrainian].
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
3. Hryshchenko, N.P. (2017). Rozvytok svynarstva v Ukraini [Development of pig farming in Ukraine]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktiviyi tvarynytstva — Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Technology of production and processing of animal husbandry products*, 271, 16–23 [in Ukrainian].
4. Turos, O.I., Slautenko, E.G. & Mykhina, L.I. (2018). Hihiyenichna otsinka vplyvu vykydiv z suchasnykh svynokompleksiv na zabrudnennya atmosferного povitrya [Hygienic assessment of the impact of emissions from modern pig farms on atmospheric air pollution]. *Dovkillya ta zdorov'ya — Environment and health*, 2, 71–75 [in Ukrainian].
5. Adamyk, V.V., Chernobay, L.I. & Adamyk, O.M. (2019). Problemy i perspektyvy rozvytku svynarstva v Ukraini u konteksti vplyvu na dobrobit naselennya [Problems and prospects of the development of pig farming in Ukraine in the context of the impact on the welfare of the population]. *Visnyk Ternopil's'koho natsional'noho ekonomichnoho universytetu — Bulletin of the Ternopil National Economic University*, 3, 22–24 [in Ukrainian].
6. Zhukorskyi, O.M., Getya, A.A. & Voloshchuk, V.M. (2014). *Ekolohichne otsynuyannya stanu ob'yektiv navkolyshn'oho seredovyshcha v zoni diyal'nosti pidpryyemstv z vyrobnytstva svynyny: nauково-методичні рекомендації [Ecological assessment of the state of environmental objects in the area of activity of pork production enterprises: scientific and methodological recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Zhukorsky, O.M., Nikyforuk, O.V. (2014). Ekolohichne otsynuyannya vplyvu na dovkillya pidpryyemstv z vyrobnytstva svynyny riznykh hospodar'ko-tekhnolohichnykh osoblyvostey [Environmental assessment of the impact on the environment of pork production enterprises of various economic and technological features]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Herald of Agrarian Science*, 12, 39–43 [in Ukrainian].
8. Analitichna zapyska. Tvarynytstvo v Ukraini: vplyv na dovkillya [Analytical note. Animal husbandry in Ukraine: impact on the environment]. *Ekolohiya. Pravo. Lyudyna — Ecology. Right. Man*. (2021). [in Ukrainian].
9. Ekolohichni standarty YeS dlya haluzi tvarynytstva Ukrainy [EU ecological standards for the livestock industry of Ukraine]. (2018). [in Ukrainian].
10. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. (2005). *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannya. VNTP — APK 02.05. Svyars'ki pidpryyemstva (kompleksy, fermi, mali fermi) [Departmental norms of technological design. VNTP — APC 02.05. Pig farms (complexes, farms, small farms)]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Vyznachennya vmistu shkidlyvykh haziv: vuhlekysloty, amiaku, sirkovodnyu v povitri tvarynnyts'kykh prymishchen' universal'nym hazaanalizatorom (UH-2) ta ekspres-metodom [Determination of the content of harmful gases: carbon dioxide, ammonia, hydrogen sulfide in the air of livestock premises with a universal gas analyzer (UG-2) and an express

- method]. (n.d.). URL: <https://spectrolab.com.ua/ua/p20103020-gazoanalizator.html> [in Ukrainian].
12. Pro zatverdzhennya Derzhavnykh sanitarnykh pravyl planuvannya ta zabudovy naselenykh punktiv: nakaz vid 19.06.1996 r. № 173 [On Approval of State Sanitary Rules for Planning and Development of Settlements: order of June 19, 1996 No. 173]. *Ministerstvo okhorony zdorov'ya Ukrainy — Ministry of Health of Ukraine* [in Ukrainian].
  13. Lykhach, V.Ya., Lykhach, A.V., Faustov, R.V. & Kucher, O.O. (2021). Suchasnyy stan ta tendentsiyi rozvyntku vitchyznyanoho svynarstva [The current state and trends in the development of domestic pig farming]. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarynoho universytetu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University, 1 (44)*, 69–79 [in Ukrainian].
  14. Brik, M.M. (2018). Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvyntku haluzi tvarynnytstva v Ukraini [Current state and prospects for the development of the livestock industry in Ukraine]. *Ekonomichnyy analiz — Economic analysis, 28, 4*, 331–337 [in Ukrainian].
  15. Lykhach, V.Ya. & Lykhach, A.V. (2020). *Tekhnologichni innovatsiyi u svynarstvi: monografiya [Technological innovations in pig farming: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
  16. Povod, M.G., Andreyeva, D.M., Lykhach, A.V. et al. (2022). Peredvoyennyy stan vitchyznyanoho svynarstva [Pre-war state of domestic pig farming]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy, 2*, 175–185 [in Ukrainian].
  17. Susharnyk, Ya.A. (2021). Analitychnyi ohliad suchasnoho stanu funktsionuvannya haluzi svynarstva [Analytical review of the current state of functioning of the pig industry]. *Ekonomika ta derzhava — Economy and the State, 7*, 52–56 [in Ukrainian].
  18. Povod, M. (Ed.), Bondarska, O., Lykhach, V. et al. (2021). *Tekhnolohiya vyrobnytstva produktsiyi svynarstva: navchal'nyy posibnyk [Production technology of pig production: a study guide]*. Kyiv [in Ukrainian].
  19. Yurchenko, O.S., Bondarska, O.M., Lykhach, V.Ya. et al. (2024). Stan vitchyznyanoho svynarstva. Problemy ta perspektyvy [State of domestic pig farming. Problems and prospects]. *Podil's'kyy visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika — Podilsky Visnyk: agriculture, technology, economy, 1 (42)*, 55–63 [in Ukrainian].
  20. ASU oprylyudnyla aktyv haluzi [ASU published the asset of the industry]. (n.d.). [in Ukrainian].
  21. Kursov, S.V. (2020). Hostri otruyennya toksychnymy hazamy na vyrobnytstvi (lektsiya) [Acute poisoning by toxic gases at work (lecture)]. *Medytsyna nevidkladnykh staniv — Emergency medicine, 16, 7–8*, 7–17 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2024

## БІОПРЕПАРАТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ: СУЧАСНІ ТРЕНДИ Й ПЕРСПЕКТИВИ

А.А. Бунас, Є.Д. Ткач, В.В. Дворецький

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

*e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4806-7004*

*e-mail: bio\_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956*

*e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8427-7813*

*Біопрепарати — це екологічно безпечні засоби захисту рослин і беззаперечна альтернатива пестицидам та агрохімікатам. Сектор біопрепаратів, де діючим агентом є мікроорганізми (бактерії, мікроміцети, стрептоміцети) — найбільшим і становить понад 60%. Світовими лідерами виробництва біопрепаратів є більше ніж 500 компаній із США, Європейського Союзу, Китаю, Індії та ін. Найвідомішими лідерами біопрепаратів є BASF SE, Syngenta AG, Bayer AG, UPL, Corteva Agriscience та багато інших. У 2023 р. світовий ринок біопрепаратів сягав 5,23 млрд дол. США, до 2032 р. прогнозується зростання на рівні 20,4 млрд дол. США. В умовах сьогодення в Україні функціонує 24 біопідприємства, які пропонують вітчизняним агровиробникам понад 38 біопрепаратів різної дії. Останніми роками український ринок біопрепаратів зазнає значних змін, частка попиту на інокулянти (азотфіксаторів) зменшилася від 65% до 27,2% на користь біофункцідів, де зацікавленість від 27% зростає до 63,5%. Не менш важливою характеристикою біопрепарату для виробників є спосіб внесення в агроєкосистему. Найпоширенішими є біопрепарати для оброблення на листках у вигляді спрею — 64%, оброблення передпосівного матеріалу (насіння) — 23, внесення у ґрунт — 10, деструктори та препарати для зберігання врожаю не більше — 3%. Не менш цінною є препаративна форма біопрепарату, що впливає на спосіб застосування, термін зберігання та сумісність з іншими препаратами. На ринку найбільше пропозицій рідких та у вигляді суспензій біопрепаратів — понад 60%, порошкових (суха форма) — 30, гранульованих — менше 10%. Деградація 33% ґрунту у світі, забруднення навколишнього середовища, виникнення стійких шкідників та хвороб сільськогосподарських культур, постійно зростаюча чисельність населення і дефіцит еколого-безпечних харчових ресурсів для людства сприяють не лише популяризації біопрепаратів, а роблять їх безсумнівним трендом для агровиробників. Все це пов'язано з перевагами біопрепаратів, а саме високою біологічною активністю до вибраної мішені, відсутністю післядії та періоду очікування від оброблення до збору врожаю, фітотоксичністю, появою резистентності до шкідників та фітопатогенів, безпека для теплокровних тварин і людини, економічність.*

**Ключові слова:** мікроорганізми, бактерії, мікроміцети, біоінсектициди, біофункціди, деструктори, інокулянти, біородентициди, біоагенти.

### ВСТУП

Відповідно до даних ООН на Землі у 2024 р. проживає 8,2 млрд людей. Цей показник постійно зростає і очікується, що у 2037 р. населення перетне позначку 9 млрд осіб. Експерти вказують, що 2060 р. стане граничним, коли населення Землі сягатиме 10 млрд осіб [1].

На міжнародному симпозіумі ФАО (Китай, 2024 р.) з ґрунтів вчені всього світу констатували, деградацію близько 33% глобальних ґрунтів планети [2; 3]. Однак

ґрунт був і залишається важливим ресурсом та частиною природного середовища, який є джерелом харчування людства й продовольчої безпеки. Також ґрунт — це життєвий простір для людей і збереження біорізноманіття всього живого; це основа біосферних взаємодій і глобального циклу живої матерії та вуглецю, регулювання клімату й водозабезпечення екосистем. Серед чинників, які негативно впливають на ґрунт — підвищення чисельності населення та зростаюча урбанізація, збільшення і утилізація відходів, зміна кліма-

ту, ірраціональне сільське господарство [3].

Відомо, що людська діяльність змінила 3/4 поверхні суходолу і 2/3 площі океану. Впродовж 2010–2015 рр. зникло 32 млн га лісу, а за останні 150 років удвічі скоротилось кількість живих коралових рифів. У звітах про біорізноманіття Землі, ООН постулює, що через 10 років зникне кожний відомий нам четвертий вид [4]. У конвенції про біорізноманіття сформульовано поетапні шляхи підтримки та збереження біорізноманіття до 2030 та 2050 рр., визначені глобальні цілі. Так, однією з провідних цілей, визначених у Конвенції, є «Посилення біобезпеки та поширення переваг біотехнології», де акцент робиться на поводження з модифікованими організмами, збереження існуючих, ефективність застосування продуктів біотехнологічного виробництва, зокрема біопрепаратів, сприяння охороні біорізноманіття агроєкосистем [5]. Питання продовольчої безпеки, стійкості і продуктивності агроєкосистем та якості сільськогосподарської продукції невід'ємно пов'язані й дуже актуальні в ХХІ ст. Відомо, що аграрії щороку використовують близько 3 млрд т пестицидів, щоб запобігти вробам і шкідникам, які спричиняють 65 тис. агентів. Однак щороку втрачають врожаю дуже великі, до збору врожаю — 40% і після збору врожаю до 10% [6]. Такі значні втрати врожаю пов'язані з тим, що хімічні засоби захисту рослин діють тимчасово, а зі збільшенням норми та частоти їх застосування виникає стійкість у мікроорганізмів та комах.

Зважаючи на те, що тісно сполучені здоров'я ґрунту, рослин, стан агроєкосистем і навколишнього середовища використання еколого-безпечних засобів та методів захисту агроценозів стає дедалі перспективнішим і поширенішим. Відповідно поставлено **мету** дослідити тенденції виробництва біологічних засобів захисту рослин (біопрепаратів, де діючий агент мікроорганізм та продукти їх метаболізму) у світі та Україні, проаналізувати попит та пропозиції на біопрепарати; визначити попит

майбутнього з точки зору далекосяжності сьогодення.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Біологічний метод захисту рослин, біометод (*biological control or biocontrol*) — це еколого-безпечний спосіб, який дає змогу зменшити популяцію шкідливих організмів (фітопатогенні мікроорганізми, комахи, кліщі, бур'яни) та контролювати їх розвиток в агроєкосистемах за рахунок природних паразитів, антагоністів, конкурентів чи речовин, які вони продукують [7].

Біометод за своєю суттю це альтернатива хімічним методам у системах захисту рослин, оскільки: простий, безпечний, економічний з точки зору виробництва; знижує пестицидне навантаження на агроєкосистеми через зменшення використання хімічних засобів. Біометод надзвичайно широке і об'ємне поняття, в якому тільки за діючим агентом засобу захисту можна виділити кілька типів: біопрепарати на основі бактерій (Нітрофікс, Азотофіт, Поліміксобактерин, Біополіцид), мікроміцетів (Триходермін, Хетоміум), вірусів (Мадекс Твін на основі *Cydia pomonella*, грануловірус), їх комплексів (Екостерн, Деструктор Стерні, Diamond Glow Нумі [К] Bio+ «plus»); продукти метаболізму мікроорганізмів (Целюлад); концентровані біологічно активні речовини продуцентами яких є мікроорганізми (Актоверм); ентомофаги (кліщі, макролофус, афідіус, Божа корівка) та багато інших.

За експертними оцінками світовий ринок засобів біологічного контролю не залежно від діючого чинника (мікроміцети, бактерії, віруси, кліщі, комахи) у 2022 р. сягав 3,24 млрд дол. США, в 2023 р. — 5,23. У період з 2024–2032 рр. очікується зростання попиту і виробництва біозасобів у межах 14,9–16,4%. Прогнозується, що у 2028 р. ринок біозасобів становитиме 7,5 млрд дол. США, а в 2032 р. — досягне 20,4 млрд дол. США [8; 9].

Сектор біопрепаратів, де діючим агентом є мікроорганізми (бактерії, мікроміцети, стрептоміцети) є найбільшим і становить

60% ринку; віруси, окремий різновид засобів захисту і в цей сектор не входять. На думку експертів маркетингових досліджень, світовий ринок біопрепаратів від 2024 до 2034 рр. в середньому зростає на 8,5%, не зважаючи на роки зі стрімким та динамічним попитом. У 2023 р. світовий ринок біопрепаратів сягав 3,09 млрд дол. США [9], наприклад у Бразилії ринок біопрепаратів – 1,8 млрд реалів [10]. За даними Державної служби статистики України, у 2016 р. приріст ринку біопрепаратів становив понад 13%. У 2018 цей показник перевищив 38%, а з початком війни у 2022 р. – впав на 20–30%. Однак із початку 2023 р. відмічали відновлення ринку біопрепаратів, збільшення на рівні 50% [11].

Світове виробництво біопрепаратів за географією представлено на *рис. 1* [12]. Якщо розглядати виробництво окремо по країнах, то США виробляє близько 24,2%, Європейський Союз – 20,8, Китай – 19, Індія – 12,3, Японія – 5,2, Південна Корея – 3,8, Бразилія – 2,3%, на інші країни, зокрема Україну припадає 10,3% [13].

Ринок виробників сільськогосподарських біопрепаратів у розрізі компаній, то

у світі їх понад 500. Лідерами у виробництві є BASF SE (Німеччина), Syngenta AG (Швейцарія), Bayer AG (Німеччина), UPL (Індія), Corteva Agriscience (США), The Mosaic Company (США), Pro Farm Group Inc. (США), Gowan Company (США), Vegalab SA (Швейцарія), Lallemand Inc. (Канада), Valent BioSciences LLC (США) [12; 14].

Відомо, що на початку 2022 р. BASF SE представила у Бразилії біологічний фунгіцид Seltima для боротьби з азіатською іржею сої. Наприкінці 2022 р. Bayer AG придбала Biagro Group, аргентинську біологічну компанію, що посилює позиції Bayer у Латинській Америці [14].

На території України до 1990 р. налічувалося понад 268 біопереробних заводів і біолабораторій. Використання біометоду досягло 27%. Після 1991 р. близько 160 підприємств припинили діяльність. Станом на 2019 р. в Україні функціонує 24 біопереробні підприємства та біолабораторії. Серед лідерів вітчизняного виробництва є ПП «БТУ-Центр», ДП «Ензим», ТОВ «БІОНА СЕРВІС ПЛЮС», ТОВ «БІОНОРМА», Черкаський НВПБК, ДУ «Волинська обласна фітосанітарна лабораторія», «Кіровоградська обласна фітосанітарна лабораторія», «Львівська обласна фітосанітарна лабораторія», «Полтавська обласна фітосанітарна лабораторія», «Харківська обласна фітосанітарна лабораторія». Серед наукових установ – Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Інститут агроєкології і природокористування НААН, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України [15].

Всі існуючі біопрепарати для рослинництва як у світі, так і в Україні можна розділити на 5 основних категорій (*рис. 2*). «Наймолодшими» за розробленням і виробництвом є біопрепарати категорії біодеструкторів, біоредентицид. Інші категорії біопрепаратів почали досліджувати понад 70 років тому, виділяли агенти, розробляли біотехнологічні карти, мали перспективність і ефективність їх застосування. Крім



**Рис. 1.** Виробництво біопрепаратів у світі, % [12]



того, всі біопрепарати можна розподілити на чотири категорії залежно від способу оброблення рослин, а саме: внесення після збору врожаю (це деструктори та препарати для зберігання врожаю) їх частка становить від загальної кількості не більше 3%, внесення у ґрунт – 10%, оброблення насіння (передпосівного матеріалу) – 23%, оброблення на листках у вигляді спрею – 64% [14].

Біопрепарати, які рекомендовано обробляти на листках набувають найбільшої популярності, оскільки їх добре використовувати сумісно з іншими добривами та рістстимуляторами.

В умовах сьогодення існує три основних типи оброблення на листках: це рістстимуляція, це боротьба зі шкідниками, це захист від фітопатогенів [12]. Окрім того, всі біопрепарати розподіляються і за препаративною формою. Біопрепарати в рідкому стані, суспензії становлять понад 60% пропозиції ринку, суха або порошкова форма займає сегмент близько 30%, гранульований – не вище 10% [14].

Слід зазначити, що український ринок біопрепаратів зазнає значних змін, особливо серед класів біопрепаратів. Частка інокулянтів (азотфіксаторів) зменшилася від 65% до 27,2%. Однак частка біофунгіцидів значно зросла від 27% до 63,5% [15]. Станом на 2024 р. у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до застосування в Україні з чинною ліцензією, налічується близько 135 біологічних засобів захисту рослин від 38 вітчизняних виробників та 117 іноземних препаратів від виробників із 28 країн [16].

**Біоінокулянти або інокулянти** – це клас біопрепаратів, які забезпечують азотне живлення сільськогосподарських культур за рахунок симбіотичної чи асоціативної азотфіксації. За способом застосування ця група препаратів передбачає оброблення передпосівного матеріалу, оскільки клітини мікроорганізмів мають взаємодіяти безпосередньо з кореневою зоною рослин. Поширеність інокулянтів набули після відкриття симбіотичної азотфіксації у бобових культур. Найпоширенішими у світі є



Рис. 2. Основні класи біопрепаратів за дією

інокулянт для сої. Діючим агентом таких біопрепаратів є різні штами бактерії роду *Bradyrhizobium japonicum*. Також є низка інокулянтів для різних бобових культур, як-от горох (*Rhizobium leguminosarum*), квасоля (*Rhizobium phaseoli*), конюшина, люцерна (*Sinorhizobium meliloti*), нут (*Rhizobium ciceri*), люпин (*Bradyrhizobium lupini*), козлятник (*Rhizobium galegae*) та багато інших. Для бобових у США використовують Оптимаїз та Гравекс, а в Україні – Нітрофікс, Ризоактив, Ризостим, Різолайн, Андеріс, Інокулянт БТУ, Біомаг Соя, Ековітал; у Мексиці – нітрагін і парадор, в Уругваї та Аргентині – нітрозол, нітрум, атова, Новій Зеландії – різокот, Австралії – тропікол-інокулянт, нодулейт і нітроджерм, Індії – аріс агро, Єгипті – окадин, Угорщині – ризоніт-torfe. Багаторічними дослідженнями встановлено, що передпосівна бактеризація насіння бобових культур сприяє збільшенню інтенсивності фотосинтезу та врожайності в середньому на 20–35% і покращує якість продукції за вмістом протеїну на 5–6% [17–19].

Однак використання інокулянтів сьогодні не обмежується тільки бобовими культурами. Інокулянти застосовують також для передпосівної обробки насіння

різних агрокультур: технічних, просапних, зернових колосових, кукурудзи та соняшника [20; 21]. Для соняшника можна знайти інокулянт на основі *Cladosporium tenuissimum* (Біотрінсік і 180 ПС), кукурудзи і ріпаку — BINOC, BioStim на основі бактерій роду *Bacillus* та *Azotobacter*. Вітчизняні препарати діазофіт, діазобактерин і ризоентерин забезпечують азотом зернові рослини за зниження дози мінеральних азотних добрив на 25–30%. Для підвищення врожайності овочевих культур: помідорів, капусти, буряків цукрових рекомендовано Азотобактерин, Біоплант-К, Клепс.

**Біодеструктори** — відносно нова категорія біопрепаратів, дія яких зазвичай пролонгована. Основною функцією біодеструкторів є розкладання рослинних решток в агроєкосистемах, пригнічення патогенних мікроорганізмів та «оздоровлення» ґрунту через покращання агрохімічних і агрофізичних характеристик.

Зазвичай за діючим агентом серед біодеструкторів виділяють *однокомпонентні* (біологічний агент — один мікроорганізм бактеріальний чи грибний), *багатокомпонентні* (до складу входить декілька діючих штамів) та ферментативні (біопрепарати на основі культуральних рідин мікроорганізмів, полісахаридів, целюлаз, вітамінів та гормонів, які продукують мікроорганізми в процесі культивування, проте такі біопрепарати не містять живих клітин мікроорганізмів). У періодичних виданнях з'явилась інформація, що за використання комплексних біопрепаратів для деструкції органічних решток спостерігається ефект мікробіологічного вирівнювання ґрунтових умов. Учені припускають, що мікробіологічні препарати створюють, а подекуди й індукують нові ефективні мікроорганізмові мережі, які дають змогу зберегти енергетичні ресурси та поживні речовини, розподіливши їх рівномірно в ґрунті. Тому вчені мікробіологи-біотехнологи постійно знаходяться в пошуку активних продуцентів для створення біопрепаратів ще з більшим відсотком ефективності порівняно з вже відомими.

У переліку пестицидів і агрохімікатів України на початок 2024 р. [17] зареєстровано понад 25 біодеструкторів, які дають змогу прискорити розкладання органічного матеріалу в агроєкосистемах і відрізняються за діючим агентом та рівнем активності. Найчастіше з запропонованих біопрепаратів трапляються Екостерн, Целюлад Л, Polymix, MicoCell, Вермистим Д, Біонорма Деструктор, Деструктор Стерні (ДЦ), Plantonit Destrutor, Біокомплекс-БТУ, Біосистемс, Органік-Баланс, Лінгогумат, Ризобакт Гуміфікатор та багато інших.

**Біофунгіциди** — це препарати живих організмів, продукти їхньої життєдіяльності, що використовуються сільгоспвиробниками для захисту рослин у період вегетації від хвороб, що викликають грибні та бактеріальні збудники. Біологічні фунгіциди володіють значним діапазоном дії та довготривалим потенціалом, що дає змогу захистити рослини від широкого спектра хвороб, зокрема: пліснявіння насіння, корневих гнилей, снігової плісняви, борошнистої роси, бурої роси, фітофторозу, альтернаріозу, фузаріозу, фомозу, кокомікозу, бактеріозів і різного роду плямистостей і гнилей. В умовах сьогодення виділено понад 440 видів мікроорганізмів, які агентів для контролю різних збудників хвороб рослин. У біофунгіцидах найчастіше можна зустріти мікроорганізми родів *Bacillus*, *Pantoea*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Pseudomonas*, *Burkholderia* і деякі види дріжджів. Пригнічення патогенних бактерій та мікроміцетів відбувається за рахунок синтезу антибіотиків, бактеріоцинів, сидерофорів, гідролітичних ферментів та інших вторинних метаболітів [22–26]. В Україні найпоширеніші Біополіцид, Фітоцид, МікоХелп, Склероцид, Фітодоктор, Триходермін, ФітоХелп, Фітоспорин та багато інших [17].

**Біоінсектициди та біоакарициди** — це клас біопрепаратів на основі вузькоспеціалізованих мікроорганізмів і синтезованих ними специфічних біотоксинів спрямованої дії. Біоінсектициди призначені для боротьби з імаго (доросла (статевозріла) стадія комахи та деяких інших членисто-

ногих) і личинками шкочочиних комах, кліщів і комарів. Препаративні форми біоінсектицидів забезпечують ефективну боротьбу з такими шкідниками, як: коло-радський жук, капустиана совка, вогнівка, яблунева плододжерка, лучний метелик, американський білий метелик, яблунева і плодова міль, павутинні кліщі, значна кількість видів гусені тощо. До того ж препарати абсолютно безпечні для бджіл [27–30]. Українським аграріям пропонують: Лепідоцид-БТУ, Бітоксисабацилін-БТУ, Актонерм, Акторофіт, Ентоцид, Нематофагін-М, Боверин-М, Метаризин-М, Вертицилін-М, Мікосан, Біотрол [17]. Серед закордонних найпоширеніші — Companion, Kodiak, Serenade, Nemato-Guard, Biomet, Bioderma Ketmium та ін. [31].

**Біородентицид** — високоефективні біопрепарати з чіткою вибірковою патогенністю на основі бактерій роду *Salmonella*, які надають змогу захистити врожай сільськогосподарських культур від гризунів і уникнути використання небезпечної для здоров'я хімії. Найчастіше біоагентом цього біозасобу є бактерії *Salmonella enteritidis* var. Issatchenko, які здатні викликати епізоотію серед мишоподібних гризунів.

Сальмонела розмножується в організмі гризуна і викликає його загибель. Потрапляючи в шлунково-кишковий канал, а потім у кров тварин бактерії спричиняють септицемію. Під час поїдання принади гризуни гинуть упродовж 5–14 діб. Розвиток інфекції і загибель гризунів протікає поступово, тому шкідники не припиняють поїдання бактеріального препарату навіть у розпал захворювання. Патогенність родентопатогенних бактерій, незважаючи на приналежність до групи сальмонел, вибіркова. Вони є безпечними не тільки для людини, домашніх тварин і корисної дикої фауни, але і для переважної більшості видів гризунів. Зернові принади застосовуються проти мишоподібних гризунів на посівах сільськогосподарських культур, на луках, пасовищах, у лісах, скиртах, парниках, елеваторах, млинах, складських і тваринницьких приміщеннях, на дачах і

приватних помешканнях. На українському ринку можна зустріти — BIO Genius, Раттер, Бактородентицид, БіОродентицид «Майсі», Родента-Біо, Антимішин.

Біопрепарат BIORAT, вироблено компанією LABIOFAM (Куба), відомий у 21 країні світу та використовують для контролю і зниження чисельності гризунів [32].

## ВИСНОВКИ

Біопрепарати в агровиробництві — це тренд, що дедалі більше набуває поширеності в Україні та світі. Біоазот, біофосфор, біостимулятори, біофунгіциди, біоінсектициди, біородентициди та інші біопрепарати є еколого-безпечними порівняно з хімічними засобами удобрення та захисту рослин. Застосування біопрепаратів дає змогу зберегти екологічний стан агроєкоосистем, а відповідно і навколишнього природного середовища, зокрема ґрунту та отримати екологічно безпечну продукцію сільського господарства.

На основі маркетингових досліджень світовий ринок біопрепаратів від 2024 до 2034 рр. у середньому зростає на 8,5%. Станом на 2024 р. у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до застосування в Україні з чинною ліцензією, налічується близько 135 біологічних засобів захисту рослин від 38 вітчизняних виробників та 117 іноземних препаратів із 28 країн. Слід зазначити, що в Україні застосування біопрепаратів у технології вирощування сільськогосподарських культур інтегрують не лише «малі» та «середні» фермерські господарства а й найбільші холдинги України — «Кернел», Миронівський Хлібопродукт, UkrLandFarming «Континентал Фармерз Груп», «Епіцентр Агро», «Астарта-Київ», «ТАС Агро», VIT-AGRO.

Отже за біопрепаратами незалежно від класу дії безсумнівно майбутнє, яке відкриває перспективи для пошуку активних продуцентів та розроблення технологічних карт для виробництва комплексних біопрепаратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Population UNO. 2024. URL: [https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20\(current\)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20of%20the%20world](https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20(current)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20of%20the%20world).
2. Чабанюк Я.В., Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170>.
3. Global Symposium on Soil Information & Data (GSID24). 2024. URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsid24/en/>.
4. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 10. «Enhance Biodiversity and Sustainability in Agriculture, Aquaculture, Fisheries, and Forestry». URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/10>.
5. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/17>.
6. Messing R. and Brodeur J. Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl*. 2018. Vol. 63 (1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4>.
7. Biological Control Program. 2024. URL: [https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20\(biocontrol\)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations](https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20(biocontrol)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations).
8. Biocontrol Agents Market — By Active Substance (Microbials, Macro-Organisms, Bio-chemicals), By Crops (Fruits and Vegetables, Cereals & Grains, Pulses, Others) and By Application (Seed Treatment, On-Field, Post-Harvest) & Forecast, 2024–2032. 2024. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biocontrol-agents-market>.
9. Biocontrol agents market. URL: <https://www.stratviewresearch.com/1744/biocontrol-agents-market.html>.
10. Global Biocontrol Agents Market 2024–2033. URL: <https://www.custommarketinsights.com/report/biocontrol-agents-market/#:~:text=Global%20Biocontrol%20Agents%20Market%20was,the%20forecast%20period%202023%20%E2%80%93%202032>.
11. Shimbori E.M., Querino R.B., Costa V.A. and Zucchini R.A. Taxonomy and Biological Control: New Challenges in an Old Relationship. *Neotrop Entomology*. 2023. Vol. 52 (3). P. 351–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01025-5>.
12. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур. 2024. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykorystannya-dobryv-i-pestytsydiv-pid-urozhay-silskohospodarskykh-kultur-0>.
13. Agricultural Biologicals Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. URL: <https://www.precedenceresearch.com/agricultural-biologicals-market>.
14. Biological Control Agents Strategic Report. 2022. URL: [https://commodityinsights.spglobal.com/biological\\_control\\_agents-2022.html](https://commodityinsights.spglobal.com/biological_control_agents-2022.html).
15. Біологічний метод захисту рослин як важливий інструмент переходу до органічного та екологічного землеробства: практика застосування і перспективи для України. 2020. URL: [http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT\\_ID=6416](http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416).
16. Крутякова В., Гулич О., Янсе Л. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Bulletin of Agricultural Science*. 2023. Т. 101. № 1. С. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-04>.
17. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. 2024. URL: <https://есо.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimiaktiv-dozvolenih-dlya-vikoristannya>.
18. Крутило Д.В., Надєрнічна О.В., Шерстобоева О.В., Ушакова М.А. Корекція ризобіальних угруповань ґрунту за інтродукції *Bradyrhizobium japonicum* різних генетичних груп. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 2. С. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157839>.
19. Kots S.Ya., Vorobey N.A., Kyrychenko O.V. et al. Microbiological preparations for agriculture. *Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine*. Kyiv: Logos, 2016.
20. Morgun V.V. and Kots S.Y. The role of biological nitrogen in nitrogen nutrition of plants. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2018. No. 1. P. 62–74. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn.2018.01.062>.
21. Bourak K., Oulakhir F.E., Maghnia F.Z. et al. Comprehensive Approach Combining Short-Chain Polyphosphate and Bacterial Biostimulants for Effective Nutrient Solubilization and Enhanced Wheat Growth. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12. P. 1423. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423>.
22. Шерстобоева О.В., Бунас А.А., Дем'янюк О.С. Вплив попередників та передпосівної інюляції насіння штамом *Azotobacter vinelandii* 12М на врожайність кукурудзи і активність процесу азотфіксації. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. P. 120–128. URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/203941>.
23. Van Lenteren J.C., Bolckmans K., Köhl J., Ravensberg W.J. and Urbaneja A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. Vol. 63. P. 39–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4/>.
24. Kumar N. and Khurana P.S.M. Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*. 2021. P. 41–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00003-X>.
25. El-Sharkawy H.H.A., Abbas M.S., Soliman A.S. et al. Synergistic effect of growth-promoting microorganisms on bio-control of *Fusarium oxysporum* F. sp. pisi, growth, yield, physiological and anatomical characteristics of pea plants. *Pesticide Biochemistry*

- and Physiology. 2021. Vol. 178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104939>.
26. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N. et al. Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*. 2022. Vol. 10. P. 596. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>.
  27. Ugur A., Jouzani Gh.S., Sansinenea E. and Sanchis-Borja V. Biotechnological advances in *Bacillus thuringiensis* and its toxins: Recent updates. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 2023. Vol. 22 (2). P. 319–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09652-5ff>.
  28. Eads D.A., Jaronski S.T., Biggins D.E. and Wimsatt J. Insect Pathogenic Fungi for Biocontrol of Plague Vector Fleas: A Review. *Journal of Integrated Pest Management*. 2021. Vol. 12. Is. 1. P. 30. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/prab028>.
  29. Шерстобоева О.В., Крижанівський А.Б., Крижко А.В. Екологічні переваги застосування мікробіометоду в інтегрованій системі захисту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318>.
  30. Yüksel E., Özdemir E., Albayrak Delialioğlu R. and Canhilal R. Insecticidal activities of the local entomopathogenic nematodes and cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against the larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea*. *Experimental Parasitology*. 2022. Vol. 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108380>.
  31. Dhakal R. and Singh D.N., Biopesticides: A Key to Sustainable Agriculture. *Int. J. PureApp. Bioscience*. 2019. Vol. 7 (3). P. 391–396. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.7034>.
  32. Biorat A natural biological rodenticide against rats and mice. 2024. URL: [https://www.ideassonline.org/public/pdf/br\\_24\\_18.pdf](https://www.ideassonline.org/public/pdf/br_24_18.pdf).

## REFERENCES

1. World Population UNO. (2024). URL: [https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20\(current\)&text=The%20term%20of%22World%20Population%22%20refers,currentlly%20living\)%20of%20the%20world](https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20(current)&text=The%20term%20of%22World%20Population%22%20refers,currentlly%20living)%20of%20the%20world) [in English].
2. Chabaniuk, Ya.V., Sherstoboieva, O.V. & Demianiuk, O.S. (2017). Biodiagnostyka i bioбезпека hruntiv ahroekosystem [Biodiagnosis and biosafety of soils of agroecosystems]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 142–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170> [in Ukrainian].
3. Global Symposium on Soil Information & Data (GSID24). (2024). URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsid24/en/> [in English].
4. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 10. «Enhance Biodiversity and Sustainability in Agriculture, Aquaculture, Fisheries, and Forestry». (2024). URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/10> [in English].
5. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». (2024). URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/17> [in English].
6. Messing, R. & Brodeur, J. (2018). Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl*, 63 (1), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4> [in English].
7. Biological Control Program. (2024). URL: [https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20\(biocontrol\)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations](https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20(biocontrol)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations) [in English].
8. Biocontrol Agents Market — By Active Substance (Microbials, Macro-Organisms, Bio-chemicals), By Crops (Fruits and Vegetables, Cereals & Grains, Pulses, Others), & By Application (Seed Treatment, On-Field, Post-Harvest) & Forecast, 2024–2032 (2024). URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biocontrol-agents-market> [in English].
9. Biocontrol agents market. (2024). URL: <https://www.stratviewresearch.com/1744/biocontrol-agents-market.html> [in English].
10. Global Biocontrol Agents Market 2024–2033. (2024). URL: <https://www.custommarketinsights.com/report/biocontrol-agents-market/#:~:text=Global%20Biocontrol%20Agents%20Market%20was,the%20forecast%20period%202023%20%E2%80%93%202032> [in English].
11. Shimbori, E.M., Querino, R.B., Costa, V.A. & Zucchini, R.A. (2023). Taxonomy and Biological Control: New Challenges in an Old Relationship. *Neotrop Entomol.*, 52 (3), 351–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01025-5> [in English].
12. Vykorystannia dobyrv i pestytsydiv pid urozhai silskohospodarskykh kultur [Use of fertilizers and pesticides for the harvest of agricultural crops]. (2024). URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykorystannya-dobryv-i-pestytsydiv-pid-urozhay-silskohospodarskykh-kultur-0> [in Ukrainian].
13. Agricultural Biologicals Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. (2024). URL: <https://www.precedenceresearch.com/agricultural-biologicals-market> [in English].
14. Biological Control Agents Strategic Report 2022. (2022). URL: [https://commodityinsights.spglobal.com/biological\\_control\\_agents-2022.html](https://commodityinsights.spglobal.com/biological_control_agents-2022.html) [in English].
15. Biologichnyi metod zakhystu roslyn yak vazhlyvyi instrument perekhodu do orhanichnoho ta ekolohichnoho zemlerobstva: praktyka zastosuvannia i perspektyvy dlya Ukrainy [The biological method of plant protection as an important tool for the transition to organic and ecological agriculture: application practice and prospects for Ukraine]. (2020). URL: [http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT\\_ID=6416](http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416) [in Ukrainian].
16. Krutiakova, V., Hulych, O. & Yanse, L. (2023). Stan i problemy rynku biologichnykh zasobiv zakhystu



- roslyn v Ukraini [State and problems of the market of biological plant protection products in Ukraine]. *Bulletin of Agricultural Science*, 101, 1, 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-04> [in Ukrainian].
17. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. (2024). URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pestycidiv-i-agrokhimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> [in Ukrainian].
  18. Krutylo, D.V., Nadkernychna, O.V., Sherstoboieva, O.V. & Ushakova, M.A. (2018). Korektsiia ryzobialnykh uhrupovan gruntu za introduktsii *Bradyrhizobium japonicum* riznykh henetychnykh hrup [Correction of soil rhizobial communities by introduction of *Bradyrhizobium japonicum* of different genetic groups]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 73–81. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157839> [in Ukrainian].
  19. Kots, S.Ya., Vorobey, N.A., Kyrychenko, O.V. et al. (2016). Microbiological preparations for agriculture. *Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine*. Kyiv: Logos [in English].
  20. Morgun, V.V. & Kots, S.Y. (2018). The role of biological nitrogen in nitrogen nutrition of plants. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 1, 62–74. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2018.01.062> [in English].
  21. Bourak, K., Oulakhir, F.E., Maghnia, F.Z. et al. (2024). A Comprehensive Approach Combining Short-Chain Polyphosphate and Bacterial Biostimulants for Effective Nutrient Solubilization and Enhanced Wheat Growth. *Microorganisms*, 12, 1423. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423> [in English].
  22. Sherstoboieva, O.V., Bunas, A.A. & Demianiuk, O.S. (2020). Vplyv poperednykh ta peredposivnoi inokulatsii nasinnia shtamom *Azotobacter vinelandii* 12M na vrozhaunist kukurudzy i aktyvnist protsesu azotifikatsii [Effect of precursors and pre-sowing seed inoculation with *Azotobacter vinelandii* 12M strain on corn yield and nitrogen fixation process activity]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 1, 120–128. URL: <http://journals.urau.ua/bnusing/article/view/203941> [in Ukrainian].
  23. Van Lenteren, J.C., Bolckmans, K., Köhl, J. et al. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63, 39–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4> [in English].
  24. Kumar, N. & Khurana, P.S.M. (2021). Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*, 41–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00003-X> [in English].
  25. El-Sharkawy, H.H.A., Abbas, M.S., Soliman, A.S. et al. (2021). Synergistic effect of growth-promoting microorganisms on bio-control of *Fusarium oxysporum* F. sp. pisi, growth, yield, physiological and anatomical characteristics of pea plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104939> [in English].
  26. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N. et al. (2022). Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*, 10, 596. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596> [in English].
  27. Ugur, A., Jouzani, Gh.S., Sansinenea, E. & Sanchis-Borja, V. (2023). Biotechnological advances in *Bacillus thuringiensis* and its toxins: Recent updates. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22 (2), 319–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09652-5ff> [in English].
  28. Eads, D.A., Jaronski, S.T., Biggins, D.E. & Wimsatt, J. (2021). Insect Pathogenic Fungi for Biocontrol of Plague Vector Fleas: A Review. *Journal of Integrated Pest Management*, 12, 1, 30. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab028> [in English].
  29. Sherstoboieva, O.V., Kryzhanivskiy, A.B. & Kryzhko, A.V. (2021). Ekolohichni perevahy zastosuvannia mikrobiometodu v intehrovanii systemi zakhystu roslyn [Ecological advantages of using the microbiomethod in the integrated system of plant protection]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 27–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318> [in Ukrainian].
  30. Yüksel, E., Özdemir, E., Albayrak Delialioğlu, R. & Canhilal, R. (2022). Insecticidal activities of the local entomopathogenic nematodes and cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against the larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea*. *Experimental Parasitology*, 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108380> [in English].
  31. Dhakal, R. & Singh, D.N. (2019). Biopesticides: A Key to Sustainable Agriculture. *Int. J. Pure App. Biosci*, 7 (3), 391–396. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.7034> [in English].
  32. Biorat a natural biological rodenticide against rats and mice. (2024). URL: [https://www.ideassonline.org/public/pdf/br\\_24\\_18.pdf](https://www.ideassonline.org/public/pdf/br_24_18.pdf) [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2024

## МОНІТОРИНГ ТА ДІАГНОСТИКА ВІРУСНИХ ХВОРОБ СОНЯШНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS L.*) В АГРОЦЕНОЗАХ УКРАЇНИ

В.О. Цвігун, Є.Д. Ткач

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

*e-mail: vika-natcevich@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9517-9810*

*e-mail: bio\_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956*

Україна, будучи аграрною державою, не залишається осторонь проблем, пов'язаних із розвитком та розповсюдженням вірусних хвороб рослин в агроценозах. Окрім прямих екологічних збитків, існує загроза завезення нових збудників вірусної етіології та інтродукції їх на наших ланах; наслідки такого розвитку подій важко передбачити. Масове неконтрольоване використання хімічних засобів захисту рослин та порушення сівозмін викликають поширення захворювань рослин вірусної природи та розвиток нових резистентних змішаних інфекцій із підвищеним рівнем патогенності. На посівах соняшника виявлено близько 70 патогенів, що призводять до недобору врожаю на 20–45% кожного року, погіршення товарної якості та посівної придатності насіння. Метою роботи було проаналізувати сучасний стан поширення вірусів, що уражують посіви соняшника, з визначенням їх видового складу у деяких областях України, а також перевірити комерційне насіння різних сортів соняшника. У цій роботі застосовано низку методів, що охоплювала візуальну діагностику, імуноферментний аналіз у різних модифікаціях, біологічне тестування та метод статистичної обробки даних. Візуальною діагностикою було виявлено різні симптоми хвороб вірусної етіології. Симптоми проявлялися на рослинах у вигляді некрозів, жовто-зеленої мозаїки, здуття, гофрування, енації та скручування листкової пластинки, а також карликовості рослин. У результаті перевірки відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний ефект із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки (37 зразків), вірусу плямистого в'янення помідорів (35 зразків) та вірусу тютюнової мозаїки (21 зразок). Досліджено інфекційні властивості виділених вірусів, використовуючи метод біологічного тестування на рослинах-індикаторах, яке підтверджує інфекційну природу виділених ізолятів ВОР, ВПВП та ВТМ, оскільки уражені рослини-індикатори проявляли характерні симптоми вірусної етіології. Контрольні рослини не містили жодних симптомів. На предмет контамінації вірусними патогенами проаналізовано насіння 10 сортів соняшника. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах насіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556». Загалом, у комерційному насінні соняшника було встановлено антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідорів.

**Ключові слова:** вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВП), вірус огіркової мозаїки (ВОР), вірус тютюнової мозаїки (ВТМ), імуноферментний аналіз, симптоми, рослини-індикатори.

### ВСТУП

Соняшник (*Helianthus annuus L.*) — основна олійна культура сучасного світового землеробства, попит і рентабельність якої зумовило значне розширення посівних площ та інтенсифікацію технологій вирощування. Лише за останнє десятиліття площі під цією культурою зросли на понад 30% — від 4,417 млн га у 2010 р. до 6,509 млн га у 2021 р., виробництво насін-

ня соняшника на сьогодні в Україні сягає 10–12 млн т, а соняшникової олії — 4,9–5,5 млн т. Наша держава експортує олію та шрот у майже 90 країн світу і залишається лідером у цьому секторі економіки, оскільки 55% світового експорту соняшникової олії належить Україні. Однак масове вирощування соняшника, що спостерігається нині, разом із недотриманням технологій вирощування та перехід до спеціалізованих короткоротаційних сівозмін,

призводить до погіршення родючості та ґрунтовтоми. Це, своєю чергою, зумовлює зменшення врожайності (1,9–2,2 т/га), що майже вдвічі нижча, ніж середні показники європейських країн, а зазначені показники валового виробництва досягаються значними посівними площами цієї культури.

Отримати високий урожай без належного обробітку та внесення засобів захисту рослин майже не можливо, оскільки заміщення посівів у початковій фазі росту не тільки знижує її врожайність на 40–50%, але і сприяє розвитку інфекційних захворювань [1]. На посівах соняшника виявлено близько 70 патогенів, що призводять до недобору врожаю на 20–45% кожного року, погіршення товарної якості та посівної придатності насіння [2]. Серед яких слід звернути увагу на вірусну мозаїку листків соняшника, збудником якої є вірус кучерявої смугастості тютюну, що проявляється появою маленьких блідо-жовтих плям на молодих листках, які нагадують мозаїку та згодом хлоротизуються. Іншими вірусами, що виявлені на соняшнику в агроценозах України були вірус мозаїки соняшника (ВМС), вірус плямистого в'янення помідорів (ВППВ), вірус огіркової мозаїки (ВОМ) та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ).

Основною метою роботи було проаналізувати сучасний стан поширення вірусів, що уражують посіви соняшника, з визначенням їх видового складу у деяких областях України, а також перевірити комерційне насіння різних сортів соняшника.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Віруси поширені в усіх типах екологічних ніш — аеробних й анаеробних, оліготрофних та еутрофних, комфортних і таких, що спричиняють фізіологічний стрес, зокрема, й нішах, для яких характерні екстремальні значення температури, солоності, рН і гідростатичного тиску. Віруси відіграють важливу роль у інфекційній патології рослин, спричиняючи значні економічні збитки [3].

Нині вірусні захворювання соняшника (*Helianthus annuus* L.) вивчено не повною мірою. Науковці Dragana Milosevic (Сербія, 2020 р.) [4], D. Cabrera Mederos (Аргентина, 2019 р.) [5], Vinicius Henrique Bello (Бразилія, 2023 р.) проводять дослідження із визначення біологічних та молекулярно-генетичних властивостей вірусних хвороб соняшника в різних країнах [6]. Дослідження хвороб цієї культури тривалий час зосереджувалися на опануванні хвороб грибної та бактеріальних етіологій. З літературних джерел відомо, що вперше вірусні епіфітотії соняшника зареєстровано у 1932 р. в Аргентині звідки і вважається захворювання поширилося на інші континенти [7]. У період із 1932 по 1993 рр. вірусні хвороби спостерігали вже у 17 країнах Азії, Америки, Африки та Європи, а також і в Україні. Вивчення вірусних хвороб соняшника впродовж тривалого часу сконцентровано у країнах, де епіфітотії призводили до великих економічних втрат виробників сільськогосподарської продукції, а саме: Аргентині, Індії, США та африканських країнах. У США встановлено, що на посівах соняшника хворобу викликає вірус огіркової мозаїки (ВОМ), оскільки у цьому регіоні були сприятливі погоднокліматичні умови для цього патогена.

До того ж дослідженнями на посівах *Helianthus annuus* L. впродовж 2003–2005 рр. у деяких районах Індії виявлено, що збитки врожаю від вірусних хвороб із некротичними симптомами становлять 20%. На деяких полях кількість уражених рослин соняшника сягала 100% [8].

У 80 рр. стало відомо, що рослини соняшника чутливі до деяких вірусів, а саме: вірусу зморшкватості соняшника, вірусу жовтої плямистості соняшника, вірусу хлоротичної крапчастості соняшника, вірусу огіркової мозаїки, вірусу кільцевої плямистості тютюну та вірусу плямистого в'янення помідорів.

В Україні 1995 р. під час обстеження посівів соняшника за допомогою тесту Ухтерлоні та непрямого ІФА було помічено Y-вірус картоплі. Цей вірусний патоген

діагностувався також на рослинах соняшника у Чехії 1996 р.

Серед представників родини *Bromoviridae* на посівах соняшника найрозповсюдженіший ВОМ, оскільки цей патоген має широкий спектр рослин господарів, легко передається механічним шляхом та переносниками [9]. На рослинах *Helianthus annuus* L. викликає низку симптомів, а саме мозаїку, хлорози, на черешках світло-коричневі штрихи, головки деформуються, насіння зморщується. З рослин соняшника цей вірус було виділено в США 1968 р., Індії 1987 р., Японії в 1995. В Україні ВОМ вперше було виявлено в 90-х рр. академіком НААН А.Л. Бойком та його науковцями. Українськими вірусологами встановлено, що посіви соняшника Дніпропетровської, Полтавської, Черкаської, Київської обл. та Бахчисарайського р-ну АР Крим уражені ВОМ [8]. Нині науковцями школи академіка А.Л. Бойка проводяться дослідження із вивчення вірусних хвороб соняшника в Україні [10].

Тому, вірусні хвороби соняшника поширені в агроценозах різних регіонах світу, де вирощується ця цінна олійна культура [11]. Нині через різні економічні зрушення в агроценозах збільшується спектр вірусів та інших збудників, які викликають хвороби на соняшнику [12]. У середньому втрати врожаю від вірусних інфекцій сягають від 30%, але у разі виникнення епіфітотій у монокультурі можуть досягати і 100%. Для вірусів рослин існує багато шляхів передачі: механічним контактом, комахами переносниками, вегетативно, насінням і пилком. За допомогою переносників (кліщі, попелиці, цикадки, білокрилки, жуків, нематод) віруси з хворих рослин поширюються на великі відстані до здорових рослин та розмножуються в них [13]. Відомо приблизно 18% вірусів рослин, які передаються за допомогою насіння. Особливо високий відсоток поширення вірусу насінням спостерігається за сівби свіжозбираним насінням. Передача за допомогою насіння може відбуватися кількома шляхами, а саме вірус може перебувати всередині насіння або вірус

може бути на поверхні насінневої шкірки [14].

Отже, для прогнозування появи вірусних патогенів в агроценозах та вирішення проблем їх контролю необхідна своєчасна діагностика та багатосистемні підходи щодо профілактики вірусних хвороб.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень слугували насіння, проростки та рослини соняшника звичайного (*Helianthus annuus* L.) з симптомами вірусної етіології, відібрані з різних агроценозів України. Рослинні зразки збирали з агроценозів таких регіонів України: Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. Для детекції вірусу рослинний матеріал гомогенізували у 0,1 М фосфатно-сольовому буфері, рН 7,4 у співвідношенні 1:2 [15]. Очистку від рослинних компонентів проводили центрифугуванням у режимі 5000 об./хв упродовж 20 хв за + 4°C на центрифугі РС-6 [16]. Надосад відбирали для подальшого використання в імуноферментному аналізі (ІФА). Постановку ІФА здійснювали відповідно до рекомендацій виробника тест-систем для сендвіч-ІФА у 96-лункових полістиролових планшетах «Labsystem» [17]. Результати реєстрували на рідері Termo LabSystems Orpiss MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink за довжини хвиль 405/630 нм. Для детекції вірусних антигенів у ІФА використовували тест-системи виробництва Loewe (Німеччина). Зразки на наявність вірусних антигенів аналізували імуноферментним аналізом (ІФА) у модифікаціях сендвіч та непрямий. Для біологічного тестування як рослин-індикатори застосовували: *Cucumis sativus* сорту «Ніженський», *Cucurbita pepo* сорту «Грибовський», *Nicotiana glutinosa* L., *Petunia hybrid* Hort, *Nicotiana tabacum* L., *Datura stramonium*. Насіння рослин попередньо обробляли 1% водним розчином  $\text{KMnO}_4$  впродовж 15 хв, а після цього — дистильованою  $\text{H}_2\text{O}$  та пророщували у чашці Петрі [18]. Молоді рослини пересажували в ґрунт та після появи 1–2 справ-



жніх листків інфікували вірусними препаратами. Як вірусний матеріал були взяті зразки, що давали позитивний результат в ІФА. Інфікування проводили на поверхні листової пластинки механічно за допомогою карборунду.

Зразки насіння для ІФА готували так: спочатку пророщували 7 діб за  $+25^{\circ}\text{C}$ , а потім це насіння гомогенізували у 0,1М фосфатно-сольовому буфері, рН 7,4 у співвідношенні 1 : 2. Для очистки матеріалу від рослинних компонентів отриманий гомогенат центрифугували у режимі 5000 об./хв упродовж 20 хв за  $+4^{\circ}\text{C}$  на центрифугі РС-6 [14]. Відібраний надосад використовували для діагностики вірусних патогенів ІФА. Воду, в якій замочували насіння для пророщування, також аналізували ІФА на наявність вірусних антигенів, оскільки віруси, що уражують помідори локалізуються саме на насінневих покривах і значний відсоток їх змивається у рідину за тривалої обробки [17].



**Рис. 1.** Вірусоподібні симптоми на рослинах соняшника:

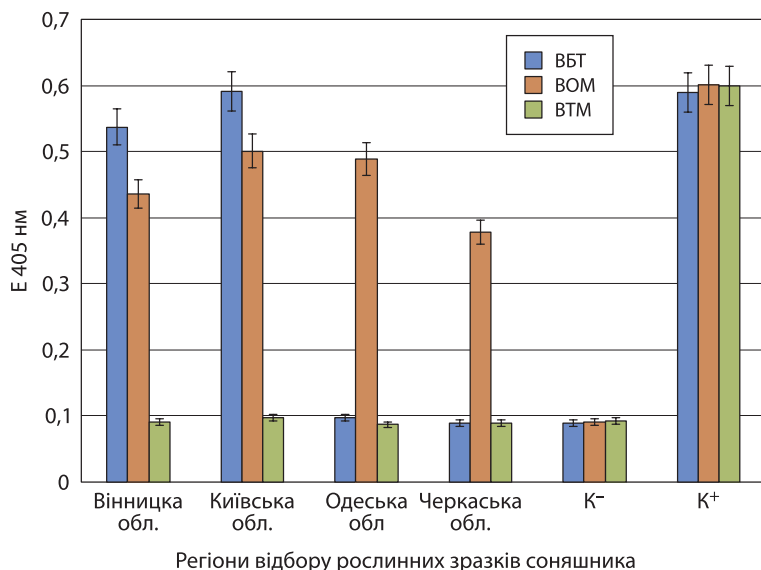
- a* — деформація листової пластинки та затримка росту *Helianthus annuus* L.;  
*б* — жовто-зелена мозаїка листової пластинки *Helianthus annuus* L.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рослини соняшника відбирали впродовж 2021–2024 рр. з агроценозів Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. На рослинах соняшника присутні різноманітні симптоми ураження вірусної природи, і їх прояв значно варіювався на одній і тій самій рослині. Виявлено, що найтипівішими вірусоспецифічними симптомами були: мозаїчність листової пластинки, некротичні плями, здуття, гофрування, енації та скручування листової пластинки, а також карликовість рослин (рис. 1).

Оскільки всі симптоми на рослинах спричинені вірусною інфекцією дуже подібні між собою і не дозволяють чітко визначити вид вірусу, подальші дослідження були спрямовані на встановлення виду вірусів, використовуючи сучасні методи діагностики. Для виявлення виду вірусу, застосовували метод імуноферментного аналізу [14].





**Рис. 2.** Результати тестування рослинних зразків соняшника методом ІФА на наявність вірусних антигенів

Для ідентифікації вірусних антигенів відібраних на рослинних зразках використовували імуоферментний аналіз ІФА (рис. 2). Зразки аналізувалися на наявність антигенів таких вірусів: вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВП), вірус огіркової мозаїки (WOM) та вірус тютюнової мозаїки (BTM).

Отже, у результаті перевірки відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний результат із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки (37 зразків), вірус плямистого в'янення помідорів (35 зразків) та вірус тютюнової мозаїки (21 зразок). Слід відмітити, що рослини, інфіковані WOM детектувався у всіх зонах дослідження. Вірус плямистого в'янення помідорів (ВПВП) спостерігався в лісостеповій зоні (Київська та Вінницька обл.), а вірус тютюнової мозаїки був характерний для південного регіону України (Одеської обл.). Тому, у результаті проведених досліджень встановлено ареал розповсюдження вірусів на посівах соняшника у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Наступним етапом нашої роботи була оцінка інфекційних властивостей вірусів,

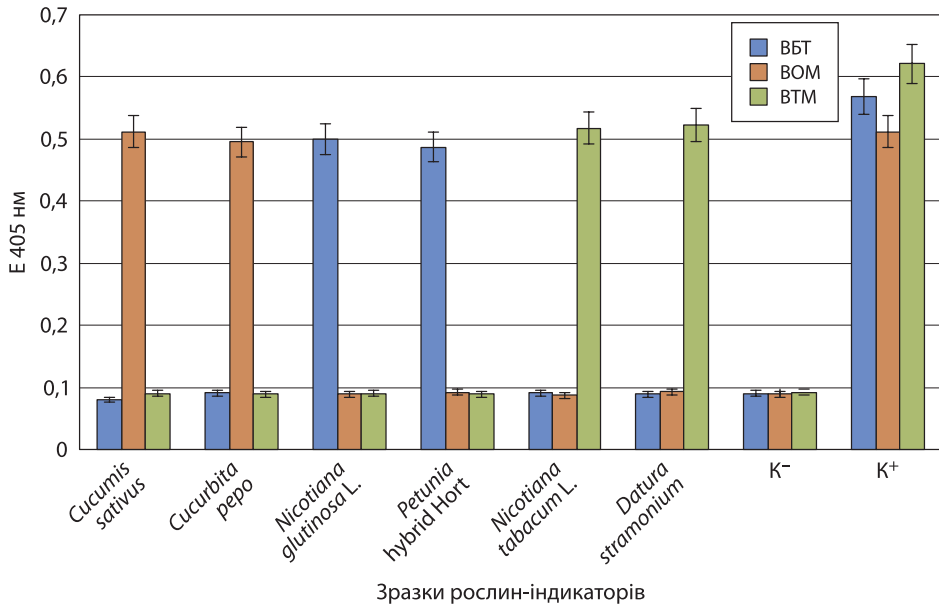
використовуючи метод біологічного тестування на рослинах-індикаторах. Ураження рослин-індикаторів проводили механічно на стадії 4–6 справжніх листків за допомогою карборунду та скляної палички. Інфікування здійснювали вірусовмісними зразками рослин із Київської, Одеської, Вінницької і Черкаської обл. Симптоми вірусних захворювань спостерігалися залежно від вірусу через 3–18 днів після інфікування. Під час проведення обліку результатів на рослинах-індикаторах (табл.), уражені цим вірусомісним матеріалом, були виявлені такі симптоми, як мозаїка та некрози листкової пластинки, які є характерними для досліджуваних вірусів. Контрольні рослини не містили жодних симптомів.

Для подальшого дослідження рослин-індикаторів на наявність вірусних АГ використовували метод імуоферментного аналізу. Результати ІФА наведені в діаграмі (рис. 3).

Отже, імуоферментний аналіз 6 рослин-індикаторів засвідчив позитивний результат із сироватками до вірусу плямистого в'янення помідорів (ВПВП), вірус

**Реакція рослин-індикаторів на інокуляцію їх ізолятами ВОМ, ВПВТ та ВТМ**

Ізоляти	Рослина-індикатор	Симптоми на рослині
ВОМ	<i>Cucumis sativus</i> сорту «Ніженський»	Жовто-зелена мозаїка, деформація листкової пластинки, некрози
	<i>Cucurbita pepo</i> сорту «Грибовський»	Жовто-зелена мозаїка листкової пластини
ВПВТ	<i>Nicotiana glutinosa</i> L.	Локальні некрози
	<i>Petunia hybrid</i> Hort	Жовто-зелена мозаїка
ВТМ	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Локальні некрози на листковій пластинці
	<i>Datura stramonium</i>	Некрози та просвітлення жилок листкової пластинки



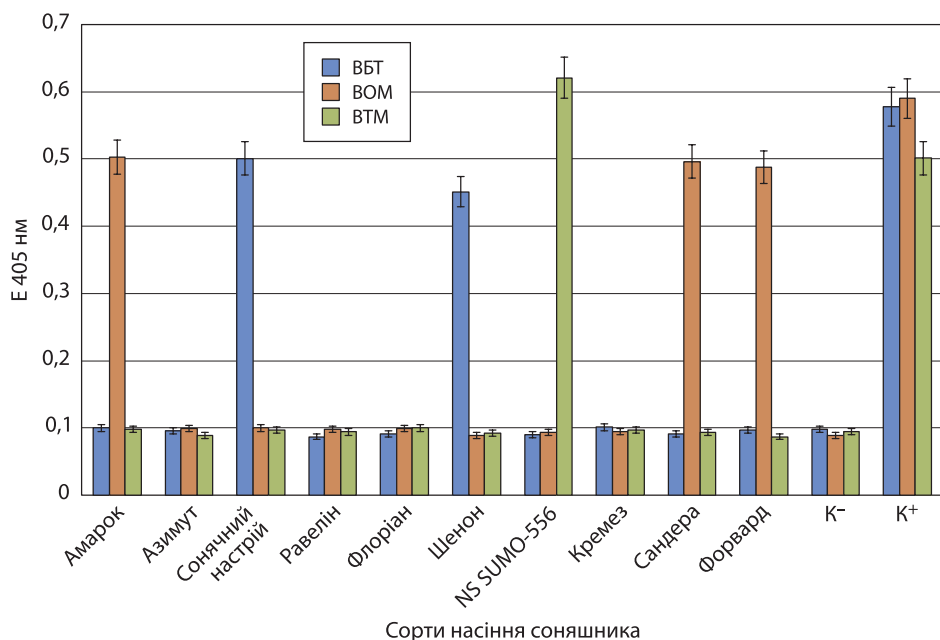
**Рис. 3.** Результати виявлення антигенів ВОМ, ВПВТ та ВТМ у рослинах-індикаторах за допомогою ІФА

огіркової мозаїки (ВОМ) та вірус тютюнової мозаїки (ВТМ). Біологічне тестування підтверджує інфекційну природу виділених ізолятів ВОМ, ВПВТ та ВТМ, оскільки уражені рослини-індикатори проявляли характерні симптоми вірусної етіології.

Сучасний стан розвитку обміну товарами продуктами та насіннєвим матеріалом демонструє можливості розповсюдження нових штамів (або навіть видів)

збудників вірусних захворювань рослин до нових екологічних ніш, що свідчить про необхідність постійного моніторингу та контролю видового та штамового різноманіття вірусів, які здатні уражувати *Helianthus annuus* L.

Серед детектованих нами вірусів деякі з них можуть передаватися насінням та таким чином потрапляти в агроценози України [19]. Саме тому наступним етапом



**Рис. 4.** Результати перевірки різних сортів соняшника на наявність вірусних антигенів методом ІФА

нашої роботи була перевірка комерційного насіння різних виробників на наявність вірусних антигенів. На предмет контамінації вірусними патогенами, типовими для цієї культури, проаналізовано насіння 10 сортів насіння соняшника (рис. 4).

Результати досліджень засвідчили, що серед перевіреного асортименту насіння *Helianthus annuus L.* виявилось контамінованим вірусними антигенами. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах насіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556». Загалом, у комерційному насінні соняшника було виділено антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідора. Антигени ВОМ детектували переважно у насінні сотру Амато, NS SUMO-556, Сандера та Форвард. Вірус плямистого в'янення помідорів було помічено у насінні сорту Сонячний настрій та Шенон. Серед перевірених сортів насіння антигени ВТМ не виявлено.

Отже, нами було доведено, що на сьогодні в Україні комерційне вірус контаміно-

ване насіння може бути цілком ймовірною причиною появи вірусного захворювання на рослинах соняшника. І можна дійти висновку щодо серйозної вірусної ситуації на посівах соняшника в Україні. З огляду на такий стан речей, особливу увагу потрібно приділяти передпосівній обробці насіння, знищувати комах переносників вірусних патогенів, застосовувати різні засоби боротьби та профілактики з хворобами.

## ВИСНОВКИ

У результаті візуальної діагностики на посівах соняшника (*Helianthus annuus L.*) спостерігалися різні види симптомів вірусної етіології. За допомогою ІФА проведено перевірку відібраних 205 рослинних зразків соняшника 93 зразки мали позитивний результат із тест-системою до вірусу огіркової мозаїки, вірус плямистого в'янення помідорів та вірус тютюнової мозаїки. Досліджено інфекційні властивості виділених вірусних ізолятів ВОМ, ВПВП та ВТМ. Здійснено перевірку насінневого матеріалу 10 сортів соняшника. У підсумку виявлено

антигени вірусу огіркової мозаїки та вірусу плямистого в'янення помідорів. Вірусні антигени детектувалися у таких сортах на-

сіння: Амато, Сандера, Форвард, Сонячний настрій, Шенон та «NS SUMO-556».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Boyko A.L., Knyazeva N.A., Kondratyuk H.A. and Smirnova S.A. Epiphytic model of the tomato spotted wilt virus infecting sunflower plants. *Biopolymers and Cell*. 2001. Vol. 17. № 3. P. 230–236. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.0005b0>.
2. Knyazeva N.A., Boyko A.L., Zakusilo A.O., Postoyenko O.M. and Kosyan A.M. Phytosanitary control of industrial sunflower plantations for presence of virus infections. *Biopolymers and Cell*. 1995. Vol. 11. № 6. P. 81–88. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.000408>.
3. Knyazeva N.A., Zakusilo A.O., Didenko L.F. and Boyko A.L. Some properties of the virus isolated from sunflower. *Biopolymers and Cell*. 1996. Vol. 12. № 5. P. 72–78. DOI: <http://dx.doi.org/10.7124/bc.00044c>.
4. Milošević D., Ignjatov M., Marjanović-Jeromela A., Nikolić Z., Tamindžić G., Miljaković D. and Stanković I. Presence and molecular characterization of cucumber mosaic virus on safflower in Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 2020. Vol. 57. № 2. P. 49–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov57-25745>.
5. Cabrera Mederos D., Trucco V., Bejerman N., Lenardon S. and Giolitti F. First Report of Tobacco Streak Virus Infecting Sunflower in Argentina. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103. № 12. P. 3290. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-04-19-0849-pdn>.
6. Bello V.H., Favara G.M., Bernardi G.V., Rezende J.A.M., Salaroli R.B. and Kitajima E.W. First report of sunflower chlorotic mottle virus infecting sunflower plants in Brazil. *Scientia Agricola*. 2023. Vol. 80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2022-0035>.
7. Князева Н.А., Бойко А.Л., Смирнова С.О. Насінневі вірусні інфекції соняшника та методи їх діагностики. Київ: Знання, 1999. 93 с.
8. Tsvigun V., Sus N., Mazur S., Melnychuk O. and Boyko A. Distribution and biological features of tomato viral diseases in the agrocenoses of Ukraine. *Agroecological journal*. 2021. № 4. P. 82–89. DOI: <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959>.
9. Orlovska G. Viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.): ecology, harmfulness, properties of pathogens, prevention. *Agroecological Journal*. 2013. № 4. P. 115–121. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2013\\_4\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_25).
10. Miller S. and Krijnse-Locker J. Modification of intracellular membrane structures for virus replication. *Nature Reviews Microbiology*. 2008. Vol. 6. № 5. P. 363–374. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro1890>.
11. Tsvigun V., Mazur S., Gumeniuk I. and Levisshko A. Monitoring of sunflower crops for the presence of viral infections in Ukraine. In: *Bioresources and Viruses: X<sup>th</sup> International Conference* (September 11–13, 2023). Kyiv. 2023. P. 87.
12. Garcia-Arenal F., Fraile A. and Malpica J.M. Variation and evolution of plant virus populations. *International Microbiology*. 2003. Vol. 6. № 4. P. 225–232. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10123-003-0142-z>.
13. Plant Virus Evolution / Ed. by M.J. Roossinck. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008. 223 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-75763-4>.
14. Tsvigun V., Sus N., Shevchenko T. and Bojko A. Biological properties of cucumber mosaic virus of vegetables. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98. № 12. P. 26–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-04>.
15. Dijkstra J. and de Jager C. P. Practical Plant Virology. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1998. 459 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-72030-7>.
16. Molecular methods for virus detection / D.L. Wiedbrauk, D.H. Farkas. (Eds.). Academic Press, 1995. 386 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-748920-9.x5000-6>.
17. ELISA. Theory and Practice / Ed. by J.R. Crowther. Totowa: Humana Press, 1995. 223 p. DOI: <https://doi.org/10.1385/0896032795>.
18. Caglayan K., Ulubas Serçe C., Gazel M. and Jelkmann W. Detection of Four Apple Viruses by ELISA and RT-PCR Assays in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2006. Vol. 30. № 2. P. 241–246. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-06-30-4/tar-30-4-1-0507-13.pdf>.
19. Mishchenko L. et al. Seed transmission of plant viruses: foundations, principles and protocol of its estimation. *Karantin i zahist roslyn*. 2018. № 1-2. P. 9–14. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr\\_2018\\_1-2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2018_1-2_5).

## REFERENCES

1. Boyko, A.L., Knyazeva, N.A., Kondratyuk, H.A. & Smirnova, S.A. (2001). Epiphytic model of the tomato spotted wilt virus infecting sunflower plants. *Biopolymers and Cell*, 17 (3), 230–236. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.0005b0> [in English].
2. Knyazeva, N.A., Boyko, A.L., Zakusilo, A.O., Postoyenko, O.M. & Kosyan, A.M. (1995). Phytosanitary control of industrial sunflower plantations for presence of virus infections. *Biopolymers and Cell*, 11 (6), 81–88. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.000408> [in English].
3. Knyazeva, N.A., Zakusilo, A.O., Didenko, L.F. & Boyko, A.L. (1996). Some properties of the virus isolated from sunflower. *Biopolymers and Cell*, 12 (5), 72–78. DOI: <https://doi.org/10.7124/bc.00044c> [in English].

4. Milošević, D., Ignjatov, M., Marjanović-Jeromela, A., Nikolić, Z., Tamindžić, G., Miljaković, D. & Stanković, I. (2020). Presence and molecular characterization of cucumber mosaic virus on safflower in Serbia. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 57 (2), 49–54. DOI: <https://doi.org/10.5937/ratpov57-25745> [in English].
5. Cabrera Mederos, D., Trucco, V., Bejerman, N., Lenardon, S. & Giolitti, F. (2019). First Report of Tobacco Streak Virus Infecting Sunflower in Argentina. *Plant Disease*, 103 (12), 3290. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-04-19-0849-pdn> [in English].
6. Bello, V.H., Favara, G.M., Bernardi, G.V., Rezen-de, J.A.M., Salaroli, R.B. & Kitajima, E.W. (2023). First report of sunflower chlorotic mottle virus infecting sunflower plants in Brazil. *Scientia Agricola*, 80. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2022-0035> [in English].
7. Kniazieva, N.A., Boiko, A.L. & Smyrnova, S.O. (1999). *Nasinnievi virusni infektsii soniashnyka ta metody yikh diahnostryky [Seed-borne viral infections of sunflower and methods of their diagnosis]*. Znannia [in Ukrainian].
8. Tsvigun, V., Sus, N., Mazur, S., Melnychuk, O. & Boyko, A. (2021). Distribution and biological features of tomato viral diseases in the agrocenoses of Ukraine. *Agroecological Journal*, 4, 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959> [in English].
9. Orlovska, G. (2013). Viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.): ecology, harmfulness, properties of pathogens, prevention. *Agroecological Journal*, (4), 115–121. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2013\\_4\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2013_4_25) [in English].
10. Miller, S. & Krijnse-Locker, J. (2008). Modification of intracellular membrane structures for virus replication. *Nature Reviews Microbiology*, 6 (5), 363–374. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro1890> [in English].
11. Tsvigun, V., Mazur, S., Gumeniuk, I. & Levishko, A. (2023). Monitoring of sunflower crops for the presence of viral infections in Ukraine. *Bioresources and Viruses: X<sup>th</sup> International Conference* (p. 87). Kyiv [in English].
12. Garcia-Arenal, F., Fraile, A. & Malpica, J.M. (2003). Variation and evolution of plant virus populations. *International Microbiology*, 6 (4), 225–232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10123-003-0142-z> [in English].
13. Roossinck, M.J. (Ed.). (2008). *Plant Virus Evolution*. Berlin. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75763-4> [in English].
14. Tsvigun, V., Sus, N., Shevchenko, T. & Bojko, A. (2020). Biological properties of cucumber mosaic virus of vegetables. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (12), 26–31. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-04> [in English].
15. Dijkstra, J. & de Jager, C.P. (1998). *Practical Plant Virology*. Berlin. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72030-7> [in English].
16. Wiedbrauk, D.L. & Farkas, D.H. (Eds.). (1995). *Molecular methods for virus detection*. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-748920-9.x5000-6> [in English].
17. Crowther, J.R. (Ed.). (1995). *ELISA. Theory and Practice*. Totowa. DOI: <https://doi.org/10.1385/0896032795> [in English].
18. Caglayan, K., Ulubas Serçe, C., Gazel, M. & Jelkmann, W. (2006). Detection of Four Apple Viruses by ELISA and RT-PCR Assays in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30 (2), 241–246. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-06-30-4/tar-30-4-1-0507-13.pdf> [in English].
19. Mishchenko, L., Dunich, A., Kandaurova, K. & Kondratyuk, O. (2018). Seed transmission of plant viruses: foundations, principles and protocol of its estimation. *Karantin i zahist roslyn*, (1-2), 9–14. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr\\_2018\\_1-2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2018_1-2_5) [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2024



## ЕФЕКТ ПОЄДНАННЯ ХІМІЧНИХ І БІОЛОГІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ СУМІШІ ДЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОЇ (*GLYCINE MAX* L.)

А.С. Левішко, П.М. Маменко, О.Ю. Колодяжний

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

*e-mail: aلودua2@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4037-1730*

*e-mail: p\_tamenko@ukr.net; ORCID: 0009-0001-9945-8462*

*e-mail: aلودua2@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5359-1738*

Метою роботи було виявити особливості ефекту поєднання компонентів суміші для обробки насіння сої (*Glycine max* L.), а також вплив їх на посівні якості. Для досліджу було взято штами *Bradyrhizobium japonicum* EL 35 із колекції відділу агроєкології і біобезпеки Інституту агроєкології і природокористування НААН та прийнятий за еталон інокулянт *Wealth N*, що містить суміш 2-х штамів *B. japonicum* різної ефективності. Обробку здійснювали такими речовинами: фунгіцид-1 (флудиоксоніл, металаксил-М); фунгіцид-2 (тіофанат метил, крезоксим-метил, цимоксаніл); біостимулятор — (амінокислоти 200 г/л); гумати (гумат калію рідкий 18%); мікроелементи (хелатований комплекс ЕДТА Fe, Mn, Cu, Zn і Mg, B, Mo). Було відмічено, що за виключенням мікроелементів спільна інкубація до 24 год *B. japonicum* EL 35 та *Wealth N* із фунгіцидами й регуляторами росту не впливала на титр мікроорганізмів. Встановлено негативну дію мікроелементів на біологічну компоненту — живі клітини ризобій. Останній у баковій суміші з мікроелементами вже через 1 год знижується на 10–20%, а через добу — 62 та 43% для *B. japonicum* EL 35 і *Wealth N* відповідно. Згодом ми не залучали мікроелементи для створення комплексів. Передпосівна обробка насіння сої баковими комплексами інокулянтів з фунгіцидами і регуляторами росту рослин виявила, що титр мікроорганізмів практично не знижується впродовж семи діб. Дослідження впливу комплексних обробок на посівні якості насіння засвідчило, що науково обгрунтований підбір компонентів дає змогу збільшити енергію проростання на 11%, і схожість від 4 до 6%. Однак це твердження справедливе лише для насіння, що частково втратило свої якості під час довготривалого зберігання. Передпосівна обробка насіння врожаю 2023 р. з еталонними показниками схожості та енергії проростання не продемонструвала такого впливу. Визначено синергічний ефект більшості використаних у досліді складових для обробки насіння сої, за виключенням мікроелементів. Спільна обробка насіння правильно підібраними компонентами як хімічної, так і біологічної природи є дієвим інструментом для одночасного захисту і підвищення якості посівного матеріалу та результативним заходом на шляху до більш екологічного землеробства.

**Ключові слова:** біопрепарати, *Bradyrhizobium*, фунгіцид, мікродобриво, гумати.

### ВСТУП

За прогнозами, чисельність населення планети в 2030 р. та 2050 р. досягне 8,6 млрд і 9,8 млрд відповідно, що зумовить збільшення глобального попиту на харчові продукти. Це призведе до серйозних проблем щодо глобальної продовольчої безпеки як через надмірне зростання населення і обмеженість посівних площ, так і через біотичні й абіотичні стреси, які виникають унаслідок змін клімату. Отже, для продовольчої безпеки необхідно роз-

робити відповідну сільськогосподарську політику, яка має бути стійкою з економічної та екологічної точки зору.

На сільськогосподарських угіддях переважають зернові культури (наприклад, рис, пшениця, кукурудза), що мають особливо високу потребу в азоті порівняно з бобовими. Соя (*Glycine max* L.) є прикладом найважливішої продовольчої бобової культури, яка наразі культивується в усьому світі і різних кліматичних умовах та має низьку потребу в азоті [1]. Жодна інша рослина в світі не може за такий короткий період

часу — 4–5 міс. вегетації сформувати таку кількість білка і жиру з одиниці площі, як соя. Тому вона посідає провідну позицію серед інших сільськогосподарських культур у світі, та користується попитом у переробній галузі [2]. Світове виробництво сої на червень 2024 р. оцінюється на рівні 422,2 млн т, що демонструє нам зростання порівняно з 401,3 млн т у 2023 р. Найбільшими виробниками *Glycine max* L. у світі впродовж останніх років залишаються такі виробники, як Бразилія 40%, США 29, Аргентина 12%. Україна впевнено займає 9 місце, виробляючи 5,5 млн т, які становлять 1% її світового виробництва, хоч ця культура й не є у нас традиційною. Також варто відзначити, що порівняно з 2023 р., коли було зібрано 4,8 млн т, вирощування цієї культури лише зросло [3]. Вона є провідною зернобобовою культурою в Україні та її частка становить понад 10% від загального українського обсягу сільськогосподарських культур. За даними Держстату України, площі під вирощуванням цієї культури останні п'ять років перевищують мільйон гектарів [4].

Соя (*Glycine max* L.) також є однією з основних культур, що здатна позитивно впливати на різні аспекти екосистеми, зокрема й на найважливіший її компонент — ґрунтову мікробіоту. Відомо, що під час здійснення правильної інокуляції насіння сої, біологічна азотфіксація спроможна повністю забезпечити потреби даної культури в азотних добривах [5]. Тому, нормально сформований симбіотичний апарат сої, завдяки лише азотфіксації може задовольнити її потребу в азоті навіть у високоврожайних сортах [6]. Стверджують, що інокуляція насіння сприяє зростанню врожайності зерна і концентрації білка, що сприяє збільшенню ціни на сою. Однак, інтенсивна технологія для її вирощування передбачає використання різних засобів захисту від шкідників і хвороб, зокрема й хімічних пестицидів, мікроелементів тощо. Тому, істотною перевагою інокуляції насіння сої рідкою формою інокулянту, вважається, можливість його поєднувати з інсектицидними або фунгіцидними про-

труїниками, обробкою біостимуляторами, мікроелементами та їх сумішами. Однак є певні умови, за яких після інокуляції насіння забезпечується ефективне фіксування азоту з повітря та переведення його в доступну для рослини форму [5]. Основною умовою серед усіх є те, що інокулянт має бути сумісний із будь-якими протруїниками, що застосовуються разом із ним в одній баковій суміші. Саме тому, перевірка інокулянту для сої на сумісність із препаратами, що можна застосовувати для обробки насіння є вкрай важливою. Через те що утворення бульбочок та біологічна фіксація азоту відіграють центральну роль в отриманні стійких та конкурентоспроможних врожаїв сої, і будь-які речовини здатні впливати на це і мають проходити сувору перевірку.

Отже, **метою нашої роботи** було виявити особливості ефекту поєднання компонентів суміші для обробки насіння *Glycine max* L., а також вплив їх на посівні якості.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В інтенсивних схемах сучасних агротехнологій дедалі більше уваги приділяється впровадженню заходів, що забезпечують максимальну можливість реалізації потенціалу сільськогосподарських культур. Тому, існує багато засобів для подолання всіх можливих перепон для досягнення цієї мети. До того ж варто зменшити кількість операцій з обробкою насіння задля зниження вірогідності щодо можливості його механічного пошкодження. Отже, дедалі частіше аграрії намагаються в одній обробці насіння використати максимальну кількість необхідних препаратів. Однак, часто використання пестицидів негативно впливає на симбіотичні відносини між бактеріями та рослиною, а також зумовлює зменшення можливостей останньою в отриманні біологічного азоту [7].

Фунгіциди широко застосовуються для боротьби з грибковими захворюваннями рослин та для збільшення врожайності. Їх використання для обробки насіння вже давно стало процедурою, необхідність

яких ні для кого не викликає сумнівів. Наприклад, продемонстровано позитивний вплив фунгіциду на основі флудіоксоніл + металаксил-М на посівні якості насіння сої сорту Аннушка та рівень адаптивності її проростків у польових умовах [4]. Однак відомо, що різні препарати для обробки насіння та різні умови зберігання їх бакових сумішей здатні істотно впливати на виживаність бактерій у таких розчинах [8]. Загалом, вплив фунгіцидів для обробки насіння на мікроорганізми, крім грибів, залишається нечітким. Фунгіцидні сполуки можуть мати побічні ефекти та впливати на нецільові ґрунтові мікроорганізми. Деякі дослідження стверджують, що металаксил впливає на діяльність амоніфікувальних і нітрифікувальних бактерій, а флудіоксоніл може мати негативну дію на різні бактерії [9]. Відомо, що флудіоксоніл широко використовується для боротьби з хворобами сільськогосподарських культур через його широкий спектр дії та високу активність. Існують дані, що флудіоксоніл обмежує ріст водоростей *Chlorella vulgaris*, а його середня інгібуюча концентрація через 96 год становила 1,87 мг/л. Концентрації флудіоксонілу 0,75 та 3 мг/л знижували вміст фотосинтетичних пігментів у клітинах *C. vulgaris* та індукували окислювальне пошкодження шляхом зміни активності антиоксидантних ферментів і підвищення рівня активних форм кисню [10]. Тобто, дана речовина може мати негативний вплив на нецільові об'єкти. Також показано, що повторні обробки крезоксим-метилом мають здатність змінити швидкість його виведення і активність ґрунтових ферментів та пригнічувати функціональне різноманіття мікроорганізмів [11].

Групою українських вчених було виявлено як негативний, так і позитивний вплив різних фунгіцидів на формування і функціонування симбіотичних систем сої. Вони засвідчили, що симбіотична система варіанта із сумісним застосуванням фунгіциду на основі прохлоразу з тритіконозолом та штамом *B. japonicum* UCM В-6023 є ефективною для обробки насіння та не має

негативної дії на олігоазототрофні та прототрофні мікроорганізми [12].

Існують дослідження, які стверджують, що під час вирощування сої ефективним агрозаходом є передпосівна обробка насіння мікродобривами на хелатній основі. О.В. Шовкова та співавт. [13] зафіксували їх позитивний вплив на формування компонентів структури врожаю у дослідних рослин сої. На протипагу цьому їх дія на бактерії *B. japonicum*, що є частиною інокулянтів для сої, протилежний. Так, низкою польських дослідників вивчено вплив різних концентрацій мікродобрив на життєздатність бактерій *B. japonicum*. Дослід включав різні добрива з неоднаковим хімічним складом. Під час аналізу виживання бактерій також враховували тривалість обробки насіння як бактеріями, так і мікроелементними добривами. Випробування проводили одразу після інокуляції насіння та через 1, 3 і 24 год. Було виявлено, що надто висока концентрація мікроелементних добрив для насіння негативно впливає на життєздатність бактерій. Незалежно від концентрації добрива для насіння, що містять мідь і марганець, виявилися токсичними для бактерій. Тривалість контакту добрив із бактеріями погано впливала на їх чисельність. Вже через годину після обробки насіння мікродобривом спостерігалося зменшення кількості бактерій [14]. Утім існують відомості, що молібден за його позакореневого внесення, є прикладом мікроелемента, який позитивно діє на процес біологічної фіксації азоту. Ефективність молібдену залежать від сорту, регіону або погодних умов, а особливо — в кислих ґрунтах, у яких бракує цього елемента. Вважається, що молібден є компонентом деяких бактеріальних нітрогеназ, і тому насамперед важливий для рослин, які живуть у симбіозі з азотфіксувальними бактеріями, як-от *Rhizobium*. Однак також є повідомлення про певну токсичність удобрення молібденом для *Bradyrhizobium* [6; 15].

Вважається, що гумінові кислоти сприяють мікробній активності за допомогою багатьох процесів, включаючи хімічне прилягання, забезпечуючи доступні джерела

вуглецю і азоту та електрохімічні модифікації межі ґрунт–корінь. Показано підвищену мікробну колонізацію тканин різних рослин, спільно інокульованих гуматами і бактеріями, що стимулюють ріст рослин. Ці сполуки посилюють виділення рослинами лабільних речовин, як-от цукри, амінокислоти та органічні кислоти, які можна використовувати як джерела енергії, сприяючи росту бактерії, що стимулюють ріст рослин [16]. Відомо, що використання препаратів на основі гумінових речовин, як-от К-гумат, та його включення в технологію сумісної обробки з інокуляцією насіння сої може забезпечити позитивний вплив на біологічну азотфіксацію [17]. Так, досліджено дію різних концентрацій К-гуматів (0, 50, 100, 150, 200 і 4000 мг) для насіння сої, інокульованого *Bradyrhizobium*, і показано вплив цієї сполуки на виживання *Bradyrhizobium*, морфологію коренів, утворення бульбочок, та приріст біомаси і вмісту азоту. Концентрації 50, 100 і 4000 мг збільшували виживання *Bradyrhizobium* у насінні після 25 днів зберігання, а також засвідчили кращий ефект щодо довжини первинних коренів, загальної довжини коренів і його площі. Також відмічено позитивний ефект на утворення симбіотичного апарату на коренях сої.

Виявлено, що поєднання гумінових речовин, *Bradyrhizobium japonicum* і бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPB), може бути багатобічним підходом до сприяння утворення бульбочок сої та збільшення врожаю. Така спільна інокуляція значно збільшила як кількість, так і середню масу бульбочок, що сприяє до більш ефективної біологічної фіксації азоту, про що свідчила значна кореляція між вагою бульбочок та фіксацією азоту [16].

Да Сілва та ін. [18] показали, що застосування гумінових кислот може сприяти росту сої через її дію на спільноту ендofітних бактерій, викликаючи збагачення мікроорганізмів, здатних впливати як на ріст рослин, так і на захист від патогенів і абіотичних стресів. Загалом, модуляція ендofітної та ризосферної спільноти гуміновими кислотами є складним про-

цесом, який виникає внаслідок різних взаємозв'язків між компонентами та функціями. Анатомічні зміни в кореневій системі роблять коріння більш розгалуженими з більшою площею поверхні, ймовірно, допомагаючи їх взаємодії з рослинними мікроорганізмами. Крім того, рослини, оброблені гуміновими кислотами, показують помітне збільшення кореневої ексудації внаслідок загального прискорення метаболізму [19].

Тому, існує велика кількість речовин, що використовуються за обробки насіння сої та дані щодо їх сумісної інокуляції є досить суперечливі та мають велику кількість чинників, які на них впливають. Перевірка штамів ризобій для інокуляції насіння сої на сумісність із різними препаратами відкриє нам глибше розуміння більш широких можливостей для їх застосування. Загалом, визначення стійкості *B. japonicum* до дії різних пестицидів дасть змогу запобігти можливим негативним наслідкам за спільного використання хімічних і біологічних засобів на формування симбіозу та його здатність підтримувати рослину для утворення врожаю.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінка впливу комплексної схеми обробки сої на ефективність інокуляції та якісні показники насіння проводилася на основі мікроорганізмів *Bradyrhizobium japonicum* та рекомендованих виробниками хімічних протруйників для обробки насіння.

У досліді було взято штами *Bradyrhizobium japonicum* EL 35 із колекції відділу агроєкології і біобезпеки Інституту агроєкології і природокористування НААН та прийнятий за еталон інокулянт для насіння сої Wealth N, що містить комплекс активних штамів ризобій (*B. japonicum* mix).

Для обробки насіння використовували середньостиглий сорт сої Моравія (120–139 діб) урожаю 2021 і 2023 рр.

Культуру повільнорослих бульбочкових бактерій *B. japonicum* вирощували на манітно-дріжджовому середовищі впро-

довж 7 діб за 26–28°C. Склад манітно-дріжджового середовища (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,5;  $\text{MgSO}_4$  – 0,2;  $\text{NaCl}$  – 0,1;  $\text{CaCO}_3$  – сліди, дріжджовий екстракт – 1,0; маніт – 10,0 (рН 6,8–7,2). Титр *B. japonicum* в суспензії після вирощування становив  $5 \cdot 10^9$  кл/мл.

Обидва продукти на основі мікроорганізмів тестували в поєднанні з такими препаратами:

1. Контроль (вода);
2. Фунгіцид-1 – Махіт XL, на основі діючих речовин – флудіоксоніл 25 г/л, металаксил-М 10 г/л – 1 л на т насіння;
3. Фунгіцид-2 – Авідо, на основі діючих речовин – тіофанат метил 435 г/л, крезоксим-метил 50 г/л, цимоксаніл 15 г/л – 1 л на т насіння;
4. Біостимулятор – Energreen premium amino (амінокислоти 200 г/л) – 0,12 л на т насіння;
5. Гумати – гумат калію (Гуміфілд ВР-18), рідкий 18% – 0,8 л/т насіння;
6. Мікроелементи – Рексолін (хелатований комплекс ЕДТА, Fe, Mn, Cu, Zn і Mg, В, Мо) – 0,25 кг на т насіння.

Також було проведено оцінку подальших комплексів щодо їх впливу на посівні якості насіння:

7. Комплекс 1 – фунгіцид-1 + біостимулятор + гумати;
8. Комплекс 2 – фунгіцид-2 + біостимулятор + гумати.

Через негативний вплив на мікроорганізми мікроелементи в складі комплексу не застосовувались.

Спільне інкубування ризобій та речовин для обробки насіння проводили впродовж – 1, 3 і 24 год. Після інкубації визначали титр бактерій за загальноприйнятими методами [20].

Енергію проростання та лабораторну схожість насіння сої виявляли в лабораторних умовах за ДСТУ 4138-2002.

Усі досліді проводили в 3-разовому біологічному та 5-разовому аналітичному повтореннях. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням STATISTICA 10 та Microsoft Excel 10.

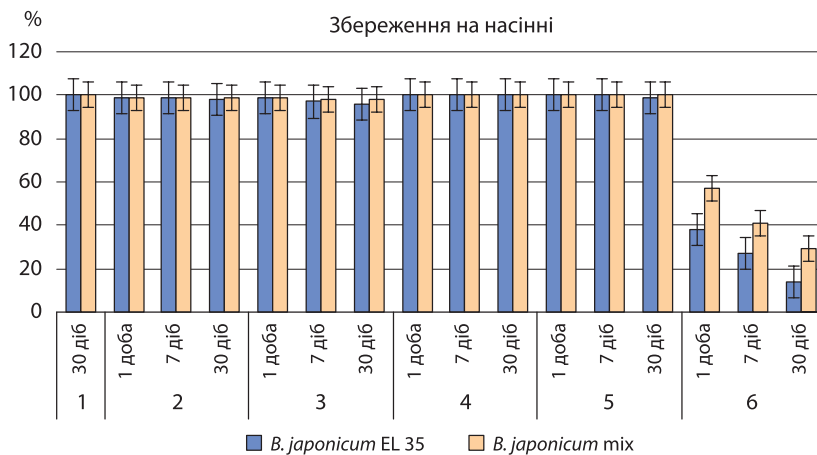
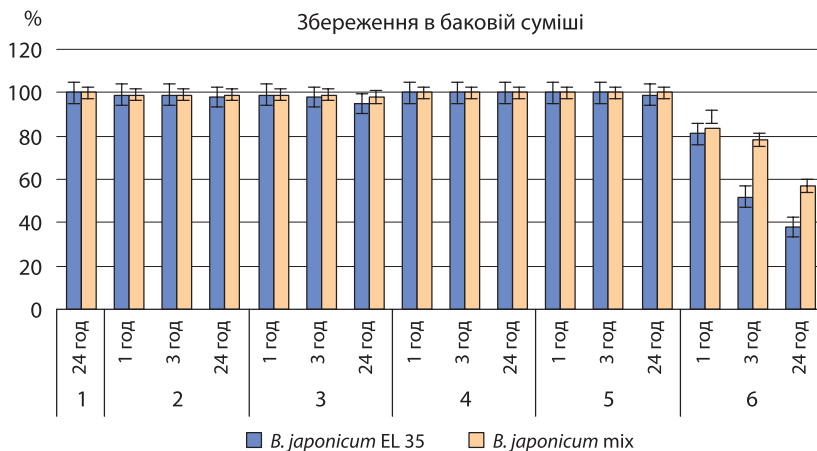
## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Раніше нами було проведено скринінг штамів ризобій, які адаптувались до локальних ґрунтово-кліматичних умов і набули стійкості до різноманітних засобів живлення та захисту рослин, що є перспективною стратегією підвищення ефективності мікробіологічних агентів біопрепаратів. Показано найвищу ефективність штаму *B. japonicum* EL 35, серед усіх взятих для дослідів препаратів для інокуляції рослин сої [21]. Для подальшого вивчення цього штаму було проведено серію дослідів за його сумісністю з деяким новітніми препаратами для обробки насіння сої та порівняння його із сумішшю ризобій еталонного інокулянту.

Передусім досліджено чутливість мікроорганізмів у баковій суміші до двох хімічних фунгіцидів, біостимуляторів на основі гуматів і амінокислот, а також мікродобрих окремо (рис. 1). Титр мікроорганізмів у контрольному варіанті становив  $5 \cdot 10^8$  та  $9 \cdot 10^8$  для *B. japonicum* EL 35 та *B. japonicum* міх відповідно. Так, показано, що обидва біопрепарати у баковій суміші з фунгіцидами і регуляторами росту зберігають початковий титр до 24 год. Лише мікроелементи мали токсичний вплив на ризобії, знижуючи титр на 10–20% уже через одну годину спільної інкубації. Через три години титр знижувався на 48 і 22%, а через добу на 62 й 43% для *B. japonicum* EL 35 і *B. japonicum* міх відповідно. Аналогічною була тенденція і за визначення титру мікроорганізмів на обробленому насінні за тривалого зберігання. Це підтверджує дослідження польських вчених [14] щодо токсичності мікроелементів для *B. japonicum*. Подальші дослідження мікроелементів у багатокомпонентних бакових сумішах втратили сенс.

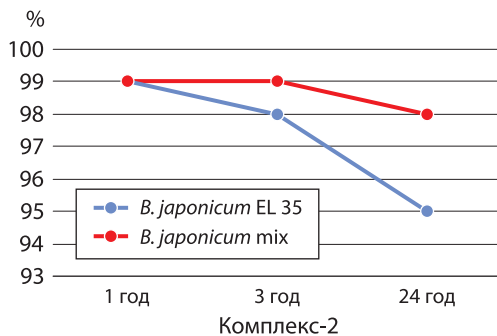
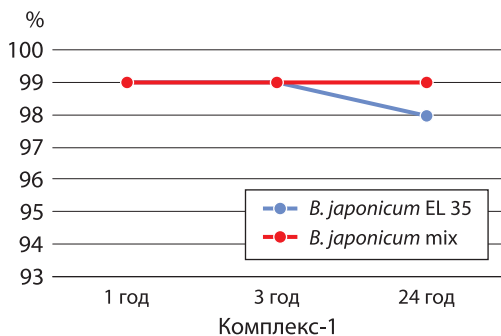
З огляду на вищезазначене, для створення суміші – комплекс-1, було взято фунгіцид-1 + біостимулятор + гумати та для суміші – комплекс-2, відповідно, фунгіцид-2 + біостимулятор + гумати. Перевірено вплив цих комплексів на життєздатність ризобій упродовж тривалої інкубації в баковій суміші (рис. 2). Максимальне





**Рис. 1.** Збереження кількості клітин ризобій після спільної інкубації з хімічними протруйниками в чистій культурі та на насінні

Примітки: 1. Контроль. 2. Фунгіцид-1. 3. Фунгіцид-2. 4. Біостимулятор. 5. Гумати. 6. Мікроелементи.



**Рис. 2.** Динаміка кількості ризобіальних клітин у бакових комплексних розчинах

зниження кількості ризобій зафіксовано за інкубації *B. japonicum* EL 35 із комплексом-2, що становило 5%. В інших випадках не спостерігали істотного зниження кількості життєздатних клітин, що могло б зашкодити формуванню симбіотичного апарату в подальшому.

Під час нанесення досліджених бакових сумішей на насіння проведено перевірку титру ризобій через 1; 7 та 30 діб. Вихідний титр бактерій на насінні становив  $4 \cdot 10^6$  та  $8 \cdot 10^6$  для *B. japonicum* EL 35 та *B. japonicum* міх відповідно. Результатами досліджень встановлено (рис. 3), що неістотне зниження титру спостерігається з 7-ї доби після обробки насіння і дещо збільшується до 30 доби. Крім того, комплекс-1 є менш токсичним – 1% зниження титру, порівняно з комплексом-2, де титр зменшився на 6%. Це твердження справедливе лише у бакових сумішей на основі *B. japonicum* EL 35. У випадку з *B. japonicum* міх на 30-ту добу зниження титру на 1% зазначено у баковій суміші з комплексом-2. Отже, можна з впевненістю стверджувати, що обидва перевірені комплекси підходять для сумісної обробки з ризобіями та не впливають на титр бактерій упродовж тривалого часу зберігання на насінні.

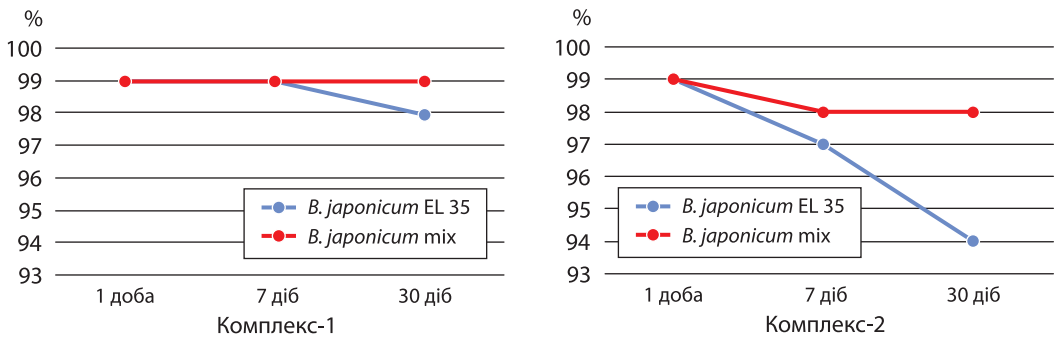
Тому, обидва досліджені комплекси не чинять негативного впливу на досліджувані штами *B. japonicum*. Це доводить високу технологічність виділеного штаму *B. japonicum* EL 35 та дає змогу рекомендувати його як біологічний агент для сумісної із

фунгіцидами та регуляторами росту передпосівної обробки насіння сої.

Наступний етап досліджень передбачав вивчення впливу штаму *B. japonicum* EL 35 на посівні якості насіння.

Відомо, що запорукою хорошого врожаю є схожість насіння, а не лише правильно підібрані засоби захисту та живлення. Кондиційність насіння є одним із найважливіших показників, які визначають перед його висівом. Вважається, що господарська довговічність насіння сої (*Glycine max* L.) за зберігання в насіннесховищах із неконтрольованим кліматом залежно від сорту зберігається 3–4 роки [22]. Тому, для наступного етапу нашої роботи з дослідження впливу препаратів як у суміші, так і окремо, на схожість насіння сорту Моравія, було взято сою врожаю 2021 і 2023 рр.

Дослідження на насінні врожаю 2021 р. зафіксувало (табл. 1), що обробка ризобіями здатна збільшити схожість та енергію проростання на 5–11%. Обробка фунгіцидами не мала впливу на енергію проростання та знижувала на 2% схожість. Біостимулятори та гумати покращували якісні показники від 2 до 10%. Останнє підсилює твердження, що поєднання мікробних препаратів із біостимуляторами під час обробки насіння є дуже ефективним та рекомендованим методом [23]. Застосування мікроелементів засвідчило нейтральний вплив на схожість, але знижувало енергію проростання на 3%.



**Рис. 3.** Збереження кількості клітин ризобій після спільної інкубації із сумішами хімічних протруйників на насінні

Таблиця 1. Вплив окремих елементів обробки на схожість насіння сорту Моравія врожаю 2021 р., %

Препарат	Лабораторна схожість	Польова схожість	Енергія проростання
Контроль (без обробки)	82	78	72
<i>V. jaropiscum</i> EL 35	87	86	83
Фунгіцид-1	82	76	72
Фунгіцид-2	80	76	72
Біостимулятор	84	84	83
Гумати	86	82	82
Мікроелементи	82	78	69

За дослідження комплексної обробки (без мікроелементів) на якісні показники насіння сої сорту Моравія врожаю 2021 р. виявлено позитивний вплив обох комплексів (рис. 4). Так, спостерігаємо, що за рахунок правильно підібраної комплексної обробки можна збільшити енергію проростання на 11%, і схожість від 4 до 6%.

Дослідження показників посівної якості насіння врожаю 2023 р. визначило, що вихідна схожість цього насіння набагато вища, ніж у насіння 2021 р. — від 10 до 16%. Обробка ризобіями цього насіння не продемонструвала такого позитивного впливу на якісні показники як за обробки насіння врожаю 2021 р. Тому, за гіршої якості насіння (насіння врожаю 2021 р.) обробка ризобіями здатна поліпшити його, але за достатньо високого рівня схожості насіння така обробка є нейтральною (табл. 2). Обробка обома фунгіцидами знижувала досліджувані показники на 1–2%. Мікроелементи, як і в попередньому досліді знижували всі показники, але не більше ніж на 5%.

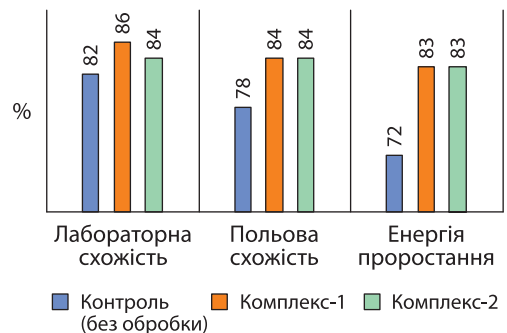
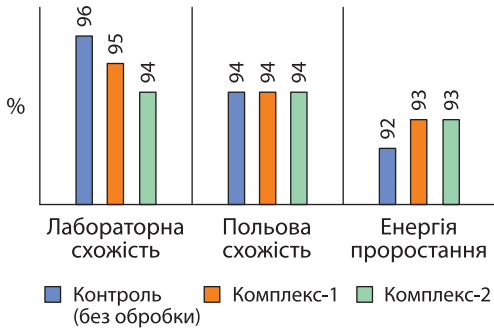


Рис. 4. Вплив комплексної обробки на якісні показники насіння сої сорту Моравія врожаю 2021 р.

Під час дослідження комплексної обробки на якісні характеристики насіння *Glycine max* L. сорту Моравія врожаю 2023 р. показники лабораторної схожості знижувались на 1–2%, але на польову схожість негативний вплив відсутній. До того ж обидва комплекси мали позитивний вплив на енергію проростання (рис. 5).

Таблиця 2. Вплив на схожість насіння сорту Моравія врожаю 2023 р., %

Препарат	Лабораторна схожість	Польова схожість	Енергія проростання
Контроль (без обробки)	96	94	92
<i>V. jaropiscum</i> EL 35	96	95	92
Фунгіцид-1	94	92	92
Фунгіцид -2	94	92	90
Біостимулятор	95	95	93
Гумати	95	97	93
Мікроелементи	92	91	90



**Рис. 5.** Вплив комплексної обробки на якісні показники насіння сої сорту Моравія врожаю 2023 р.

Отже, передпосівна обробка насіння дослідженими комплексами здатна захистити сходи від хвороб та забезпечити їх активний розвиток та рівномірність.

Загалом, спостерігаємо що, правильно підібрана комбінація пестицидів, регуляторів росту та біопрепаратів для передпосівної обробки насіння сої дає змогу за один технологічний прийом поліпшити посівні якості насіння, зберегти азотфіксуючий потенціал культури і, відповідно, забезпечити реалізацію потенціалу врожайності.

## ВИСНОВКИ

Показано особливості взаємодії компонентів біологічної і хімічної природи для обробки насіння сої (*Glycine max* L.).

Встановлено, негативний вплив мікроелементів на біологічний компонент, — живі клітини ризобій, під час застосування їх в одній баковій суміші для обробки насіння сої. Тому, для комплексної обробки з інокулянтами вважаємо доцільним використовувати суміші, які не містять мікроелементи.

Відмічено, що досліджений нами штам *B. japonicum* EL 35 та еталонний препарат (*B. japonicum* міх) зберігають титр за нанесення створених комплексів на насіння до 30 діб. Отже, обидва перевірені комплекси підходять для сумісної обробки з ризобіями та здатні зберігати титр бактерій упродовж часу необхідного для висіву насіння в ґрунт.

Виявлено синергічний ефект більшості використаних у досліді складових для обробки насіння сої, за винятком мікроелементів. Передпосівна обробка насіння дослідженими комплексами речовин здатна забезпечити його захистом від хвороб та отримати рівномірні, добре розвинуті сходи.

Поєднання обробки насіння хімічними протруйниками разом із інокулянтом та стимуляторами росту на основі гумінових речовин і амінокислот дає можливість нівелювати негативний вплив протруйників на схожість та енергію проростання насіння і забезпечує комплексний захист насіння, гарантуючи високу якість посівного матеріалу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sohidul I.M., Muhyidiyn I., Rafiqul I. et al. Soybean and sustainable agriculture for food security. *Intech. Open*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.104129>.
2. Забарна Т.А., Черешнюк В.В. Агроекологічні аспекти вирощування сої (*Glycine max* L.) в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 108–116. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>.
3. The International Production Assessment Division (IPAD) of the USDA's Foreign Agricultural Service (FAS). URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropeplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>.
4. Поспелова Г.Д., Коваленко Н.П., Нечипоренко Н.І. та ін. Фунгіцидний захист посівів сої від кореневих гнилей. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.01>.
5. Кобилінський І.В., Антонєць О.А. Вплив способів передпосівної підготовки насіння сої на врожайність. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.05>.
6. Jarecki W. Soybean response to seed inoculation or coating with *Bradyrhizobium japonicum* and foliar fertilization with molybdenum. *Plants*. 2023. № 12. Р. 2431. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132431>.
7. Петриченко В.Ф., Чорна В.М. Особливості росту рослин сої залежно від інокуляції та морфорегулятора в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016.

- № 4. С. 42–54. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2017\\_11\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2017_11_6).
8. Ahemad M. and Khan M.S. Ecotoxicological assessment of pesticides towards the plant growth promoting activities of Lentil (*Lens esculentus*) — specific *Rhizobium* sp. strain MRL3. *Ecotoxicology*. 2011. Vol. 20 (4). P. 661–669. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0606-4>.
  9. Yang C., Hamel C., Vujanovic V. and Gan Y. Fungicide: modes of action and possible impact on non-target microorganisms. *ISRN Ecology*. 2011. Article ID 130289. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.5402/2011/130289>.
  10. Liu X., Wang X., Zhang F. et al. Toxic effects of fludioxonil on the growth, photosynthetic activity, oxidative stress, cell morphology, apoptosis, and metabolism of *Chlorella vulgaris*. *Science of the total environment*. 2022. Vol. 838 (2). P. 156069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156069>.
  11. Fang H., Han L., Zhang H. et al. Repeated treatments of ciprofloxacin and kresoxim-methyl alter their dissipation rates, biological function and increase antibiotic resistance in manured soil. *Science of the total environment*. 2018. Vol. 628–629. P. 661–671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.116>.
  12. Vozniuk S.V., Tytova L.V., Ratushinska O.V. and Iutynska G.O. Formation and functioning of symbiotic systems and rhizosphere microbiocenosis of soybean under various fungicides application. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*. 2016. Vol. 78 (4). P. 90–101. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30653880/>.
  13. Шовкова О.В., Коротич Є.В. Ефективність мікродобрив для передпосівної обробки насіння сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 98–102. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.12>.
  14. Brzezińska A. and Mrozek-Niećko A. Effect of selected micronutrient seed fertilizers on the viability of *Bradyrhizobium japonicum*. *Progress in Plant Protection*. 2021. Vol. 61. P. 17–23. DOI: <https://doi.org/10.14199/ppp-2021-002>.
  15. Banerjee P. and Nath R. Prospects of molybdenum fertilization in grain legumes. *Journal of Plant Nutrition*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020831>.
  16. Canellas L.P., Silva R.M., Barbosa L.J.S. et al. Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* and humic substances combined with *Herbaspirillum seropedicae* promotes soybean vegetative growth and nodulation. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (10). P. 2660. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102660>.
  17. Reis de Andrade da Silva M.S., de Melo Silveira dos Santos B., Hidalgo Chávez D.W. et al. K-Humate as an agricultural alternative to increase nodulation of soybeans inoculated with *Bradyrhizobium*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. Vol. 36. P. 102129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102129>.
  18. da Silva M.S.R.A., de Carvalho L.A.L., Braos L.B. et al. Effect of the application of vermicompost and millicompost humic acids about the soybean microbiome under water restriction conditions. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. P. 1000222. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1000222>.
  19. Mawan N., Tunçtürk M. and Tunçtürk R. Effect of humic acid applications on physiological and biochemical properties of soybean (*Glycine max* L.) grown under salt stress conditions. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 33 (1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1057288>.
  20. Лобова О.В., Левішко А.С., Гуменюк І.І. Біотехнології: навч. посібн. Київ: НУБІП, 2021. 545 с.
  21. Левішко А.С., Гуменюк І.І., Ткач Є.Д., Терновий Ю.В., Кравчук Ю.А. Ефективність використання нових штамів *Rhizobium* на посівах бобових культур. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 136–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768>.
  22. Чернишенко П.В., Рябуха С.С. Господарська довговічність насіння сої. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 200–205. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas\\_2013\\_103\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2013_103_29).
  23. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: моногр. Вінниця, 2020. 275 с.

## REFERENCES

1. Sohidal, I.M., Muhyidiy, I., Rafiqul, I. et al. (2022). Soybean and sustainable agriculture for food security. *Intech. Open*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.104129> [in English].
2. Zabarna, T.A. & Chereshniuk, V.V. (2024). Agroekolohichni aspekty vyroshchuvannya soi (*Glycine max* L.) v Ukraini [Agroecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine]. *Ah-roekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 108–116. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945> [in Ukrainian].
3. The International Production Assessment Division (IPAD) of the USDA's Foreign Agricultural Service (FAS). (n.d.). URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000> [in English].
4. Pospielova, H.D., Kovalenko, N.P., Nechyporenko, N.I. et al. (2023). Funhitsydneyi zakhyst posiviv soi vid korenevnykh hnylei [Fungicidal protection of soybean crops against root rot]. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.01> [in Ukrainian].
5. Kobylinskyi, I.V. & Antonets, O.A. (2023). Vplyv sposobiv передпосівної pidhotovky nasinnia soi na vrozhainist [Influence of methods of pre-sowing preparation of soybean seeds on yield]. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.05> [in Ukrainian].



6. Jarecki, W. (2023). Soybean response to seed inoculation or coating with *Bradyrhizobium japonicum* and foliar fertilization with molybdenum. *Plants*, 12, 2431. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132431> [in English].
7. Petrychenko, V.F. & Chorna, V.M. (2016). Osoblyvosti rostu roslyn soi zalezno vid inokuliacii ta morfologuliatora v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Features of soybean plant growth depending on inoculation and morphoregulator under conditions of the right-bank foreststeppe]. *Agriculture and forestry — Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 4, 42–54 [in Ukrainian].
8. Ahemad, M. & Khan, M.S. (2011). Ecotoxicological assessment of pesticides towards the plant growth promoting activities of Lentil (*Lens esculentus*) — specific *Rhizobium* sp. strain MRL3. *Ecotoxicology*, 20 (4), 661–669. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0606-4> [in English].
9. Yang, C., Hamel, C., Vujanovic, V. & Gan, Y. (2011). Fungicide: modes of action and possible impact on nontarget microorganisms. *ISRN Ecology*, Article ID 130289, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.5402/2011/130289> [in English].
10. Liu, X., Wang, X., Zhang, F. et al. (2022). Toxic effects of fludioxonil on the growth, photosynthetic activity, oxidativestress, cell morphology, apoptosis, and metabolism of *Chlorella vulgaris*. *Science of the total environment*, 838, (2), 156069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156069> [in English].
11. Fang, H., Han, L., Zhang, H. et al. (2018). Repeated treatments of ciprofloxacin and kresoxim-methyl alter their dissipation rates, biological function and increase antibiotic resistance in manured soil. *Science of the total environment*, 628–629, 661–671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.116> [in English].
12. Vozniuk, S.V., Tytova, L.V., Ratushinska, O.V. & Iutynska, G.O. (2016). Formation and functioning of symbiotic systems and rhizosphere microbiocenosis of soybean under various fungicides application. *Mikrobiologichnyi zhurnal*, 78, (4), 90–101. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30653880/> [in English].
13. Shovkova, O.V. & Korotych, Ye.V. (2021). Efektyvnist mikrodrobryv dlia peredposivnoi obrobky nasinnia soi [Effectiveness of micro-fertilizers for pre-sowing soybean seed treatment]. *Bulletin of Poltava state agrarian academy — Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 98–102. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.12> [in Ukrainian].
14. Brzezińska, A. & Mrozek-Niečko, A. (2021). Effect of selected micronutrient seed fertilizers on the viability of *Bradyrhizobium japonicum*. *Progress in Plant Protection*, 61, 17–23. DOI: <https://doi.org/10.14199/ppp-2021-002> [in English].
15. Banerjee, P. & Nath, R. (2021). Prospects of molybdenum fertilization in grain legumes. *Journal of Plant Nutrition*. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020831> [in English].
16. Canellas, L.P., Silva, R.M., Barbosa, L.J.S. et al. (2023). Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* and humic substances combined with *Herbaspirillum seropedicae* promotes soybean vegetative growth and nodulation. *Agronomy*, 13 (10), 2660. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102660> [in English].
17. Reis de Andrade da Silva, M.S., de Melo Silveira dos Santos, B., Hidalgo, Chávez D.W. et al. (2021). K-Humate as an agricultural alternative to increase nodulation of soybeans inoculated with *Bradyrhizobium*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, 102129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2021.102129> [in English].
18. da Silva, M.S.R.A., de Carvalho, L.A.L., Braos, L.B. et al. (2022). Effect of the application of vermicompost and millicompost humic acids about the soybean microbiome under water restriction conditions. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1000222. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1000222> [in English].
19. Mawan, N., Tunçtürk, M. & Tunçtürk, R. (2023). Effect of humic acid applications on physiological and biochemical properties of soybean (*Glycine max* L.) grown under salt stress conditions. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 33 (1), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1057288> [in English].
20. Lobova, O.V., Levishko, A.S. & Humeniuk, I.I. (2021). *Biotehnolohiyyi: navchal'nyy posibnyk [Biotechnology: a study guide]*. Kyiv: NUBIP [in Ukrainian].
21. Levishko, A.S., Humeniuk, I.I., Tkach, Ye.D., Ternovyi, Yu.V. & Kravchenko, Yu.A. (2022). Efektyvnist vykorystannia novykh shtamiv *Rhizobium* na posivakh bobovykh kultur [Effectiveness of using new *Rhizobium* strains on leguminous crops]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 136–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768> [in Ukrainian].
22. Chernyshenko, P.V. & Riabukha, S.S. (2013). Hospodarska dovhovichnist nasinnia soi [Agricultural durability of soybean seeds]. *Selektsiia i nasinnytstvo — Plant breeding and seed production*, 103, 200–205. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas\\_2013\\_103\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2013_103_29) [in Ukrainian].
23. Zabolotnyi, H.M., Mazur, V.A., Tsyhanska, O.I. et al. (2020). *Ahrobiologichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnost: monohrafiia [Agrobiological basics of soybean cultivation and ways to maximize its productivity: monograph]*. Vinnytsia [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.09.2024

# БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРОТИ БОРОШНИСТОЇ РОСИ (*PODOSPHAERA LEUCOTRICHA* SALM.) НА ЯБЛУНІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

М.В. Гунчак

Чернівецький регіональний центр державної установи  
«Інститут охорони ґрунтів України» (м. Чернівці, Україна)  
e-mail: [chernivtsy\\_grunt@ukr.net](mailto:chernivtsy_grunt@ukr.net); ORCID: 0000-0002-3521-8531

Встановлено, що досліджувані біологічні препарати в умовах Західного Лісостепу України впродовж 2021–2022 рр. мають високу ефективність дії проти борошнистої роси (*Podosphaera Leucotricha* Salm.) яблуні, яка була однією з найпоширеніших хвороб та уражала від 15,3 до 18,1% листків яблуні. Найвищу ефективність отримали за застосування препарату Флуоресцин БТ, р. у нормі 2,0 л/га у фенофазі ріст плодів, коли плід мав розмір волоського горіха — 73,0%. Найнижчу ефективність одержали від застосування Фітоспорину БТ, р. у нормі 5,0 л/га та Бактофіту БТ, р. у нормі 3,0 л/га у фенофазі рожевий бутон — 43,4%. Застосування препарату Бактофіт БТ, р. у нормі 3,0; 4,0 і 5,0 л/га дало можливість на 43,4–69,5% зменшити розвиток борошнистої роси та отримати врожайність у межах 11,5–11,6 т/га. Ефективність використання Флуоресцину БТ, р. у нормі 1,0; 1,5 і 2,0 л/га становила 49,2–73,0%, за врожайності від 11,5 до 11,6 т/га. Під час застосування препарату Фітоспорин БТ, р. у нормі 5,0; 7,0 і 10,0 л/га одержали ефективність проти борошнистої роси яблуні через 7 діб після обприскування в межах 43,4–61,5% та врожайності від 11,5 до 11,6 т/га. За використання препарату Амеломіцин БТ, р. у нормі 2,0; 4,0 і 6,0 л/га ефективність становила 45,1–68,6%, а врожайність була від 11,4 до 11,6 т/га. Ефективність дії фунгіциду Топаз 100 ЕС, к.е. у нормі 0,4 л/га, який використовувався як хімічний еталон, проти борошнистої роси була 83,6–86,7%, за врожайності яблуні 12,1 т/га. Дослідження та розрахунки засвідчили, що найбільший умовно чистий дохід та найвищу рентабельність отримали від застосування препарату Флуоресцин БТ, р. — 1743,0–2448,0 грн/га і 167,3–212,5%. За використання препарату Бактофіт БТ, р. мали умовно чистий дохід у розмірі 573,0–1083,0 грн/га, за рівня рентабельності 26,9–55,4%. Триразове застосування препарату Амеломіцин БТ, р. дало можливість одержати умовно чистий дохід у розмірі 453,0–693,0 грн/га і рентабельність від 23,8 до 33,6%. Найнижчий дохід серед застосованих проти борошнистої роси препаратів отримали від препарату Фітоспорину БТ, р. — від 369,0 до 873,0 грн/га, за рівня рентабельності 15,8–47,8%. Поріг окупності застосування досліджуваних препаратів становив від 0,11 до 0,34 т/га.

**Ключові слова:** яблуневі насадження, хвороби, біологічні препарати, технічна ефективність.

## ВСТУП

У галузі садівництва значного поширення набуло застосування хімічних засобів захисту. За використання хімічного методу захисту рослин знищується корисна ентомофауна та виникає резистентність у хвороб до пестицидів. Тому надзвичайно необхідним є екологічне регулювання чисельності шкідливих організмів за максимального використання біологічних засо-

бів, зниження кількості хімічних обробок, вдосконалення асортименту пестицидів [1; 2].

Біологічні препарати мають нижчу ефективність, ніж хімічні, але їх перевагою є те, що вони екологічно безпечніші. Біологічні препарати характеризуються більш уповільненою дією, ніж хімічні пестициди, але й мають метатоксичний ефект і за певних умов можуть спричинити епізоотії у комах. Ефективність біопрепаратів може

знижуватись внаслідок несприятливих погодних умов, зокрема дощів, які здатні змивати препарат, низької температури, що послаблює активність живлення шкідників, а також ультрафіолетового випромінювання, яке частково інактивує бактерії [3].

Яблуневі насадження уражує велика кількість хвороб, які негативно впливають на якісні й кількісні показники плодової продукції та можуть навіть призводити до втрати всього врожаю чи загибелі дерев. Однією з найпоширеніших хвороб яблуні в умовах Західного Лісостепу України є борошниста роса яблуні. Збудник — сумчастий гриб *Podosphaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm. з конідіальною стадією *Oidium farinosum* Ске. Особливо небезпечна хвороба в молодих садах і розсадниках [4; 5].

Наразі відомо багато пестицидів хімічного походження, які ефективно застосовують проти борошнистої роси яблуні, але ефективність дії біопрепаратів проти збудника хвороби вивчена недостатньо. З огляду на те, що борошниста роса (*Podosphaera leucotricha* Salm.) є однією з найпоширеніших хвороб яблуні в умовах Західного Лісостепу України, **метою роботи** було вивчення ефективності препаратів біологічного походження проти борошнистої роси яблуні в регіоні.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідники зазначають, що борошниста роса уражує листки, пагони, суцвіття, рідше зав'язь і плоди. Перші ознаки хвороби проявляються відразу ж після розпускання бруньок. На пагонах з'являється спочатку білий, а згодом брудно-сірий наліт, який темнішає, і на ньому формуються чорні крапки — клейстотеції патогена. На листках (переважно з нижнього боку) і черешках утворюється сірувато-білий наліт, що пізніше стає рудуватим, а на суцвіттях, пелюстках, чашолистиках і квітконіжках — білий наліт. Листки деформуються, набувають ланцетоподібної форми, листові пластинки по краях закручуються вниз, грубіють, втрачають тургор, засихають і опадають. Верхівки дуже уражених пагонів

згинаються й засихають. Уражені суцвіття порівняно із здоровими відстають у розвитку на 4–6 днів, квітки мають деформовані жовто-зелені пелюстки і тичинки. Здебільшого вони засихають і опадають, не утворюючи зав'язь [6; 7].

Лісовий М.П. та ін. [7] вказують, що врожай сильно уражених сортів може знижуватись на 50–80%. Вихід стандартних саджанців у розсаднику зменшується більш як на 20%, сіянців — понад 50%. Хронічне ураження борошнистою росою негативно впливає на зимостійкість рослин. Загибель уражених пагонів після зими може становити — 50%, а бруньок — 85–92%. Крім того, за температури повітря нижче  $-20^{\circ}\text{C}$  масово гине збудник хвороби, що зимує в уражених бруньках. Відносно стійкими до хвороби є Антонівка звичайна, Кальвіль сніговий, Ренет шампанський, Донешта, Слава переможцям, Зоря Поділля, Росавка, Лінда, Жигулівське, Старкрімсон, Ауксіс, Сапфір, Спартан, Голден Резистент, Гада, Боскопська красуня, Мелба, Чемпіон, Сюгедесерт, Прима, Пінова, Уелспур та ін. Сильно уражуються сорти — Джонатан, Айдаред, Аскольда, Бойкен, слабо — Ліберті, Флоріна, Джеймс Грив.

Борзих О.І., Шевчук І.В. та ін. [8; 9] зазначають, що вирощування стійких сортів, дотримання високої агротехніки, недопущення загущення насаджень та крон рослин, обмеження внесення азотних добрив, а за зрошення своєчасний і оптимальний полив, обрізування дерев взимку й видалення уражених пагонів істотно знижує розвиток борошнистої роси.

Важливе значення в обмеженні негативного впливу хімічних засобів захисту має біологічний метод захисту рослин, впровадження якого щодо хвороб яблуні хоча й перебуває на стадії наукового пошуку, але все-таки починає успішно застосовуватись для захисту яблуневих насаджень [5].

Як вказують Борзих О.І. та ін. [1], використання біологічних препаратів у системах захисту є надзвичайно необхідним, адже це дає змогу стабілізувати екологічну рівновагу в садовому агробіоценозі й оптимізувати обсяги застосування хіміч-

них засобів для збереження корисних видів і мінімального негативного впливу на зовнішнє середовище.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Роботу виконували впродовж 2021–2022 рр. в яблуневому саду Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН (УкрНДСКР ІЗР) за загальноприйнятими методиками [10; 11] на насадженнях яблуні 2014 р. садіння сорту Айдаред на підщепі М-106. Схема садіння: 3×3 м. Система утримання ґрунту – під багаторічними травами.

Дослідна ділянка розміщена на чорноземі опідзоленому середньозмитому важкосуглинковому ґрунті з низьким вмістом гумусу – 2,0% та слабокислою реакцією ґрунтового розчину ( $\text{pH}_{\text{сол.}}$  – 5,2). Забезпеченість ґрунту фосфором середня ( $\text{P}_2\text{O}_5$  – 78 мг/кг ґрунту), калієм – середня ( $\text{K}_2\text{O}$  – 79 мг/кг ґрунту), легкогідролізованим азотом – дуже низька (92 мг/кг ґрунту). Агроекологічна оцінка в балах сягає 35 із 100.

Фітосанітарний моніторинг проводили візуально. Обліки заселення фітофагами та наявності й розвитку хвороб здійснювались за загальноприйнятими методиками відповідно до фаз рослини-господаря: набрякання бруньок, зелений конус, висування бутонів, відокремлення бутонів, рожевий бутон, цвітіння, кінець цвітіння, формування, ріст та дозрівання плодів [10; 12].

Під час польових дослідів у кожному варіанті використовувалося по 10 облікових дерев (дерево–повторність).

Для обліку борошнистої роси оглядали 200 листків з різних боків крони і встановлювали ступінь їх ураження за відповідною шкалою. Інтенсивність або ступінь розвитку хвороби визначали у відсотках поверхні рослин чи окремих їх органів, вкритих нальотами за відповідними окомірними відсотковими шкалами або в умовних балах за відповідними шкалами із характеристикою симптомів хвороби [10]. Відсоток уражен-

ня виявляли шляхом множення кількості уражених листків чи плодів на 100 і діленням добутку на число взятих для обліку листків чи плодів.

Поширення хвороб ( $\Pi$ ) (кількість уражених рослин чи окремих їх органів у відсотках) визначали за формулою [10]:

$$\Pi = n \cdot 100 / N, \quad (1)$$

де  $\Pi$  – поширення хвороби;  $N$  – загальна кількість рослин у пробі;  $n$  – кількість уражених органів (рослин), %.

Відсоток розвитку хвороби або ступінь ураження ( $R$ , %) вираховували за формулою [10]:

$$R = (\sum(r \cdot b) \cdot 100) / P \cdot B, \quad (2)$$

де  $R$  – розвиток хвороби, %;  $\sum(r \cdot b)$  – сума добутків кількості рослин ( $r$ ) на відповідний бал ураження ( $b$ );  $P$  – кількість листків чи плодів, узятих для обліку, шт.;  $B$  – найвищий бал шкали, за якою проводиться оцінка ураження в досліді.

Ефективність дії фунгіцидів ( $E_d$ , %) обраховували згідно з формулою [10]:

$$E_d = (100 \cdot (P_k - P_d)) / P_k, \quad (3)$$

де  $E_d$  – ефективність дії препарату, %;  $P_k$  – показник розвитку хвороби на контролі;  $P_d$  – показник розвитку хвороби в дослідному варіанті.

Економічну ефективність застосування засобів захисту виявляли за загальноприйнятими методиками [13].

Умовно чистий дохід від використання захисних заходів було розраховано за формулою [13; 14]:

$$\text{ЧД} = B_3 - E_3, \quad (4)$$

де  $\text{ЧД}$  – умовно чистий дохід, грн/га;  $B_3$  – вартість збереженого врожаю, грн/га;  $E_3$  – витрати, пов'язані з одержанням збереженого врожаю, грн/га.

Вартість витрат, що пов'язані з одержанням збереженого врожаю визначали як суму витрат на препарати та витрат на їх застосування [13]:

$$E_3 = B_r + B_b, \quad (5)$$

де  $B_r$  – витрати на придбання біопрепаратів;  $B_b$  – витрати на внесення біопрепаратів.

Норму рентабельності захисних заходів визначали як процентне співвідношення умовно чистого доходу до затрат, пов'язаних з одержанням збереженого врожаю [13]:

$$P = \text{ЧД} / E_3 \cdot 100\% \quad (6)$$

Поріг окупності (П) визначали за формулою [13]:

$$P = E_3 / \text{Ц}, \quad (7)$$

де Ц — ціна врожаю, грн/т.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за загальноприйнятими методиками [15].

Схема застосування біопрепаратів проти борошністої роси яблуні:

1. Контроль (без обробок);
2. Контроль (використання хімічних засобів): фунгіцид Топаз 100 ЕС (пенконазол), к.е. — 0,4 л/га;
3. Бактофіт БТ (бактерій *Bacillus subtilis*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 3,0 л/га;
4. Бактофіт БТ (бактерій *Bacillus subtilis*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 4,0 л/га;
5. Бактофіт БТ (бактерій *Bacillus subtilis*, титр життєздатних клітин не нижче  $2,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 5,0 л/га;
6. Фітоспорин БТ (спороутворювальні бактерії *Bacillus subtilis* 26 D, титр не нижче  $2,0 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>) — 5,0 л/га;
7. Фітоспорин БТ (спороутворювальні бактерії *Bacillus subtilis* 26 D, титр не нижче  $2,0 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>) — 7,0 л/га;
8. Фітоспорин БТ (спороутворювальні бактерії *Bacillus subtilis* 26 D, титр не нижче  $2,0 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>) — 10,0 л/га;
9. Амтеломіцин БТ (*Ampelomyces Ces ex Schlecht*, титр не нижче  $4,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 2,0 л/га;
10. Амтеломіцин БТ (*Ampelomyces Ces ex Schlecht*, титр не нижче  $4,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 4,0 л/га;
11. Амтеломіцин БТ (*Ampelomyces Ces ex Schlecht*, титр не нижче  $4,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 6,0 л/га;
12. Флуоресцин БТ (бактерії *Pseudomonas fluorescens*, титр не нижче  $5,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 1,0 л/га;

13. Флуоресцин БТ (бактерії *Pseudomonas fluorescens*, титр не нижче  $5,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 1,5 л/га;

14. Флуоресцин БТ (бактерії *Pseudomonas fluorescens*, титр не нижче  $5,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) — 2,0 л/га.

Обприскування проводились тричі у фенофази: рожевий бутон, формування плодів та ріст плодів, коли плід мав розмір волоського горіха.

Урожайність насаджень визначали під час збирання врожаю у третій декаді вересня.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результатами фітосанітарного моніторингу (рис.) встановлено, що впродовж 2021–2022 рр. в яблуневих насадженнях Західного Лісостепу України борошніста роса проявлялася у період від фенофази висування бутонів до фенофази рожевий бутон за ураження 1,5–1,6% листків яблуні. Далі збільшувався рівень поширення хвороби під час цвітіння яблуні до 3,4–4,1%, наприкінці цвітіння — до 6,5–9,6, у період формування плодів — до 9,8–17,9, у фенофазі росту плодів, коли плід мав розмір ліщини — до 12,6–18,0%. У фазі росту плодів, коли плід мав розмір волоського горіха, рівень поширення борошністої роси досяг значень 15,3–18,1% уражених листків. У подальшому температура повітря понад 20°C та відносна вологість повітря нижче 70% стримували наростання хвороби.

За результатами досліджень визначено (табл. 1), що препарат Бактофіт БТ, р. у нормі 3,0 л/га через 7 діб після обробки показав ефективність проти борошністої роси у фенофазі рожевий бутон на рівні 43,4%, у період формування плодів — 49,6%, а під час росту плодів — 57,1%, за врожайності 11,5 т/га. Від застосування препарату Бактофіт БТ, р. у нормі 4,0 л/га через 7 діб після обробки отримали ефективність на рівні 45,9%, 57,6 і 66,4%, за врожайності 11,5 т/га. За використання препарату Бактофіт БТ, р. у нормі 5,0 л/га через 7 діб після обробки ефективність дії



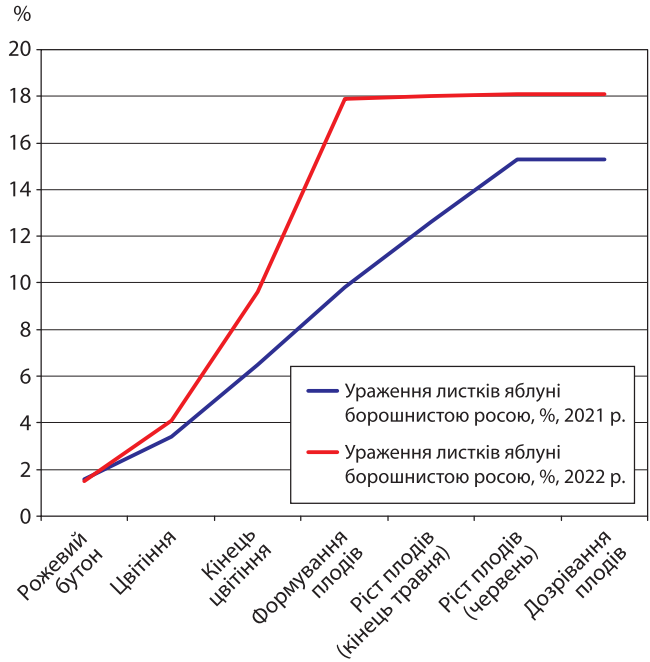
була на рівні 49,2%, 61,5 і 69,5%, за врожайності 11,6 т/га.

Препарат Флуоресцин БТ, р. у нормі 1,0 л/га через 7 днів після обробки показав ефективність проти борошнистої роси у фенофазі рожевий бутон на рівні 49,2%, у період формування плодів – 53,7%, а під час росту плодів – 60,6%, за врожайності 11,5 т/га.

За застосування препарату Флуоресцин БТ, р. у нормі 1,5 л/га через 7 днів після обробки отримали ефективність на рівні 51,6%, 58,5 і 68,1%, за врожайності 11,6 т/га.

Препарат Флуоресцин БТ, р. у нормі 2,0 л/га через 7 днів після обробки зменшив рівень розвитку борошнистої роси на рівні 53,3%, 62,4 і 73,0%, за врожайності 11,6 т/га.

Препарат Фітоспорин БТ, р. у нормі 5,0 л/га через 7



Ураження яблуневих насаджень борошнистою росою у Західному Лісостепу України, 2021–2022 рр.

Таблиця 1. Ефективність фунгіцидів біологічного походження проти борошнистої роси яблуні у 2021–2022 рр. (середнє по повторностях)

Варіант, норма внесення	Кратність обробки*	Розвиток хвороби, %	Ефективність дії, %	Урожайність, т/га
Контроль (вода)	1	1,22	—	11,2
	2	3,35	—	
	3	2,26	—	
Контроль хімічний:				
Топаз 100 ЕС (0,4 л/га)	1	0,2	83,6	12,1
	2	0,5	85,1	
	3	0,3	86,7	
Бактофіт БТ, р. (3,0 л/га)	1	0,69	43,4	11,5
	2	1,69	49,6	
	3	0,97	57,1	
Бактофіт БТ, р. (4,0 л/га)	1	0,66	45,9	11,5
	2	1,42	57,6	
	3	0,76	66,4	
Бактофіт БТ, р. (5,0 л/га)	1	0,62	49,2	11,6
	2	1,29	61,5	
	3	0,69	69,5	

Варіант, норма внесення	Кратність обробки*	Розвиток хвороби, %	Ефективність дії, %	Урожайність, т/га
Флуоресцин БТ, р. (1,0 л/га)	1	0,62	49,2	11,5
	2	1,55	53,7	
	3	0,89	60,6	
Флуоресцин БТ, р. (1,5 л/га)	1	0,59	51,6	11,6
	2	1,39	58,5	
	3	0,72	68,1	
Флуоресцин БТ, р. (2,0 л/га)	1	0,57	53,3	11,6
	2	1,26	62,4	
	3	0,61	73,0	
Фітоспорин БТ, р. (5,0 л/га)	1	0,69	43,4	11,5
	2	1,53	54,3	
	3	1,21	46,5	
Фітоспорин БТ, р. (7,0 л/га)	1	0,63	48,4	11,5
	2	1,46	56,4	
	3	0,91	59,7	
Фітоспорин БТ, р. (10,0 л/га)	1	0,60	50,8	11,6
	2	1,38	58,8	
	3	0,87	61,5	
Ампеломіцин БТ, р. (2,0 л/га)	1	0,67	45,1	11,4
	2	1,59	52,5	
	3	1,15	49,1	
Ампеломіцин БТ, р. (4,0 л/га)	1	0,59	51,6	11,5
	2	1,35	59,7	
	3	0,76	66,4	
Ампеломіцин БТ, р. (6,0 л/га)	1	0,58	52,5	11,6
	2	1,29	61,5	
	3	0,71	68,6	
НІР <sub>05</sub>				0,35

Примітки: \* обробки проводилися у такі фенофази: 1 – рожевий бутон; 2 – формування плодів; 3 – ріст плодів (плід розміром волоського горіха).

діб після обробки продемонстрував ефективність проти борошнистої роси у фенофазі рожевий бутон на рівні 43,4%, у період формування плодів – 54,3%, а під час росту плодів – 46,5%, за урожайності 11,5 т/га. Від застосування препарату Фітоспорин БТ, р. у нормі 7,0 л/га через 7 діб після обробки одержали ефективність на рівні 48,4%, 56,4 і 59,7%, за врожайності 11,5 т/га. За використання препарату Фітоспорин БТ, р. у нормі 10,0 л/га через 7 діб

після обробки рівень розвитку борошнистої роси зменшився на 50,8%, 58,8 і 61,5%, за врожайності 11,6 т/га.

Від застосування препарату Ампеломіцин БТ, р. у нормі 2,0 л/га через 7 діб після обробки отримали ефективність проти борошнистої роси у фенофазі рожевий бутон на рівні 45,1%, у період формування плодів – 52,5%, а під час росту плодів – 49,1%, за врожайності 11,4 т/га. За використання препарату Ампеломіцин БТ,

р. у нормі 4,0 л/га через 7 діб після обробки рівень розвитку борошністої роси зменшився на 51,6%, 59,7 і 66,4%, за врожайності 11,5 т/га. Препарат Ампеломіцин БТ, р. у нормі 6,0 л/га через 7 діб після обробки показав ефективність на рівні 52,5%, 61,5 і 68,6%, за урожайності 11,6 т/га.

Ефективність дії фунгіциду Топаз 100 ЕС, к.е. у нормі 0,4 л/га, який використовувався як хімічний еталон, проти борошністої роси у фазі розквіту рожевий бутон через 7 діб становила на рівні 83,6%, у період формування плодів – 85,1%, а під час росту плодів – 86,7%, за врожайності яблуні 12,1 т/га.

Під час досліджень також було проведено економічну оцінку застосування біологічних препаратів для захисту яблуні від борошністої роси умовах Західного Лісостепу України.

Економічний аналіз використання досліджуваних препаратів для захисту яблуні проводили згідно з такими показниками: вартість препаратів, грн/га; витрати, пов'язані з їх застосуванням, грн/га; урожайність, т/га; ціна реалізації 1 т плодів, грн; збережений врожай, т/га; вартість збереженого врожаю, грн/га, але основними показниками економічної ефективності використання біологічних пестицидів є умовно чистий дохід, грн/га та рентабельність, %. Також розраховували поріг окупності, що показує який приріст урожаю потрібно отримати, щоб окупити витрати на препарат та витрати, що пов'язані з його застосуванням.

Розрахунок економічної ефективності досліджуваних препаратів для захисту яблуневих насаджень від борошністої роси в умовах Західного Лісостепу України (табл. 2) продемонстрував, що найбільший умовно чистий дохід та найвищу

Таблиця 2. Економічна ефективність застосованих препаратів для захисту яблуні від борошністої роси в умовах Західного Лісостепу України, 2021–2022 рр.

Назва показника	Конг- роль	Топаз 0,4 л/га	Бактофіт БТ, л/га			Флуроресцин БТ, л/га			Фітоспорин БТ, л/га			Ампеломіцин БТ, л/га		
			3,0	4,0	5,0	1,0	1,5	2,0	5,0	7,0	10,0	2,0	4,0	6,0
Вартість препаратів, грн/га	–	2256,0	1170,0	1560,0	1950,0	390,0	585,0	780,0	1260,0	1764,0	2520,0	780,0	1560,0	2340,0
Витрати, пов'язані з їх застосуванням, грн/га	–	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0	567,0
Урожайність, т/га	11,2	12,1	11,5	11,5	11,6	11,5	11,6	11,6	11,5	11,5	11,6	11,4	11,5	11,6
Ціна реалізації 1 т плодів, грн	7000	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0	9000,0
Збережений врожай, т/га	–	0,9	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Вартість збереженого врожаю, грн/га	–	8100,0	2700,0	2700,0	3600,0	2700,0	3600,0	3600,0	2700,0	2700,0	3600,0	1800,0	2700,0	3600,0
Умовно чистий дохід, грн/га	–	5277,0	963,0	573,0	1083,0	1743,0	2448,0	2253,0	873,0	369,0	513,0	453,0	573,0	693,0
Рентабельність, %	–	186,9	55,4	26,9	43,0	182,1	212,5	167,3	47,8	15,8	16,6	33,6	26,9	23,8
Поріг окупності, т/га	–	0,31	0,19	0,24	0,28	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,34	0,15	0,24	0,32

рентабельність одержали від використання препарату Флуоресцин БТ, р. — 1743,0–2448,0 грн/га і 167,3–212,5%. Це зумовлено тим, що препарат є найефективнішим серед досліджуваних препаратів та вноситься у невисоких нормах, що зменшує вартість його застосування. Поріг окупності показав, що для покриття витрат на внесення препарату, необхідний приріст урожаю 0,11–0,15 т/га. За використання препарату Бактофіт БТ, р. отримали умовно чистий дохід 573,0–1083,0 грн/га, за рентабельності 26,9–55,4%; поріг окупності становив 0,19–0,28 т/га. Триразове застосування препарату Ампеломіцин БТ, р. дало можливість одержати умовно чистий дохід у розмірі 453,0–693,0 грн/га, рентабельність 23,8–33,6% та поріг окупності 0,15–0,32 т/га. Найнижчий дохід серед застосованих проти борошнистої роси препаратів отримали від використання Фітоспорину БТ, р. — від 369,0 до 873,0 грн/га, за рентабельності 15,8–47,8%. Поріг окупності застосування цього препарату — 0,20–0,34 т/га, що є найвищим серед досліджуваних препаратів.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що найвищу ефективність серед досліджуваних препаратів мали від

застосування Флуоресцин БТ, р. у нормі 2,0 л/га (73,0%), а найнижчу — від препарату Фітоспорину БТ, р. у нормі 5,0 л/га та Бактофіту БТ, р. у нормі 3,0 л/га (43,4%). За використання препарату Бактофіт БТ, р. у нормі 3,0; 4,0 і 5,0 л/га отримали ефективність проти борошнистої роси в межах 43,4–69,5%. Ефективність застосування Флуоресцину БТ, р. у нормі 1,0; 1,5 і 2,0 л/га становила 49,2–73,0%. Використання препарату Фітоспорин БТ, р. у нормі 5,0; 7,0 і 10,0 л/га дало змогу на 43,4–61,5% зменшити розвиток борошнистої роси (*Podosphaera Leucotricha* Salm.). Під час застосування препарату Ампеломіцин БТ, р. у нормі 2,0; 4,0 і 6,0 л/га ефективність сягала 45,1–68,6%. Урожайність яблуневих насаджень за дослідження біологічних препаратів проти борошнистої роси становила 11,4–11,6 т/га.

Дослідження та розрахунки засвідчили, що найбільший умовно чистий дохід та найвищий рівень рентабельності отримано від застосування препарату Флуоресцин БТ, р. у нормі 1,5 л/га — 2448,0 грн/га та 212,5%. Під час використання біологічних препаратів для захисту від борошнистої роси яблуні одержали умовно чистий дохід від 369,0 до 2448,0 грн/га, за рентабельності 15,8–212,5%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Борзих О.І. та ін. Екоотоксикологічні параметри застосування біопестицидів, розробка та адаптація біологічних систем захисту яблуні від шкідників та хвороб до ґрунтово-кліматичних умов та фітосанітарного стану агроценозу. *Фітосанітарна безпека*. 2023. № 68. С. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.3-26>.
2. Лішук А.М. та ін. Основні важелі управління екологічними ризиками в агроценозах. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320>.
3. Гунчак М.В., Гаврилюк Л.Л., Соломійчук М.П., Скорейко А.М. Біологічний метод захисту яблуні від шкідливих організмів. Чернівці: ФОП Варвус В.В., 2018. 18 с.
4. Шерстобоева О.Є., Крижанівський А.Б., Бунас А.А. Антагонізм *Bacillus thuringiensis* до фітопатогенних мікроміцетів — збудників хвороб яблуні. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 71–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234460>.
5. Гунчак М.В. Ефективність застосування біологічних систем захисту яблуні від борошнистої роси та парші в умовах Західного Лісостепу України. *Фітосанітарна безпека*. 2023. Вип. 69. С. 69–82. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2023.69.69-82>.
6. Holb I.J., Abonyi F., Buurma J. and Heijne B. On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*. 2017. Vol. 97. P. 109–118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.023>.
7. Довідник із захисту рослин / за ред. М.П. Лісового. Київ: Урожай, 1999. 744 с.
8. Борзих О.І. та ін. Захист яблуні від шкідливих комах, кліщів та хвороб (Південний і Південно-Східний Степ). Київ: Колоб'іг, 2014. 44 с.
9. Шевчук І.В., Гриник І.В., Каленич Ф.С. Агроекологічні системи інтегрованого захисту плодкових і ягідних культур від шкідників і хвороб: метод. реком. Київ: ПП Санспарель, 2021. 188 с.
10. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

11. Чабанюк Я.В. та ін. Визначення біологічної ефективності пестицидів і агрохімікатів: методичні вказівки. Київ, 2013. 36 с.
12. Кулешов А.В., Білик М.О., Довгань С.В. Фіто-санітарний моніторинг і прогноз: навч. посібн. Харків: Еспада, 2011. 608 с.
13. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві / за ред. О.М. Шестопаля. Київ: Інститут садівництва УААН, 2006. 141 с.
14. Гунчак М.В. Економічна ефективність різних систем захисту яблуні (*Malus domestica* Borkh.) у Придністров'ї. *Садівництво*. 2018. Вип. 73. С. 74–81.
15. Valli V., Stahl F. and Feit E. Field Experiments. 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_3-1).

## REFERENCES

1. Borzykh, O.I. et al. (2023). Ekotoksykologichni parametry zastosuvannya biopestytsydiv, rozrobka ta adaptatsiia biolohichnykh system zakhystu yabluni vid shkidnykiv ta khvorob do gruntovoklimatychnykh umov ta fitosanitarnoho stanu ahrotsenozu [Ecotoxicological parameters of the use of biopesticides, development and adaptation of biological systems for the protection of apple trees from pests and diseases to soil and climatic conditions and the phytosanitary state of the agroecosis]. *Fitosanitarna bezpeka — Phytosanitary safety*, 68, 3–26. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.3-26> [in Ukrainian].
2. Lishchuk, A.M. et al. (2022). Osnovni vazheli upravlinnia ekolohichnykh ryzykamy v ahrotsenozyakh [The main levers of environmental risk management in agroecosis]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 74–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320> [in Ukrainian].
3. Hunchak, M.V., Havryliuk, L.L., Solomiichuk, M.P. & Skoreiko, A.M. (2018). *Biolohichnyi metod zakhystu yabluni vid shkidnykh orhanizmiv [Biological method of protecting apple trees from harmful organisms]*. Chernivtsi: FOP Varvus V.V. [in Ukrainian].
4. Sherstoboiava, O.Ie., Kryzhanivskiy, A.B. & Bunas, A.A. (2021). Antahonizm *Bacillus thuringiensis* do fitopatohennykh mikromitsetiv — zbudnykiv khvorob yabluni [Antagonism of *Bacillus thuringiensis* to phytopathogenic micromycetes, causative agents of apple diseases]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 71–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234460> [in Ukrainian].
5. Hunchak, M.V. (2023). Efektyvnist zastosuvannya biolohichnykh system zakhystu yabluni vid boroshnystoi rosy ta parshi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [The effectiveness of the application of biological systems for the protection of apple trees against powdery mildew and scab in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine]. *Fitosanitarna bezpeka — Phytosanitary safety*, 69, 69–82. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2023.69.69-82> [in Ukrainian].
6. Holb, I.J., Abonyi, F., Buurma, J. & Heijne, B. (2017). On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*, 97, 109–118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.023> [in English].
7. Lisovyi, M.P. (Ed.). (1999). *Dovidnyk iz zakhystu roslyn [Handbook of plant protection]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
8. Borzykh, O.I. et al. (2014). *Zakhyst yabluni vid shkidnykh komakh, klishchiv ta khvorob (Pivdenno i Pivdenno-Skhidnyi Step) [Protection of apple trees from harmful insects, mites and diseases (Southern and Southeastern Steppe)]*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian].
9. Shevchuk, I.V., Hrynyk, I.V. & Kalenych, F.S. (2021). *Ahroekolohichni systemy intehrovanooho zakhystu plodovykh i yahidnykh kultur vid shkidnykiv i khvorob. Rekomendatsii [Agroecological systems of integrated protection of fruit and berry crops from pests and diseases. Recommendations]*. Kyiv: PP Sansparel [in Ukrainian].
10. Trybel, S.O. (Ed.). (2001). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Test procedures and pesticides]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
11. Chabaniuk, Ya.V. et al. (2013). *Vyznachennia biolohichnoi efektyvnosti pestytsydiv i ahrokhimikativ. Metodichni vkazivky [Determination of biological effectiveness of pesticides and agrochemicals. Methodical instructions]*. Kyiv [in Ukrainian].
12. Kuleshov, A.V., Bilyk, A.M. & Dovgan, S.V. (2011). *Fitosanitarnyi monitoryng i prohnoz: navchalnyi posibnyk [Phytosanitary monitoring and prognosis: training manual]*. Kharkiv: Espada [in Ukrainian].
13. Shestopal, O.M. (Ed.). (2006). *Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv nasadzen, sortiv, investytsii v osnovnyi kapital, innovatsii ta rezultativ tekhnolohichnykh doslidzen u sadivnytstvi [Methodology of economic and energy assessment of types of plantations, varieties, investments in fixed capital, innovations and results of technological research in horticulture]*. Kyiv: Instytut sadivnytstva UAAH [in Ukrainian].
14. Hunchak, M.V. (2018). Ekonomichna efektyvnist riznykh system zakhystu yabluni (*Malus domestica* Borkh.) u Prydnistrovi [Economic efficiency of different systems of apple tree protection (*Malus domestica* Borkh.) in Transdnistria]. *Sadivnytstvo — Horticulture*, 73, 74–81 [in Ukrainian].
15. Valli, V., Stahl, F. & Feit, E. (2017). Field Experiments. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_3-1) [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 27.08.2024



## ВПЛИВ СТРОКІВ ТА НОРМ ВИСІВУ НА ЗИМОСТІЙКІСТЬ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО (*BRASSICA NAPUS L.*)

О.С. Забарний

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: zabarny@ukr.net; ORCID: 0009-0007-3337-9386*

Однією із економічно привабливих експортних культур в Україні є ріпак озимий (*Brassica napus L.*). Завдяки широкому спектру використання продуктів його переробки у світі, площі посівів в Україні з року в рік зростають. Відомо, що виживання ріпаку у зимовий період ускладнюється тим, що втрата травостою може бути викликана одним або декількома абіотичними та біотичними чинниками, включаючи погану приживаність рослин, низькі температури та їхню тривалість, сухість ґрунту, пошкодження хворобами й шкідниками. Тому вивчення норм висіву та строків сівби ріпаку озимого з метою підвищення рівня зимостійкості є актуальним завданням для вітчизняної науки. Одним із показників успішної підготовки рослин ріпаку озимого до перезимівлі є середня кількість сформованих листків на рослині. Відмічено, що за оптимальних строків сівби у гібрида Панчер кількість листків знаходилась у межах 7,4–9,7 шт./роsl., тоді як для гібрида Фенцер — 8,2–10,6 шт./роsl. За пізніх строків посіву кількість листків у гібрида Панчер зменшилась до 6,2–8,5 шт./роsl., водночас у гібрида Фенцер — до 7,3–9,4 шт./роsl. За оптимальних строків сівби з нормою 500 тис. шт./га діаметр кореневої шийки гібридів ріпаку озимого становив 0,82–0,84 см, у той час як висота точки росту над рівнем ґрунту — 2,18–2,35 см. Визначено, що зменшення норми висіву від 500 до 200 тис. шт./га знижувало внутрішньовидову конкуренцію за світло, вологу та поживні речовини. Тому у цих варіантах відмічалися збільшення товщини кореневої шийки на 30–35% та зниження висоти точки росту над рівнем ґрунту на 12–20%. Вирощування гібридів ріпаку озимого за оптимальних строків сівби сприяло тому, що виживаність рослин за зимовий період становила 86,3–88,1% за норми висіву 500 тис. шт./га, 89,0–89,4% — за 400 тис. шт./га, 90,2–90,4% — за норми 300 тис. шт./га та 91,5–92,0% — за норми 200 тис. шт./га. За пізніх строків сівби виявлено невелике загальне зменшення рівня виживаності на 0,5–2,2%. Однак істотної різниці у рівнях виживаності між гібридами Панчер та Фенцер відмічено не було.

**Ключові слова:** кількість листків, точка росту, коренева шийка, висота, густина, виживаність.

### ВСТУП

Україна є однією із потужних аграрних країн світу, що має значний експортний потенціал та забезпечує продовольчу безпеку. Водночас світовий ринок агропродукції істотно залежить від змін клімату, політичних криз, війн та конфліктів. Тому важливо, щоб Україна у період військової агресії не лише зберегла свої позиції, але й отримала поштовх до розвитку у співпраці з міжнародним товариством. Одним із векторів збереження продовольчої безпеки в Україні та світі є розширення площі під посівами ріпаку (*Brassica napus L.*) та вдосконалення окремих елемен-

тів технології вирощування для поліпшення якості та врожайності насіння ріпаку [1; 2].

Вирощування ріпаку озимого супроводжується низкою ризиків, через які можливі втрати врожаю цієї культури. До таких ризиків відносять вимоги до вологозабезпечення, погодні умови у період цвітіння та наливу насіння, порушення елементів технології вирощування тощо. Це все зумовлює зрідження посівів, а іноді й до повної загибелі рослини. Тому вирощування останньої потребує певних підходів та прийняття виважених рішень саме за використання елементів технології вирощування *Brassica napus L.*

Вагомим агротехнічним заходом, що безпосередньо впливає на перезимівлю рослин ріпаку озимого є вибір норм та строків висіву. Вибір цих показників залежить від багатьох чинників, починаючи від біології культури і завершуючи безпосередніми умовами місцевості. Тому **метою досліджень** було подальше вивчення впливу норм та строків висіву на зимостійкість нових гібридів ріпаку озимого.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблематикою вдосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого займається велика кількість вітчизняних та зарубіжних науковців. Досить актуальним питанням на сьогодні є дослідження ефективності вирощування ріпаку. Найбільш вагомі напрацювання в цьому напрямі здійснили: П. Вишнівський, Г. Гринишин, Д. Ковальчук, В. Лихочвор, О. Маслак, Г. Шьонбергер [3–8] та ін. До того ж питаннями вирощування *Brassica napus* L. у світі займалися й іноземні науковці [9–14].

За біологією розвитку всі озимі культури, зокрема й ріпак максимально адаптовані до використання осінньо-зимової вологи і тому можуть забезпечити формування високих урожаїв. Біологічний фундамент розвитку ріпаку озимого закладається з осені і пов'язаний із багатьма чинниками: умовами навколишнього середовища, способами та строками сівби, нормами добрив, наявністю у ґрунті поживних речовин, тощо [15].

Хоча й ріпак культура озимого типу, проте він доволі чутливий до зниження температури, особливо за умови відсутності снігового покриву. Іноді навіть відмічають часткову або повну загибель посіву. Аграріям варто обирати гібриди ріпаку озимого зважаючи на те, що кожен гібрид має свій показник зимостійкості. Крім того, треба проводити моніторинг перезимівлі посівів ріпаку озимого шляхом відбору та подальшого аналізу монолітів [16].

Багато чинників, які впливають на умови перезимівлі *Brassica napus* L. опи-

суються науковцями в літературних та інформаційних джерелах, проте чи не кожен автор вказує на важливість формування достатнього діаметра кореневої шийки і, відповідно, накопичення у ньому цукрів [17–19].

На думку аграрних експертів, близько 70% успіху за вирощування ріпаку озимого закладається ще з осені за посіву, адже від нього залежить перезимівля та подальший розвиток рослин навесні. Відомо, що ріпак озимий потребує великої кількості поживних речовин, щоб безпечно підготуватись до перезимівлі. Відмічено позитивну роль помірних доз азотних добрив (40 кг д.р./га) для стартового росту рослин та підготовки поля до перезимівлі [20].

Застосування азотного живлення рекомендовано проводити лише з огляду на агрохімічний стан ґрунту. Однак розрахунок роблять так, щоб забезпечити утворення добре розвиненої розетки листків до настання зимового спокою та виключити надмірне витягування стебла [21]. Гамаюнова В.В. додає, що можна вносити азотні добрива і навесні у вигляді позакореневих підживлень, яка також досить позитивно впливатиме на врожайність [22].

За даними авторів, в умовах Західного Лісостепу найвищу врожайність насіння було одержано за внесення у посіви  $N_{180}P_{90}K_{180}S_{48}$  у поєднанні із позакореневим підживленням Авангард Р бор + Авангард Р ріпак – у фазі розвитку ВВСН 15 (0,5 + 1,0 л/га), у фазі ВВСН 32 (1,0 + 2,0 л/га), у фазі ВВСН 53 (0,1 + 0,2 л/га) – 4,05 т/га [23].

Відомо, що вміст цукрів у кореневій шийці рослин ріпаку залежить саме від строків посіву. Пізні посіви ріпаку меншою мірою здатні накопичити їх, порівняно з ранніми строками сівби. Крім того, в пізніх посівах рослини не можуть сформувати достатню кількість листків та повноцінну кореневу систему. Надранні посіви сприяють переростанню рослин, вони формують подовжене стебло замість прикореневої розетки. Рослини у таких випадках починають нарощувати надземну масу, що призводить у подальшому до пошкодження точки рос-

ту морозами, або до випрівання посівів [24].

Вибір норми висіву залежить від біологічних особливостей гібрида або сорту, від його посівних якостей, кліматичних умов, технологічних операцій та якості їх проведення. За даними ННЦ «ІЗ НААН», за умов рядкового посіву використовують 1,2–1,5 млн схожих насінин на гектар, якщо маса 1000 насінин становить 3,0–4,0 г, то потреба у насінні становитиме 3,6–6,0 кг/га. Ці дані можна регулювати з поправкою на схожість насіння. Наприклад, схожість насіння сягає 90%, норма висіву збільшується на 10% і становитиме від 4,0 до 6,6 кг/га. Пізні посіви, несприятливі погодні умови або ж інші чинники вимагають збільшення норми висіву ще на 10–15%, тому норма висіву ріпаку озимого за таких умов сягатиме 5,0–7,0 кг/га. За сівби *Brassica napus* L. із шириною міжрядь 45–70 см норма висіву становить 1,0 млн схожих насінин на гектар, але з урахуванням схожості та умов вирощування цю норму треба збільшити від 3,3 кг/га до 4,4 кг/га насіння. Оптимальна густина рослин насінницьких посівів ріпаку озимого після зимівлі становить не менше 60–80 рослин на квадратному метрі навесні. Для одержання такої густоти рекомендовано висівати 1,0–1,2 млн схожих насінин на гектар [25].

Відомо, що ріпак озимий культура досить пластична і за сильного загущення він може самозріджуватися. Однак, із практичної точки зору, не варто знижувати норми висіву на 40–50% від рекомендованих, оскільки можливе пошкодження чи знищення рослин за осінньо-зимовий період унаслідок посухи, вимерзання, випрівання та пошкодження мишовидними гризунами [26].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі проведення роботи застосовували загальноприйняті наукові методи та спеціальні методики досліджень із використанням принципів та заходів оптимізації технології вирощування ріпаку озимого,

за різних норм та строків висіву насіння [27].

У ході досліджень було застосовано такі методи: польові — для здійснення спостереження за процесами росту і розвитку рослин, для моніторингу умов навколишнього середовища та інших досліджуваних чинників; розрахункові — використовували для визначення норм висіву ріпаку озимого; візуальні — для визначення фенологічних фаз та спостережень за ростом і розвитком рослин; статистичні, розрахункові й обчислювальні методи — для узагальнення та обробки отриманих даних.

Об'єктом досліджень були гібриди ріпаку озимого від компанії BASF, а саме Панчер — середньої групи стиглості та Фенцер — пізньої групи стиглості. Обидва гібриди занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2015 р. Дослідження передбачали два строки сівби: оптимальний (15 серпня) та пізній (30 серпня). Норма висіву залежно від варіанта була такою: 500, 400, 300 і 200 тис. шт./га.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідженнями встановлено, що норми та строки висіву істотно впливали на ріст і розвиток рослин ріпаку озимого. Так, у період припинення осінньої вегетації, за оптимальних строків сівби середня кількість сформованих листків для гібрида Панчер становила 7,4–9,7 шт./роsl., тоді як для гібрида Фенцер — 8,2–10,6 шт./роsl. (табл. 1).

Зміщення строків сівби ріпаку озимого до більш пізніх, сприяло зниженню середньої кількості листків у обох гібридів. За норми висіву 500 тис. шт./га середня кількість листків у гібрида Панчер становила 6,2 шт./роsl., тоді як у гібрида Фенцер — 7,3 шт./роsl., водночас вирощування ріпаку озимого з нормою 200 тис. шт./га сприяло тому, що середня кількість листків зросла до 8,5 шт./роsl. у гібрида Панчер та до 9,4 шт./роsl. для гібрида Фенцер.

Важливими показниками для безпечної перезимівлі рослин ріпаку озимого є також

Таблиця 1. Кількість листків у рослин ріпаку озимого у період припинення осінньої вегетації, шт./роsl. (середнє за 2019–2022 рр.)

Норма висіву	Оптимальні строки сівби (15 серпня)		Пізнi строки сівби (30 серпня)	
	Панчер	Фенцер	Панчер	Фенцер
500 тис. шт./га	7,4	8,2	6,2	7,3
400 тис. шт./га	8,1	8,7	6,8	8,0
300 тис. шт./га	8,6	9,4	7,6	8,6
200 тис. шт./га	9,7	10,6	8,5	9,4

діаметр кореневої шийки та висота точки росту над рівнем ґрунту. Встановлено, що за оптимальних строків сівби найкращими показниками відзначилися варіанти з нормою висіву 200 тис. шт./га. До того ж у рослин гібрида Панчер діаметр кореневої шийки у середньому становив 1,13 см, а висота точки росту над рівнем ґрунту – 1,88 см. У гібрида Фенцер ці показники сягали відповідно 1,11 і 1,77 см (табл. 2).

За рекомендованої норми висіву (500 тис. шт./га) та оптимальних строків сівби діаметр кореневої шийки гібридів ріпаку озимого становив у середньому 0,82–0,84 см, тоді як висота точки росту над рівнем ґрунту – 2,18–2,35 см.

За пізніх строків сівби, показники висоти точки росту над рівнем ґрунту та діаметра кореневої шийки гібридів ріпаку

озимого були дещо меншими, що можна пояснити менш тривалим періодом вегетації. Так, за норми висіву 500 тис. шт./га діаметр кореневої шийки гібридів становив 0,72–0,75 см, тоді як висота точки росту над рівнем ґрунту – 2,05–2,23 см.

Зниження норми висіву гібридів ріпаку озимого позитивно впливало на збільшення діаметра кореневої шийки та зменшенню висоти точки росту над рівнем ґрунту, що потенційно забезпечувало успішну перезимівлю. Отже, загущення посівів *Brassica napus* L. сприятиме переростанню рослин, підвищенню міжвидової конкуренції, витягуванню точки росту над рівнем ґрунту та зниженню діаметра кореневої шийки і призведе до випадіння рослин у зимовий період.

Дослідженнями встановлено, що на виживаність рослин ріпаку озимого у зи-

Таблиця 2. Діаметр кореневої шийки та висота точки росту над рівнем ґрунту рослин ріпаку озимого у період припинення осінньої вегетації (середнє за 2019–2022 рр.), см

Норма висіву	Панчер		Фенцер	
	діаметр кореневої шийки	висота точки росту над рівнем ґрунту	діаметр кореневої шийки	висота точки росту над рівнем ґрунту
<i>Оптимальні строки сівби (15 серпня)</i>				
500 тис. шт./га	0,84	2,35	0,82	2,18
400 тис. шт./га	0,86	2,24	0,87	2,07
300 тис. шт./га	0,97	2,09	0,94	1,95
200 тис. шт./га	1,13	1,88	1,11	1,77
<i>Пізнi строки сівби (30 серпня)</i>				
500 тис. шт./га	0,75	2,23	0,72	2,05
400 тис. шт./га	0,80	2,15	0,77	1,95
300 тис. шт./га	0,87	2,08	0,84	1,83
200 тис. шт./га	0,98	1,96	0,93	1,68

Таблиця 3. Вживаність рослин ріпаку озимого у зимовий період (середнє за 2020–2023 рр.)

Норма висіву	Панчер			Фенцер		
	кількість рослин у період, шт./м <sup>2</sup>		вживаність рослин, %	кількість рослин у період, шт./м <sup>2</sup>		вживаність рослин, %
	припинення вегетації	відновлення вегетації		припинення вегетації	відновлення вегетації	
<i>Оптимальні строки сівби (15 серпня)</i>						
500 тис. шт./га	46,6	40,2	86,3	47,2	41,6	88,1
400 тис. шт./га	37,4	33,3	89,0	36,8	32,9	89,4
300 тис. шт./га	27,5	24,8	90,2	28,0	25,3	90,4
200 тис. шт./га	18,9	17,3	91,5	18,7	17,2	92,0
<i>Пізнні строки сівби (30 серпня)</i>						
500 тис. шт./га	43,8	37,6	85,8	44,7	39,1	87,5
400 тис. шт./га	35,2	30,8	87,5	35,0	31,0	88,6
300 тис. шт./га	26,7	23,5	88,0	26,5	23,6	89,1
200 тис. шт./га	17,8	16,0	89,9	17,5	15,9	90,9

мовий період меншою мірою впливали строки сівби, і в більшій — норми висіву. Так, за вирощування гібрида Панчер за рекомендованих норм висіву (500 тис. шт./га) середня кількість рослин у період припинення осінньої вегетації становила 46,6 шт./м<sup>2</sup>, у період відновлення весняної вегетації — 40,2 шт./м<sup>2</sup>. Тому вживаність рослин за зимовий період у цьому варіанті сягала 86,3% (табл. 3). За мінімальної норми висіву (200 тис. шт./га) та оптимальних строках сівби середня кількість рослин гібрида Панчер у період припинення вегетації сягала 18,9 шт./м<sup>2</sup>, під час відновлення весняної вегетації — 17,3 шт./м<sup>2</sup>, у результаті чого вживаність була 91,5%.

Показники вживаності рослин ріпаку озимого гібрида Фенцер у зимовий період носили аналогічний характер. Найвищим рівнем вживаності 90,9–92,0% відзначились варіанти з нормою висіву 200 тис. шт./га. Збільшення норми висіву до 300 тис. шт./га сприяло зниженню вживаності до 89,1–90,4%. За сівби ріпаку озимого гібрида Фенцер із нормою 400 тис. шт./га спостерігали показники вживаності рослин на рівні 88,6–89,4%. За рекомендова-

ної оригіномом норми висіву (500 тис. шт./га) вживаність рослин ріпаку озимого гібрида Фенцер була найнижчою, і залежно від строків сівби становила 87,5–88,1%.

## ВИСНОВКИ

Під час проведених досліджень встановлено, що за рекомендованих норм висіву, а саме 500 тис. шт./га кількість листків у період припинення осінньої вегетації сягала для гібрида Панчер 6,2–7,4 шт./роsl., а для гібрида Фенцер — 7,3–8,2 шт./роsl.

За зріджених норм висіву (200 тис. шт./га) та оптимальних строків сівби створюються умови для формування кореневої шийки у гібридів ріпаку озимого діаметром 1,11–1,13 см, до того ж висота точки росту над рівнем ґрунту сягала 1,77–1,88 см.

Відмічено, що вживаність рослин *Brassica napus* L. найбільшого значення досягала за норми висіву 200 тис. шт./га і була 89,9–91,5% для гібрида Панчер та 90,9–92,0% для гібрида Фенцер, тоді як за рекомендованих оригіномом норм висіву (500 тис. шт./га) вживаність рослин гібрида Панчер сягала 85,8–86,3%, а гібрида Фенцер — 87,5–88,1%.



## ЛІТЕРАТУРА

- Дребот О.І., Бендасюк О.О., Палапа Н.В. та ін. Продовольча та екологічна безпека України в умовах воєнного стану: колект. моногр. / за ред. О.І. Дребот. Київ: Видавництво НУБіП України, 2022. 266 с.
- Забарний О.С., Дем'янюк О.С. Оцінка стану та перспективи розвитку ріпаківництва в Україні й світі. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 2. С. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700>.
- Вишнівський П.С. Ефективність систем захисту та удобрення в технології вирощування ріпаку ярого. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. Вип. 33. С. 88–98.
- Гринишин Г.М. Стан та перспективи розвитку ріпаківництва. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2018. Вип. 6 (76). С. 25–28.
- Ковальчук Д. Вибір гібрида озимого ріпаку потребує ретельної оцінки. *Пропозиція*. 2015. № 7–8. С. 8–9.
- Лихочвор В.В. Як запобігти вимерзанню озимого ріпаку за допомогою елементів технології літньо-осіннього періоду. *Зерно*. 2015. № 6. С. 98–101.
- Маслак О. Світовий та вітчизняний ринки ріпаку. *Пропозиція*. 2015. № 7–8. С. 4–6.
- Шьонбергер Г., Ярошко М. Особливості вирощування ріпаку: управління посівами та потреба у пожнивних речовинах. *Агроном*. 2012. № 1. С. 98–101.
- Xu G., Shen S., Zhang Y. et al. Effects of Various Nitrogen Regimes on the Ability of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Suppress Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor* Retz.). *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 713 p.
- Shoja T., Majidian M. and Rabiee M. Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some anti-oxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. 2018. Vol. 111. № 1. P. 73–84.
- Jankowski K.J., Sokólski M. and Szatkowski A. The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. P. 849. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>.
- Beres J., Becka D., Tomasek J. and Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.* 2019. Vol. 65. P. 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>.
- Sieling K., Böttcher U. and Kage H. Sowing date and N application effects on tape root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *Eur. J. Agric.* 2017. Vol. 83. P. 40–46.
- Balodis O. and Gaile Z. Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. In: *Proceedings of the Annual 17<sup>th</sup> International Scientific Conference Research for Rural Development* (18–20 May 2011). Int. Latvia University of Agriculture. Jelgava, Latvia. Vol. 1. P. 6–12.
- Гарбар Л.А., Яцишина Т.П., Самолюк О.П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпака озимого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сер.: Рослинництво*. 2018. № 1. С. 74–77. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.12>.
- Ковальчук Д. Оцінка перезимівлі озимого ріпаку. *Пропозиція*. Спецвипуск. Озимий ріпак технології прибутковості. 2016. С. 32–34.
- Шкода О.А., Шепель А.В. Зимостійкість ріпаку озимого при різних умовах вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 95–99.
- Несмачна Меланія. Критерії успішної перезимівлі ріпаку та помилки в осінньому догляді посівів. *Суперагроном*. 2023. URL: <https://superaconom.com/blog/983-kriteriyi-uspishnoyi-perezimivli-ripaku-ta-pomilki-v-osinnomu-doglyadi-posiviv>.
- Гаврилюк А. Як забезпечити оптимальні умови для перезимівлі ріпаку, — дослідження. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/yak-zabezpechyt-y-optymalni-umovy-dlya-perezimivli-ripaku-doslidzhennya/>.
- Beres J., Becka D., Tomasek J. and Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.* 2019. Vol. 65. P. 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444>.
- Волошук О.П., Случак О.М., Распутенко А.О. Продуктивність ріпака озимого залежно від строків, способів сіви та норм висіву насіння. *Передігрне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 44–55. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4).
- Гамаюнова В.В., Гаро І.М. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від впливу елементів технології в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 3. С. 38–45. DOI: [https://www.doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3\(111\)](https://www.doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)).
- Курач О.В. Вплив систем удобрення на продуктивність ріпаку озимого. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 63–72. DOI: <https://www.doi.org/10.36710/ЮС-2022-32-07>.
- Крамарьов С.М., Іжболдін О.О., Крамарьов О.С., Бондар В.Ю. Пошук шляхів отримання повноцінних сходів ріпаку озимого в посушливі роки. *Агроном*. 2024. URL: <https://www.agronom.com.ua/poshuk-shlyahiv-otrymannya-povnotsinnyh-shodiv-ripaku-ozymogo-v-posushlyvi-roky/>.
- Зайка Є.В., Дрозд О.М., Кондратюк В.В., Пивовар Т.М. Рекомендації з насінництва нових сортів ріпаку озимого і ярого селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 28 с.
- Забарний О.С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. *Oleifera*). *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771>.

27. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в

агрономії: підруч. / за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.

## REFERENCES

- Bendasiuk, O.O., Palapa, N.V. & Drebot, O.I. (Ed.). (2022). *Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka Ukrainy v umovakh voiennoho stanu: kolektyvna monohrafiia [Food and environmental security of Ukraine under martial law: a collective monograph]*. Kyiv: NUBIP [in Ukrainian].
- Zabarnyi, O.S. & Demianiuk, O.S. (2023). Otsinka stanu ta perspektyvy rozvytku ripakivnytstva v Ukraini y sviti [Assessment of the state and prospects for the development of rapeseed production in Ukraine and the world]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700> [in Ukrainian].
- Vyshnivskiy, P.S. (2022). Efektyvnist system zakhystu ta udobrennia v tekhnolohii vyroshchuvannia ripaku yaroho [Effectiveness of protection and fertilization systems in spring rapeseed cultivation technology]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN — Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences*, 33, 88–98 [in Ukrainian].
- Hrynyshyn, H.M. (2018). Stan ta perspektyvy rozvytku ripakivnytstva [State and prospects of the development of rapeseed cultivation]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, 6 (76), 25–28 [in Ukrainian].
- Kovalchuk D. (2015). Vybir hibrйда ozymoho ripaku potrebuie retelnoi otsinky [The choice of winter rapeseed hybrid requires careful assessment]. *Propozytsiia — Proposal*, 7–8, 8–9 [in Ukrainian].
- Lykhochvor, V.V. (2015). Yak zapobihyti vimerzanniu ozymoho ripaku za dopomohoiu elementiv tekhnolohii litno-osinnoho periodu [How to prevent freezing of winter rape with the help of elements of technology of the summer-autumn period]. *Zerno — Grain*, 6, 98–101 [in Ukrainian].
- Maslak, O. (2015). Svitovyi ta vitchyzniani rynky ripaku [World and domestic rapeseed markets]. *Propozytsiia — Proposal*, 7–8, 4–6 [in Ukrainian].
- Shonberher, H. & Yaroshko, M. (2012). Osoblyvosti vyroshchuvannia ripaku: upravlinnia posivamy ta potreba u pozhyvnykh rehovynakh [Peculiarities of rapeseed cultivation: crop management and nutrient requirements]. *Ahronom — Agronomist* 1, 98–101 [in Ukrainian].
- Xu, G., Shen, S., Zhang, Y. et al. (2022). Effects of Various Nitrogen Regimes on the Ability of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Suppress Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor* Retz.). *Agronomy*, 12, 713 [in English].
- Shoja, T., Majidian, M. & Rabiee, M. (2018). Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*, 111, 1, 73–84 [in English].
- Jankowski, K.J., Sokólski, M. & Szatkowski, A. (2019). The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*, 9, 849. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849> [in English].
- Beres, J., Becka, D., Tomasek, J. & Vasak, J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 65, 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE> [in English].
- Sieling, K., Böttcher, U. & Kage, H. (2017). Sowing date and N application effects on tape root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *Eur. J. Agric.*, 83, 40–46 [in English].
- Balodis, O. & Gaile, Z. (2011). Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. In: *Proceedings of the Annual 17<sup>th</sup> International Scientific Conference Research for Rural Development* (pp. 6–12). Latvia University of Agriculture. Jelgava [in English].
- Harbar, L.A., Yatsyshyna, T.P. & Samoliuk, O.P. (2018). Vplyv udobrennia na Perezymivliu ripaku ozymoho [Influence of fertilisation on wintering of winter rape]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. Seriya: Roslynnnytstvo — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. Series: Crop production*, 1, 74–77. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.12> [in Ukrainian].
- Kovalchuk, D. (2016). Otsinka perezymivliu ozymoho ripaku [Assessment of wintering of winter rape]. *Spetsvyypusk Propozytsiia. Ozymyi ripak tekhnolohii prybutkovosti — Special issue Proposal. Winter rape technologies of profitability*, 32–34 [in Ukrainian].
- Shkoda, O.A. & Shepel, A.V. (2015). Zymostiikist ripaku ozymoho pry riznykh umovakh vyroshchuvannia [Winter hardness of winter rape under different growing conditions]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk — Tavrian Scientific Bulletin*, 92, 95–99 [in Ukrainian].
- Nesmachna, M. (2023). Kryterii uspishnoi perezymivli ripaku ta pomylky v osinnomu dohliadi posiviv [Criteria for successful overwintering of rapeseed and mistakes in autumn crop care]. *Superahronom — Superagronomist*. URL: <https://superagronom.com/blog/983-kryteriyi-uspishnoyi-perezymivli-ripaku-ta-pomilki-v-osinnomu-doglyadi-posiviv> [in Ukrainian].
- Havryliuk, A. (2024). *Yak zabezpechyty optymalni umovy dlia perezymivli ripaku, — doslidzhennia [How to ensure optimal conditions for rapeseed overwintering — research]*. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/yak-zabezpechyty-optymalni-umovy-dlya-perezymivli-ripaku-doslidzhennya/> [in Ukrainian].
- Beres, J., Becka, D., Tomasek, J. & Vasak, J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 65, 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444> [in English].

21. Voloshchuk, O.P., Sluchak, O.M. & Rasputenko, A.O. (2018). Produktivnist ripaku ozymoho zalezjno vid strokiv, sposobiv sivby ta norm vysivu nasinnia [Productivity of winter rape depending on the timing, methods of sowing and seeding rates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo — Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 64, 44–55. DOI: <https://www.doi.org/10.32636/01308521>. 2018-(64)-4 [in Ukrainian].
22. Hamaiunova, V.V. & Haro, I.M. (2021). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya ripaku ozymoho zalezjno vid vplyvu elementiv tekhnolohii v umovakh Lisostepu Ukrainy [Economic efficiency of winter rape cultivation depending on the influence of technology elements in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomor'ia — Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 3, 38–45. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092-X/2021-3\(111\)](https://doi.org/10.31521/2313-092-X/2021-3(111)) [in Ukrainian].
23. Kurach, O.V. (2022). Vplyv system udobrennia na produktyvnist ripaku ozymoho [The influence of fertilization systems on the productivity of winter rapeseed]. *Naukovo-tekhnichniy biuleten Instytutu oliynykh kultur NAAN — Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS*, 32, 63–72. DOI: <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-07> [in Ukrainian].
24. Kramarov, S.M., Izhboldin, O.O., Kramarov, O.S. & Bondar, V.Iu. (2024). Poshuk shliakhiv otrymannia povnotsinnykh skhodiv ripaku ozymoho v posushlyvi roky [Search for ways to obtain full-fledged seedlings of winter rape in dry years]. *Ahronom — Agronomist*. URL: <https://www.agronom.com.ua/poshuk-shlyahiv-otrymannya-povnotsinnykh-shodiv-ripaku-ozymogo-v-posushlyvi-roky> [in Ukrainian].
25. Zaika, Ye.V., Drozd, O.M., Kondratiuk, V.V. & Pyvovar, T.M. (2020). Rekomendatsii z nasynnytstva novykh sortiv ripaku ozymoho i yarohe selektsii NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» [Recommendations for seed production of new varieties of winter and spring rape of the Institute of Agriculture of NAAS]. Vinnytsia [in Ukrainian].
26. Zabarnyi, O.S. (2023). Vplyv norm vysivu na formuvannya produktyvnosti ahrotsenoziv ripaku ozymoho (*Brassica napus* l. *Oleifera*) [Influence of seeding rates on the formation of productivity of winter rape agrocenoses (*Brassica napus* l. *Oleifera*)]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771> [in Ukrainian].
27. Yeshchenko, V.O. (Ed.), Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V. & Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Vinnytsia [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 01.10.2024

# ІНТЕНСИВНІСТЬ, ЕМІСІЯ CO<sub>2</sub> ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗА УМОВ ЗМІН КЛІМАТУ

І.Т. Слюсар<sup>1</sup>, В.О. Сербенюк<sup>1</sup>, В.М. Повидало<sup>1</sup>,  
О.А. Тарасенко<sup>2</sup>, Г.А. Сербенюк<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: [slusarit@ukr.net](mailto:slusarit@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8980-5160

e-mail: [serbenukvo@ukr.net](mailto:serbenukvo@ukr.net); ORCID: 0000-0003-0175-6611

e-mail: [povidalo4@ukr.net](mailto:povidalo4@ukr.net); ORCID: 0000-0002-8487-4463

<sup>2</sup>Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

(с. Панфили, Яготинський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: [sanenia@ukr.net](mailto:sanenia@ukr.net); ORCID: 0000-0003-2847-0939

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

(м. Київ, Україна)

e-mail: [bojruw@ukr.net](mailto:bojruw@ukr.net); ORCID: 0000-0001-9187-0623

Процес мінералізації торфовищ в умовах гумідної зони України є важливим екологічним показником, що впливає на емісію вуглекислого газу і тому є надзвичайно важливим чинником з урахуванням якого проводиться вибір способу їх використання, підбір культур у сівозміні та проведення основного обробітку ґрунту. Площа органічних ґрунтів в Україні сягає близько 1 млн/га, що є вагомою складовою кругообігу вуглекислого газу в природі, та за великих показників його емісії можна впливати на зміну. Встановлено, що в умовах дренажних органічних ґрунтів інтенсивність емісії CO<sub>2</sub>, як правило, істотно залежала від вологості ґрунту. Як пересушення ґрунту, так і його перезволоження негативно діють на біологічну активність ґрунту, оптимальні умови яких складаються за рівнів ґрунтових вод 60–120 см від поверхні ґрунту. Науковими дослідженнями виявлено, що виділення CO<sub>2</sub> та розкладу льонової тканини (методом алікації) на різних культурах у сівозміні за різних систем мінерального удобрення істотно впливають на мінералізацію і залежать від способів використання дренажних органічних ґрунтів. Дослідженнями визначено, що процеси біологічної активності дренажних органічних ґрунтів та розкладу льонового полотна в шарі ґрунту 0–30 см має прямий зв'язок та діє на виділення вуглекислого газу з ґрунту, що, своєю чергою, змінює формування поживного режиму ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур. Згідно з результатами наукових досліджень виявлено, що способи використання дренажних органічних ґрунтів істотно впливають на інтенсивність мінералізації торфовищ, та емісію CO<sub>2</sub> з ґрунту. Застосування дренажних органічних ґрунтів під залуження багаторічних травосумішей сприяє зниженню інтенсивності мінералізації органічної речовини торфовищ на 21–53%. Такі заходи впливають на збереження органічних ґрунтів, а також зменшення надлишкового виділення карбонових газів в атмосферу, до того ж кількість продуктів розкладу органічної речовини зменшується, що призводить до зниження вимивання та забруднення річкових і ґрунтових вод біогенними речовинами.

**Ключові слова:** біогенні речовини, дихання ґрунту, карбонові гази, мінералізація органічної речовини, удобрення, поживний режим, продуктивність, урожайність.

## ВСТУП

Сталий розвиток меліорованих агроландшафтів перезвожених земель не

можливий без стратегічно збалансованого поєднання сільськогосподарського виробництва зі збереженням природних агроландшафтів, створення рекреаційних зон, розширення зон заказників, заповідників

та інших природоохоронних заходів [1–3]. Такі заходи забезпечують поліпшення різноманіття на дренованих ґрунтах, а також сприятимуть покращанню агрохімічних і водно-фізичних характеристик органігених ґрунтів та процесів, які в них і навколо їх проходять після меліоративних заходів та способів сільськогосподарського використання [4–6].

Особливого значення набувають процеси пов'язані з мінералізацією торфовищ, яка значною мірою залежить від біологічної активності торфового ґрунту [7–9], та способу сільськогосподарського використання [10–12].

**Мега досліджень** – виявити особливості емісії діоксиду вуглецю й показників біологічної активності органігених ґрунтів залежно від способів їхнього використання та мінерального удобрення.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наприкінці минулого і на початку нинішнього століття спостерігається значна зміна клімату, пов'язана з потеплінням та зволоженістю окремих районів України [13–15], що також значно впливає на інтенсивність мінералізації торфовищ [15–17] та загалом біологічну активність меліорованих ґрунтів з істотним збільшенням виділення парникових газів [18–20].

Тому, важливо стратегію сталого розвитку зони Полісся України в XXI ст. залучити використання меліорованих земель із природоохоронними засобами, особливо торфових ґрунтів, щорічне накопичення яких у попередні тисячоліття не перевищували 1 мм в рік [21–24]. Основна роль у цього процесі належить біологічній активності ґрунту, яка і впливає на інтенсивність мінералізації торфовищ та визначає його спрацювання та забруднення навколишнього середовища продуктами мінералізації торфовищ і передусім виділення парникових газів [25].

В Україні цими питаннями займалась низка вчених (А.К. Бескровний, А.С. Гордійчук, Н.І. Серета, М.М. Шевченко, С.Т. Вознюк, Р.С. Трускавецький, І.Т. Слюсар та ін.).

За основу цих розробок покладено ефективне застосування органічної речовини торфу з одночасним використанням потенційної родючості дренованих ґрунтів. До того ж інтенсивне сільськогосподарське використання, потепління клімату зумовлюють зміни ґрунтоутворювального процесу, а, своєю чергою, до надлишкової мінералізації, вивільнення біогенних речовин та їх вимивання у ґрунтові та річкові води.

Отже, завданням наших досліджень було виявлення ефективних технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур спрямованих на зменшення інтенсивності мінералізації органічної маси, запобігання надлишкового накопичення рухомими формами азотних сполук у рослинницькій продукції та їхнього вимивання у ґрунтові води, що тісно пов'язано з біологічною активністю органігеного ґрунту.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в стаціонарному досліді у восьмипільній зерно-кормовій сівозміні на дренованих староорних органігених ґрунтах Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» (заплава р. Сушій Фастівського р-ну Київської обл.). Ґрунти дослідної ділянки – торф карбонатний, рогозово-осокового походження з високим ступенем розкладу – 45–55% та потужністю торфового шару 2,4–2,5 м; щільність складення ґрунту 0,215 г/см<sup>3</sup>, повна вологоємність 270–285%, зольність – 40%. Валовий вміст азоту – 2,93%; фосфору – 0,76–0,90%; калію – 0,09–0,15%; кальцію – 20–26%; рН водного розчину – 7,3–7,5. Підстилаюча материнська порода – оглеєні алювіальні суглинки.

Дослід закладений у триразовому повторенні, як у просторі, так і в часі. Для визначення ефективності добрив та порівняння розрахунків у схему досліді додано ділянки: «без внесення добрив» та «без внесення добрив + біопрепарати для стимуляції росту та розвитку рослин». Рекомендовані дози добрив одержані на основі



аналізу даних багаторічних досліджень у сівозміні на дренажних органогенних ґрунтах, здійснених ННЦ «ІЗ НААН» з отримання найбільших урожаїв. Загальна площа ділянок – 20 м<sup>2</sup>, облікова – 15 м<sup>2</sup>.

Методи: польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний та математично-статистичний методи застосування з використанням загальноприйнятих в Україні методик і методичних рекомендацій [26].

У ґрунтових зразках вологість визначали термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 16586:2005), вміст нітратного азоту – за Грандвальд-Ляжу з дисульфохеноловою кислотою згідно з ДСТУ 4725-2007, вміст амонійного азоту – шляхом екстрагування фосфору і калію – методом полуменевої фотометрії вуглеамонійної витяжки за Б.Т. Мачигіним згідно з ДСТУ 4114-2002. Облік урожайності проводили в період стиглості культури подільняковим методом.

Дихання ґрунту виявляли методом абсорбції СО<sub>2</sub> відомий як метод В.І. Штатнова у модифікації Макарова, інтенсивність дихання кореневої системи – за методом Бойсен-Йенсена. Для перерахунку інтенсивності мінералізації органічної речовини використовували коефіцієнт 0,543, який відповідає – 50,2% вуглецю в органічній речовині торфу ДСТУ 4289:2004. Біологічну активність ґрунту здійснювали методом аплікації льонової тканини, яку закладали

на глибину 0–30 см і кількісно вимірювали інтенсивність її розкладання упродовж періоду експозиції [25].

Розрахунок доз добрив на запланований приріст урожайності проводили за формулою [2; 6]:

$$D = (Y_{\text{п}} - Y_{\text{к}}) \cdot B \cdot 100 / K_{\text{у}};$$

де  $Y_{\text{п}}$  – запланована урожайність, т/га;  $Y_{\text{к}}$  – багаторічна урожайність без добрив, т/га;  $B$  – винесення поживних речовин рослиною, кг/т;  $K_{\text{у}}$  – коефіцієнт використання поживних речовин із добрив, %.

Коефіцієнт застосування поживних речовин із добрив розраховували на основі багаторічних даних отриманих на цих ґрунтах. Математичну обробку одержаних результатів польових досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу.

Погодні умови за період досліджень в районі Панфільської дослідної станції характеризувалися підвищеними середньомісячними показниками (температура повітря за квітень–вересень становила 16,2–17,4°C за середньобагаторічної – 15,2°C та опадів у 2021 р. – 298 мм; 2022 р. – 325 мм та 391,5 мм у 2023 р. за норми 327 мм). Загалом, погодні умови за роки досліджень були хорошими для створення в торфовому ґрунті мікрокліматичних умов сприятливих для розвитку мікробіологічної діяльності та біологічної активності ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1. Метеорологічні показники в районі проведення досліджень, Яготинська ГМС за роками

Місяць	Температура повітря, °C				Опади, мм			
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середньобагаторічна	2021р.	2022 р.	2023 р.	середньобагаторічна
Квітень	7,4	7,9	9,6	11,6	49	66	83	35
Травень	14,3	14,0	14,9	15,9	90	18	10	49
Червень	20,5	20,9	19,3	19,7	84	45	60	62
Липень	23,7	20,0	20,7	21,3	51	67	162	69
Серпень	21,0	21,9	22,4	21,7	43	36	50	66
Вересень	12,9	12,2	17,6	16,0	30	122	27	46
Жовтень	7,3	7,2	10,6	8,2	38	41	72	35
Середня за квітень–жовтень	15,3	14,9	16,4	16,3	385	395	464	362

**РЕЗУЛЬТАТИ  
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

У формуванні сприятливих умов в активному шарі торфовищ для проходження повноцінних ґрунтотворних процесів водному та тепловому режимах відводяться надзвичайно важливе значення, особливо на дренованих органічних ґрунтах. Проведені спостереження за водним режимом ґрунту засвідчили, що рівні ґрунтових вод (табл. 2) в роки досліджень знаходились в оптимальних межах з середньою глибиною залягання ґрунтових вод за квітень–жовтень — 68–79 см від поверхні ґрунту, відповідає рекомендованим нормам осушення для досліджуваних культур [5; 9; 19].

Наведено глибину залягання ґрунтових вод забезпечувала і оптимальну вологість ґрунту (табл. 2, 3), як для дослідних культур, так і для проходження мікробіологічних процесів у ґрунті [9; 12; 17].

Вона практично не перевищувала верхню межу оптимальної вологості (80–85% повної вологості) і не опускалась за

**Таблиця 2. Динаміка залягання рівнів ґрунтових вод на дослідному полі, см від поверхні ґрунту**

Місяць	Рік			Середнє
	2021	2022	2023	
Квітень	31	30	30	30
Травень	42	49	55	49
Червень	55	64	68	62
Липень	93	100	48	80
Серпень	124	117	56	99
Вересень	129	96	97	107
Жовтень	84	35	84	68
Середнє за квітень–жовтень	79	70	68	71

межі нижніх показників ВРК (вологості розриву капілярів), яка сягає близько 40% ПВ для органічних ґрунтів [3; 10]. Така стабільність залягання рівнів ґрунтової води в оптимальних межах, як і шару

**Таблиця 3. Динаміка вологості ґрунту залежно від мінерального удобрення та років вирощування на дренованих органічних ґрунтах, шар ґрунту 0–30 см, у середньому за 2021–2023 рр., % від повної вологості (ПВ)**

Удобрення		Багаторічні трави			Однорічні культури		
Види удобрення	строки відбору	беззмінні посіви	першого року вирощування	третього року вирощування	ріпак ярий	тритикале озиме	соняшник
Без добрив (контроль)	весна	$\frac{66,8}{32,2-78,8}$	$\frac{70,5}{57,7-78,2}$	$\frac{71,9}{57,1-81,5}$	$\frac{73,5}{94,3-83,5}$	$\frac{59,2}{49,3-69,0}$	$\frac{73,1}{56,0-80,4}$
	осінь	$\frac{66,2}{55,8-80,7}$	$\frac{72,1}{62,5-78,4}$	$\frac{59,9}{43,5-80,7}$	$\frac{70,5}{60,3-77,8}$	$\frac{76,2}{69,5-82,8}$	$\frac{74,8}{72,3-84,7}$
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> — багаторічні трави; P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> — однорічні культури)	весна	$\frac{67,2}{50,5-81,2}$	$\frac{70,8}{62,5-78,4}$	$\frac{70,4}{54,1-82,7}$	$\frac{72,7}{53,5-83,0}$	$\frac{63,8}{59,2-68,4}$	$\frac{73,6}{52,8-85,0}$
	осінь	$\frac{63,4}{55,7-75,9}$	$\frac{65,3}{63,5-66,4}$	$\frac{59,5}{44,8-78,6}$	$\frac{73,9}{62,6-80,5}$	$\frac{75,1}{67,7-82,4}$	$\frac{70,2}{64,9-76,9}$
Розрахункова доза на приріст врожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> — багаторічні трави; P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> — ріпак ярий; P <sub>64</sub> K <sub>72</sub> — соняшник)	весна	$\frac{68,2}{58,6-81,0}$	$\frac{70,8}{53,4-80,5}$	$\frac{71,8}{52,3-80,4}$	$\frac{71,5}{54,6-82,3}$	$\frac{61,0}{53,2-68,7}$	$\frac{70,2}{54,8-78,1}$
	осінь	$\frac{65,3}{58,0-78,4}$	$\frac{65,7}{59,4-73,6}$	$\frac{58,0}{46,5-72,4}$	$\frac{74,7}{64,6-85,0}$	$\frac{74,9}{68,9-80,9}$	$\frac{75,3}{68,6-80,1}$

Удобрення		Багаторічні трави			Однорічні культури		
Види удобрення	строки відбору	безмінні посіви	першого року вирощування	третього року вирощування	ріпак ярий	тририкале озиме	соняшник
Органічно-мінеральне добриво – 2,0 л/га	весна	67,5 56,6–80,4	70,5 54,8–81,8	72,4 53,3–80,3	74,5 58,4–82,8	66,7 58,1–75,3	70,9 56,4–84,3
	осінь	67,0 60,0–80,2	64,3 59,0–73,7	59,1 43,4–78,1	72,4 56,1–82,1	68,7 62,7–74,7	70,5 58,1–80,5
НІР <sub>05</sub>	2,9	3,1	3,0	3,2	3,1	3,2	

*Примітка:* чисельник – середні показники; знаменник – коливання за роками.

грунту, безумовно пов'язана з роботою влаштованої осушувально-зволожувальної меліоративної системи, яка забезпечує в бездощові періоди додаткове зволоження дослідних полів шляхом подачі води по каналах із водонакопичувачів, а за надлишкового накопичення води на дренажних територіях її відведення.

Створивши оптимальні за вологістю ґрунтові умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур та проходження мікробіологічних процесів у ньому, нами були проведені спостереження з виділенням CO<sub>2</sub> з ґрунту залежно від виду культури та удобрення (*табл. 4*).

Дослідження в середньому за 2021–2023 рр. показали, що виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту, як наслідок мікробіологічної діяльності в торфі залежить від його мінералізації, а також включає виділення його кореневою системою. До того ж різні сільськогосподарські культури мають досить різні показники дихання і виділення вуглекислого газу з ґрунту.

**Динаміка виділення CO<sub>2</sub> та мінералізація органічної речовини.** Дослідженнями встановлено, що найменші показники виділення вуглекислого газу спостерігали на полях з багаторічними травами (40,5–52,3 кг/га за добу), а з полів з однорічними культурами виділення CO<sub>2</sub> було в 1,3–1,6 раза вищим порівняно з багаторічними травами. Це свідчить про те, що багаторічні трави мають більш стабільний і менш інтенсивний вплив на процеси дихання ґрунту, ніж однорічні культури.

До того ж виділення вуглекислого газу істотно залежало від типу однорічних культур. Найбільше CO<sub>2</sub> виділялося на посівах сої (76,6–84,1 кг/га за добу), що може бути пояснено високою активністю бульбочкових бактерій на кореневій системі цієї культури, які активно сприяють азотфіксації. Найменші показники серед однорічних культур були під ріпаком ярим (54,7–70,7 кг/га), що можливо пов'язано з особливостями кореневої системи та мінералізаційними процесами в ґрунті.

Щодо мінералізації торфової залежі, яку оцінювали за виділенням CO<sub>2</sub>, найбільше мінералізувалося органічної маси на посівах однорічних культур (4,48–7,61 т/га за вегетаційний період у 186 діб). Для порівняння, на посівах багаторічних трав мінералізація органічної маси була на 2,8–74,0% меншою на удобрених ділянках, що свідчить про значний вплив добрив на процеси мінералізації. Зокрема, на неудобрених ділянках під багаторічними травами спостерігали посилену мінералізацію, що може бути пов'язано з природними процесами відновлення ґрунту та більшою його аерацією. Внесення мінеральних добрив на посівах багаторічних трав зумовлювало зниження виділення CO<sub>2</sub>, тоді як на полях з однорічними культурами виділення вуглекислого газу збільшувалося, що вказує на різну реакцію культур на удобрення.

Загалом, дослідженнями виявлено, що інтенсивність мінералізації органічної маси змінюється залежно від способу використання ґрунту та внесення добрив, а також

Таблиця 4. Динаміка виділення CO<sub>2</sub> з поверхні торфяного ґрунту та мінералізація органічної маси торфу залежно від способу його використання та удобрення, середнє за 2022–2023 рр.

Культура	Удобрення	Виділення CO <sub>2</sub> з ґрунту за добу				Мінералізація торфу	
		кг/га	у т. ч. дихання кореневої системи, кг/га	за добу виділення CO <sub>2</sub> кореневої системи, кг/га	частка виділення CO <sub>2</sub> кореневою системою, %	за добу, кг/га	за вегетацію, 186 днів, т/га
Безмімне вирощування багаторічних трав	Без добрив (контроль)	52,3	5,52	46,72	10,5	25,37	4,72
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> )	50,0	7,02	42,98	14,4	23,34	4,34
	Розрахункова доза на приріст урожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> )	49,9	7,92	41,96	15,9	22,80	4,24
Багаторічні трави 1-го року	Без добрив (контроль)	47,2	13,20	34,00	28,0	18,46	3,43
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> )	40,5	15,84	24,66	39,1	13,39	2,49
	Розрахункова доза на приріст урожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> )	—	—	—	—	—	—
Ріпак ярий	Без добрив (контроль)	54,7	10,32	44,38	18,9	24,10	4,48
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> )	56,6	12,48	44,12	29,0	23,96	4,46
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> )	70,7	8,92	61,78	12,6	33,55	6,24
Соняшник	Без добрив (контроль)	77,1	12,24	64,86	15,9	35,22	6,55
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> )	77,5	13,20	64,30	17,0	34,91	6,49
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P <sub>64</sub> K <sub>72</sub> )	78,9	9,83	69,07	12,5	37,50	6,98
Соя	Без добрив (контроль)	76,6	71,0	65,60	14,4	35,62	6,63
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> )	84,1	9,36	74,74	11,1	40,58	7,55
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> )	83,3	7,92	75,38	9,51	40,93	7,61
	НІР <sub>05</sub>	2,9			1,3		

упродовж усього вегетаційного періоду. Спостереження за ділянками з багаторічними травами понад 20 років висвітлюють тривале беззмінне вирощування, що сприяє ущільненню ґрунту та зниженню його аерації, що, своєю чергою, призводить до зниження мікробіологічної активності та, відповідно, мінералізаційних процесів.

Внесення мінеральних добрив на полях із багаторічними травами зумовило збільшення виділення  $\text{CO}_2$  на 13–32%, а на полях із соєю внесення добрив, навпаки, знижувало виділення вуглекислого газу. Водночас, загалом виділення  $\text{CO}_2$  з ґрунту під однорічними культурами збільшувалося на 8,9–9,8% порівняно з контролем без добрив, що свідчить про посилення мінералізації торфу.

Інтенсивність мінералізації органічної маси на ділянках з однорічними культурами в зерно-просапній сівозміні була вищою, ніж на ділянках із беззмінним вирощуванням багаторічних трав, що вказує на важливість сівозміни для підтримання родючості та біологічної активності ґрунтів.

Загалом, дослідженнями зазначено, що тривале використання органогенних ґрунтів під посівами багаторічних трав сприяє зменшенню мікробіологічної активності ґрунту, що призводить до зниження інтенсивності мінералізації органічної речовини. Це може бути пов'язано з погіршенням аерації ґрунту й ущільненням його структури внаслідок постійного вирощування одних і тих самих культур, що обмежує доступ кисню та пригнічує розвиток мікроорганізмів.

Для оцінки біологічної активності ґрунту, зокрема виділення вуглекислого газу, було також виявлено активність целюлозоруйнівних бактерій за допомогою методу аплікацій. З цією метою використовували льонову тканину, яку закопували на глибину 0–30 см, та кількісно визначали інтенсивність її розкладання за вегетаційний період (у % до закладеної в ґрунт маси). Результати цього дослідження дають змогу зробити висновки про ступінь активності ґрунтових мікроорганізмів і здатність

ґрунту до розкладання органічних речовин, що може вказувати на потенціал ґрунту для відновлення або його деградацію залежно від способу застосування. У *табл. 5* продемонстровані ці результати, що дає можливість порівняти різні методи обробітку та рівень мікробіологічної активності в ґрунті.

Дослідженнями встановлено, що інтенсивність розкладання льонової тканини за різних способів використання ґрунтів та під різними сільськогосподарськими культурами значно відрізняється. Кожна культура формує свої унікальні мікробіологічні процеси в ґрунті, залежно від її біологічних особливостей, що спричиняє або посилення, або зниження цих процесів. Важливо зазначити, що інтенсивність розкладання льонової тканини також змінювалася залежно від внесення мінеральних добрив, що підтверджує важливість удобрення для підтримки ґрунтової активності.

Найменший рівень розкладання льонової тканини за період експозиції 130 днів (18,05–25,09%) спостерігався під посівами багаторічних трав за умови їхнього беззмінного вирощування, де частка розкладання тканини становила 43,3–56,0% від початкової маси, закопаної на глибину 0–30 см в орний шар ґрунту. Трохи вищі показники розкладу були під травами, які періодично перезалужувалися (раз на 8 років), де частка розкладання сягала 52,2–63,0%. Найбільш інтенсивне розкладання льонової тканини було під однорічними культурами – від 67,5 до 80,5%.

Досить високі показники розкладу льонової тканини також спостерігалися на ділянках із багаторічними травами після їхнього переорювання в перший рік використання – 71,7–74,0%. Загалом, дослідження вказують на те, що зі старінням травостою відбувається поступове зниження активної діяльності мікрофлори та біологічної активності органогенних ґрунтів, що проявляється як у зменшенні виділення вуглекислого газу, так і у зниженні інтенсивності розкладання льонової тканини.

До того ж закладання льонової тканини у зимовий період 2022–2023 рр. розкрило,



Таблиця 5. Вплив способів використання та удобрення на розклад льонової тканини в шарі ґрунту 0–30 см за 2021–2023 рр. (період експозиції травень – вересень), %

Удобрення	Багаторічні трави		Сівозміна з однорічними культурами		Травопільна сівозміна				
	безмінні посіви	перезалуження через 8 років	ріпак ярій	триликале яре	багаторічні трави			соняшник	ріпак ярій
					1-го року	3-го року	6-го року		
Без добрив (контроль)	43,3	52,2	54,0	61,2	62,3	58,0	59,3	54,7	67,3
Розрахункова доза на приріст урожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> – ріпак ярій; P <sub>64</sub> K <sub>72</sub> – соняшник; P <sub>115</sub> K <sub>55</sub> – триликале озиме)	52,7	63,0	60,0	80,5	71,7	54,7	60,0	56,0	65,7
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – однорічні культури) + органо-мінеральне добриво – 2,0 л/га	56,0	62,0	56,2	67,5	74,0	48,7	65,3	64,3	65,0
НР <sub>05</sub>	2,2	2,3	1,2	2,8	1,6	1,5	1,3	2,7	3,1

що процес біологічної активності ґрунту та мінералізації торфової залежі триває і взимку, однак показники розкладу тканини були значно нижчими. Це пояснюється низькими температурами ґрунту та його перезволоженням, які негативно діють на мікробіологічну активність, знижуючи темпи мінералізації органічної речовини.

**Динаміка поживного режиму залежно від процесів мінералізації.** Щодо впливу внесення мінеральних добрив на розклад льонової тканини, можна чітко спостерігати, що в більшості випадків, як на посівах багаторічних трав, так і однорічних культур, як у травопільних сівозмінах, так і в сівозміні лише з однорічними культурами, внесення повного комплексу мінеральних добрив (НРК) сприяє посиленню розкладу органічної речовини торфу. Ці показники є досить значними на окремих ділянках. Наприклад, за безмінного вирощування багаторічних трав, розклад льонової тканини після внесення НРК збільшується на 21,7% та 29,3%. У разі перезалуження ці показники зростають на 18,8% і 20,7%.

Для однорічних культур, як-от соняшник, простежується підвищення на 2,4% і 17,6%, а для ріпаку ярого – на 4,1% і 11,1%. Найвищі показники відзначено на полях з триликале ярим, де приріст розкладу льонової тканини досяг 10,3–30,9%. На інших культурах дія мінеральних добрив на розклад льонової тканини була менш вираженою.

Важливою характеристикою біологічної активності органогенних ґрунтів є їх вплив на зміну родючості ґрунту, зокрема на поживний режим ґрунту, що залежить від способу використання, вирощування культур та внесення добрив. Наші дослідження показали, що вміст рухомого азоту в активному шарі ґрунту значно зростає зі внесенням мінеральних добрив, що активізує мікробіологічну діяльність і посилює процеси розкладу органічної речовини на посівах усіх досліджуваних культур (табл. 6). Зокрема, вміст нітратного азоту збільшується під посівами всіх культур за внесення азотних добрив на 24–45% порівняно з контрольними ділянками, що свідчить про ефективність азотних добрив у покращанні

Таблиця 6. Вміст рухомого азоту під посівами сільськогосподарських культур у шарі ґрунту 0–30 см залежно від способу використання та удобрення, мг/кг сухого ґрунту, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрєння	Види рухомого азоту	Беззмінні посіви багаторічних трав	Багаторічні трави		Соняшник	Жито озиме	Ріпак ярий
			1-го року	3-го року			
Без добрив (контроль)	N-NO <sub>3</sub>	45,3	58,3	69,7	93,7	66,3	61,7
	N-NH <sub>4</sub>	40,7	40,1	39,3	41,8	39,8	32,7
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – однорічні культури) + органо-мінеральне добриво – 2,0 л/га	N-NO <sub>3</sub>	60,7	80,7	89,3	105,7	66,3	67,7
	N-NH <sub>4</sub>	44,1	37,6	383,3	38,8	39,3	32,8
Розрахункова доза на приріст урожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> – ріпак ярий; P <sub>64</sub> K <sub>72</sub> – соняшник; P <sub>115</sub> K <sub>55</sub> – тритикале озиме)	N-NO <sub>3</sub>	56,3	74,3	101,3	107,0	74,7	81,3
	N-NH <sub>4</sub>	44,2	35,4	41,0	39,2	42,7	30,4
НІР <sub>05</sub>	2,0	2,1	4,1	2,5	1,9	1,7	

поживного режиму ґрунту. Водночас вміст аміачного азоту в ґрунті мав незначні коливання і переважно мало залежав від виду культур та внесених добрив.

Це підтверджує важливість раціонального використання мінеральних добрив для підтримання високого рівня родючості та біологічної активності ґрунтів, особливо на органогенних ґрунтах, де активні мікробіологічні процеси сприяють поліпшенню ґрунтового середовища та забезпеченню сталого розвитку сільськогосподарських систем.

Однак, чітко спостерігали більше накопичення нітратного азоту під просапними культурами (до 93,7–107,0 мг/кг сухого ґрунту) порівняно з посівами багаторічних трав за беззмінного їх вирощування (45,3–56,3 мг/кг), що є наслідком надмірної мінералізації органічної маси під посівами однорічних культур. Цей процес пояснюється інтенсивнішим розкладанням органічної речовини ґрунту під дією мікроорганізмів, стимульованих високими дозами мінеральних добрив і активним обробітком ґрунту під однорічні культури. Надмірне накопичення нітратного азоту може вказувати на

посилення мінералізаційних процесів, що, своєю чергою, впливатиме на якість ґрунту і його потенціал для вирощування культур у майбутньому.

Щодо вмісту рухомих форм фосфору (табл. 7), можна відзначити, що його кількість істотно залежала від внесених мінеральних добрив на посівах багаторічних трав за умови їхнього беззмінного вирощування. Однак, коли було проведено перезалуження (висівання трав першого року вирощування), кількість рухомого фосфору різко зросла, що простежувалося і на посівах однорічних культур.

Це збільшення пояснюється активізацією ґрунтової мікрофлори, спричиненою оновленням травостою та високою доступністю поживних речовин у перші роки після перезалуження. Однорічні культури, завдяки інтенсивному використанню поживних елементів, також стимулюють накопичення рухомих форм фосфору в ґрунті, що позитивно впливає на їх ріст і розвиток.

Тому, ці дані свідчать про те, що перезалуження трав та вирощування однорічних культур здатні значно посилити вміст рухомих форм фосфору та нітратного азоту,

Таблиця 7. Вміст рухомих форм фосфору і калію під посівами сільськогосподарських культур у шарі ґрунту 0–30 см залежно від способу використання та удобрення, мг/кг сухого ґрунту, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрєння	Види рухомих форм	Беззмінні посіви багаторічних трав	Багаторічні трави		Соняшник	Жито озиме	Ріпак ярий
			1-го року	3-го року			
Без добрив (контроль)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	28,0	34,0	32,0	40,0	43,0	38,0
	K <sub>2</sub> O	97,0	113,0	86,0	98,0	132,0	119,0
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>45</sub> K <sub>60+60</sub> – однорічні культури) + органіно-мінеральне добриво – 2,0 л/га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,0	36,0	34,0	41,0	41,0	44,0
	K <sub>2</sub> O	117,0	117,0	124,0	154,0	102,0	176,0
Розрахункова доза на приріст урожаю (N <sub>45</sub> P <sub>84</sub> K <sub>90+60</sub> – багаторічні трави; P <sub>114</sub> K <sub>50</sub> – ріпак ярий; P <sub>64</sub> K <sub>72</sub> – соняшник; P <sub>115</sub> K <sub>55</sub> – тритикале озиме)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,0	37,0	46,0	43,0	37,0	48,0
	K <sub>2</sub> O	120,0	116,0	121,0	173,0	95,0	167,0
НІР <sub>05</sub>	2,4	2,3	2,4	2,5	1,9	2,7	

що є важливим чинником для підвищення продуктивності культур, але може також вплинути на баланс поживних елементів у ґрунті. Це пов'язано не з розкладанням органічної маси торфу та підвищенням мікробіологічної активності в ньому, а з вивертанням торфового шару з нижнім шаром, де дане торфовище багате на прошарки віваніту. Віваніт, стикаючись із киснем, гарантує перехід закисних форм у рухомі фосфорні сполуки. Такі процеси забезпечили збільшення рухомого фосфору не тільки на ділянках з внесенням мінеральних добрив, а й на посівах без його внесення. Мікробіологічна активність ґрунту мало впливала на вміст рухомого фосфору у ґрунті.

Щодо вмісту рухомого калію в ґрунті, то його кількість за варіантами дослідів повністю залежала від внесених мінеральних добрив; інші чинники мали незначний вплив на його режим у ґрунті. Це підтверджує те, що калій у такій формі, як він наявний у добривах, є основним джерелом для рослин, який потребує особливої уваги під час планування системи живлення.

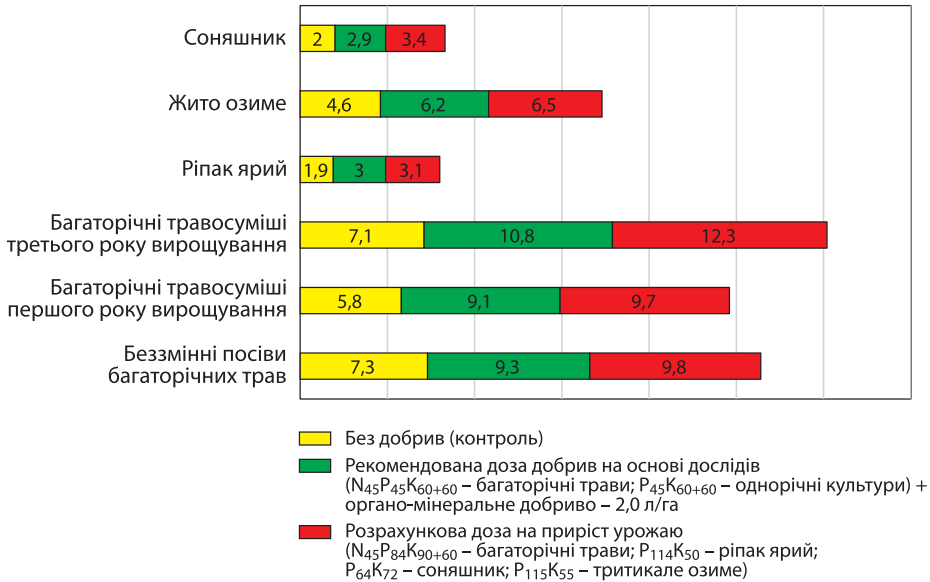
Важливо зазначити, що недостатність калію може зумовити зниження врожай-

ності та якості продукції, а також підвищення чутливості рослин до стресових чинників.

Отже, контроль над вмістом рухомого фосфору і калію в ґрунті є критично важливим для досягнення високих агрономічних показників. Ефективне використання мінеральних добрив і їх комбінування з органічними добривами може сприяти поліпшенню структури ґрунту, підвищенню його родючості та збереженню екологічного балансу в агроєкосистемах. Тому, оптимізація добрив у системах землеробства є запорукою стійкого розвитку сільського господарства в умовах глобальних змін клімату та зростаючого попиту на продовольство.

Результати досліджень щодо врожайності різних сільськогосподарських культур залежно від мінерального удобрення за період 2021–2023 рр. представлено на рис.

Багаторічні трави (першого та третього року вирощування) демонструють чітке зростання врожайності за збільшення доз добрив. Зокрема, за внесення рекомендованої дози добрив урожайність багаторічних трав третього року вирощування зростає



Урожайність сільськогосподарських культур залежно від мінерального удобрення, середнє за 2021–2023 рр.

до 10,8 т/га, тоді як за використання розрахункової дози цей показник досягає 12,3 т/га. Це свідчить про те, що багаторічні травосуміші особливо чутливі до внесення мінеральних добрив, і правильний підбір дозування забезпечує максимальну ефективність живлення.

Ріпак ярий показує значний приріст урожайності від 1,9 т/га на контрольному варіанті (без добрив) до 3,1 т/га за використання розрахункової дози, що підтверджує його чутливість до рівнів фосфорного та калійного живлення. Важливо відзначити, що рекомендовані дози добрив для ріпаку також сприяють значному збільшенню врожайності (до 3,0 т/га), що вказує на ефективність оптимального живлення для цієї культури.

Жито озиме – поступове збільшення врожайності від 4,6 т/га на контролі до 6,5 т/га за внесення розрахункових доз добрив, що визначає позитивний вплив збалансованого фосфорного та калійного живлення на ріст і розвиток цієї культури. Подібні результати спостерігаються і для соняшника, де врожайність зростає

з 2,0 т/га на контролі до 3,4 т/га за застосування розрахункових доз.

Отже, результати доводять про високу ефективність збалансованого внесення мінеральних добрив, що забезпечує істотний приріст урожайності, особливо за використання розрахункових доз для конкретних культур. Це підкреслює важливість індивідуального підходу до живлення сільськогосподарських культур, враховуючи їхні специфічні потреби в елементах живлення для максимізації продуктивності та підтримання родючості ґрунту.

## ВИСНОВКИ

Дослідженнями біологічної активності дренажних органічних ґрунтів та їхньої мінералізації встановлено, що інтенсивність цих процесів істотно впливає на виділення вуглекислого газу та спрацювання торфовищ, яка в кінцевому результаті впливало і на поживний режим ґрунту та врожайність культур. Способом використання дренажних органічних ґрунтів можна змінити інтенсивність мінералізації торфовищ. Заміна оранки ґрунту на по-

верхневий обробіток, як і використання торфовищ під посівами багаторічних трав, проти висівання однорічних культур зменшує інтенсивність мінералізації торфовищ майже на 20,5–52,7%, що є важливим за-

ходом збереження органічних ґрунтів, знижує надлишкове виділення карбонічних газів в атмосферу та запобігає забрудненню річкових і ґрунтових вод біогенними речовинами.

## ЛІТЕРАТУРА

- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Агробіологічні засади природоохоронного та ефективного використання дренажних органічних ґрунтів за змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 4 (841). С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09>.
- Стан і завдання подальших досліджень боліт, торфових відкладів і ґрунтів Полісся та Лісостепу північно-західного регіону України: екологічні, енергетичні та практичні аспекти використання, збереження і відновлення. *Меліорація та облаштування Українського Полісся* / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. С. 36–85.
- Строкаль В.П., Бережняк Є.М., Наумовська О.І., та ін. Вплив російської агресії на стан природних ресурсів України: моногр. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 218 с.
- Режимно-технологічні, гідрологічні та екологічні аспекти меліорацій. *Меліорація та облаштування Українського Полісся* / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Т. 2. С. 12–59. URL: [https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020\\_1.pdf](https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020_1.pdf).
- Volkogon V.V., Pyrig O.V., Dimova S.B. and Volkogon K.I. Focus of mineralization-synthesis processes of the organic matter in the leached chernozem while cultivating potatoes on different fertilization backgrounds. *Agricultural Science and Practice*. 2020. № 7 (1). P. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01>.
- Слюсар І.Т. Вплив осушуваних меліорацій на трансформацію органічних ґрунтів. Посібник Українського хлібороба, Український чорнозем на початку третього тисячоліття. Київ: 2016. Т. 1. С. 295–305.
- Слюсар І.Т., Рижук С.М. Комплексне обстеження осушуваних торфових і торфоболотних ґрунтів. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення) / за ред. В.П. Патики, О.Г. Тараріко. Київ: Міністерство АПУ, УААН. 2002. С. 76–82.
- Малиновська І.М., Слюсар І.Т., Черниш О.О. Мікробіологічний моніторинг інтенсивності мінералізації органічної речовини торфового ґрунту. Моніторинг та індикатор нейтрального рівня деградації земель в Україні. Київ: Простір-М, 2018. С. 24–32.
- Тараріко Ю.О., Дацько Л.В., Стецюк М.Г., Зосимчук М.Д. Трансформація осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся за довгострокового сільськогосподарського використання. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 9. С. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201609-11>.
- Примах І.Д., Ткачук В.М., Демидас Г.І. та ін. Наукові основи підвищення продуктивності систем землеробства в Україні / за ред. І.Д. Примака. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 190 с. ISBN978-617-7212-33-0.
- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А. Екологічні аспекти мінерального удобрення багаторічних травосумішей на дренажних органічних ґрунтах. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 100–108. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283702>.
- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А. Зосимчук О.А. Вплив способів сільськогосподарського використання органічних ґрунтів на вимивання біогенних речовин у дренажні води. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293757>.
- Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: моногр. / за ред. Я.М. Гадзала, В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. С. 27–90.
- Slyusar I.T., Solyanik O.P., Serbenyuk V.O. et al. Effect of the water regime, crop rotation and fertilizers in biogenic matters leaching into ground water and surface water. *Ukrainian J. of Ecology*. 2020. № 10 (3). P. 197–200. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_154](https://doi.org/10.15421/2020_154). URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000576691500013>.
- Lennartz B., Cambinda R., Liu H. and Rezaezhad F. Pore-Size-Class Dependent Carbon Turnover in Peat Soils, EGU General Assembly 2024. Vienna, Austria, 14–19 Apr. 2024. EGU24-15930. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15930>.
- Linden F., Fereidou R., Mehdi G. et al. Relationship between soil CO<sub>2</sub> fluxes and soil moisture: Anaerobic sources explain fluxes at high water content. *Geoderma*. 2023. Vol. 434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116493>.
- Гаврилюк В.А., Ковальчук Н.С., Мелимука Р.Я., Долюк А.В. Емісія CO<sub>2</sub> як причина зниження продуктивності меліорованих ґрунтів зони Західного Полісся в умовах змін клімату та заходи щодо їх адаптації. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С.Т. Возняка* (м. Рівне, 29–30 верес. 2022 р.). Рівне: НУВГП, 2022. С. 86–90. URL: <https://nuwm.edu.ua/university/ads/naukovo-innovatsiyni-suprovid-zbalansovanoho-pryrodokorystuvannya>.



18. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. URL: summary\_report\_maket.indd (ipcc.ch).
19. Шумлянський В. Клімат. Виклики глобалізації. *Світгляд*. 2008. № 3(1). С. 26–30. URL: svit-1-11.qxd (mao.kiev.ua)
20. Земельні ресурси України / за ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонова. Київ: Аграрна наука, 1998. 150 с.
21. Медведєв В.В., Лісовал М.Б. Стан родючості ґрунтів України і шляхи їх поліпшення. Харків: «Штрих», 2001. 98 с.
22. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища в Україні. Харків, 2010. 201 с.
23. Вознюк С.Т., Галкіна А.О. Водно-фізичні властивості вироблених торфовищ Полісся і Лісостепу України та Передкарпаття. *Вісник с.-г. наук*. 1974. № 9. С. 48–53.
24. Доменек К., Кантоні-Гомес Е., Уорд П. та ін. Роль спостереження за Землею в оцінці та управлінні багатьма (небезпечними) ризиками. Відень, Австрія, 14–19 квітн. 2024, EGU24-3392. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3392>.
25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.

## REFERENCES

1. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O., Solianyk, O.P. & Tarasenko, O.A. (2023). Ahrobiolohichni zasady pryrodookhoronnoho ta efektyvnoho vykorystannia drenovanykh orhanohennykh ґruntiv za zmin klimatu [Agrobiological principles of environmental protection and effective use of drained organic soils under climate change]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 4 (841), 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09> [in Ukrainian].
2. Gadzala, Y.M., Stashuka, V.A. & Rokochinsky, A.M. (Eds.). (2017). Stan i zavdannia podalshykh doslidzhen bolit, torfovykh vidkladiv i ґruntiv Polissia ta Lisostepu pivnichno-zakhidnoho rehionu Ukrainy: ekolohichni, enerhetychni ta praktichni aspekty vykorystannia, zberezhenia i vidnovlennia [The state and tasks of further research of swamps, peat deposits and soils of Polissia and Forest-Steppe of the north-western region of Ukraine: ecological, energetic and practical aspects of use, preservation and restoration]. *Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainiskoho Polissia [Reclamation and development of the Ukrainian Polissia]*. (pp. 36–85). URL: [https://ep3.nuwm.edu.ua/15540/1/Polissya\\_ukr\\_T2.pdf](https://ep3.nuwm.edu.ua/15540/1/Polissya_ukr_T2.pdf) [in Ukrainian]
3. Stokal, V.P., Berezniak, Ye.M., Naumovska, O.I. et al. (2023). *Vplyv rosiiskoi ahresii na stan pryrodnykh resursiv Ukrainy: monohrafiia [The impact of Russian aggression on the state of Ukraine's natural resources]*. Kyiv. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/monografiya-ostanniy\\_variant\\_isbn\\_5.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/monografiya-ostanniy_variant_isbn_5.pdf) [in Ukrainian].
4. Gadzala, Y.M., Stashuka, V.A. & Rokochinsky, A.M. (Eds.). (2018). Rezhymno-tekhnologichni, hidrolohichni ta ekolohichni aspekty melioratsiy [Regime-technological, hydrological and ecological aspects of land reclamation]. *Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainiskoho Polissia [Reclamation and development of the Ukrainian Polissia]*. (pp. 12–59). URL: [https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020\\_1.pdf](https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020_1.pdf) [in Ukrainian].
5. Volkogon, V.V., Pyryg, O.V., Dimova, S.B. & Volkogon, K.I. (2020). Focus of mineralization-synthesis processes of the organic matter in the leached chernozem while cultivating potatoes on different fertilization backgrounds. *Agricultural Science and Practice*, 7 (1), 40–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01> [in English].
6. Sliusar, I.T. (2016). Vplyv osushuvanykh melioratsii na transformatsiiu orhanohennykh ґruntiv [The influence of drained land reclamation on the transformation of organic soils]. *Posibnyk Ukrainiskoho khliboroba, Ukrainskiy chornozem na pochatku tretoho tysiacholittia [Handbook of the Ukrainian farmer, Ukrainian chernozem at the beginning of the third millennium]*. (pp. 295–305). [in Ukrainian].
7. Sliusar, I.T. & Ryzhuk, S.M. (2002). Kompleksne obstezhennia osushuvanykh torfovykh i torfobolotnykh ґruntiv [Comprehensive examination of drained peat and peat bog soils]. *Ahroekolohichniy monitorynh ta pasportyzatsiia silskohospodarskykh zemel (metodychno-normatyvne zabezpechennia) [Agro-ecological monitoring and certification of agricultural land (methodological and regulatory support)]*. (pp. 76–82). [in Ukrainian].
8. Malynovska, I.M., Sliusar, I.T. & Chernysh, O.O. (2018). Mikrobiolohichni monitorynh intensyvnosti mineralizatsii orhanichnoi rechovyny torfovoho ґruntu [Microbiological monitoring of the intensity of mineralization of organic matter in peat soil]. *Monitorynh ta indyikator neitralnoho rivnia dehradatsii zemel v Ukraini [Monitoring and indicator of the neutral level of land degradation in Ukraine]*. (pp. 24–32). [in Ukrainian].
9. Tararyko, Yu.O., Datsko, L.V., Stetsiuk, M.H. & Zosymchuk, M.D. (2016). Transformatsiia osushuvanykh torfovykh ґruntiv Zakhidnoho Polissia za dovhostrokovoho silskohospodarskoho vykorystannia [Transformation of drained peat soils of the Western Polissia under long-term agricultural use]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 9, 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201609-11> [in Ukrainian]
10. Prymak, I.D., Tkachuk, V.M., Demydas, H.I. et al. (2015). *Naukovi osnovy pidvyshchennia produktyvnosti system zemlerobstva v Ukraini [Scientific basis of predicting the productivity of agricultural systems in Ukraine]*. [in Ukrainian].

11. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O. & Serbeniuk, H.A. (2023). Ekologichni aspekty mineralnogo udobrennia bahatorichnykh travosumishei na drenovanykh orhanohennykh gruntakh [Ecological aspects of mineral fertilization of perennial grass mixtures on drained organic soils]. *Ahroekologichniy zhurnal – Achroecological journal*, 2, 100–108. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283702> [in Ukrainian].
12. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O., Serbeniuk, H.A. & Zosymchuk, O.A. (2023). Vplyv sposobiv silskohospodarskoho vykorystannia orhanohennykh gruntiv na vymyvannia biogenykh rehovyn u drenovani vody [The influence of methods of agricultural use of organic soils on the leaching of biogenic substances into drained waters]. *Ahroekologichniy zhurnal – Achroecological journal*, 4, 80–88. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293757> [in Ukrainian].
13. Gadzala, Y.M. & Kaminsky, V.F. (Eds.). (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: monohrafiia [Scientific basis of production of organic products in Ukraine: monograph]*. (pp. 27–90). URL: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/117> [in Ukrainian].
14. Sliusar, I.T., Solyanik, O.P., Serbenyuk, V.O. et al. (2020). Effect of the water regime, crop rotation and fertilizers in biogenic matters leaching into ground water and surface water. *Ukrainian J. of Ecology*, 10 (3), 197–200. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_154](https://doi.org/10.15421/2020_154). URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000576691500013> [in English].
15. Lennart, B., Cambinda, R., Liu, H. & Rezanezhad, F. (2024). Pore-Size-Class Dependent Carbon Turnover in Peat Soils, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-15930. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15930> [in English].
16. Linden, F., Fereidoun, R., Mehdi, G. et al. (2023). Relationship between soil CO<sub>2</sub> fluxes and soil moisture: Anaerobic sources explain fluxes at high water content. *Geoderma*, 434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116493> [in English].
17. Havryliuk, V.A., Kovalchuk, N.S., Melymuka, R.Ia. & Doliuk, A.V. (2022). Emisiia CO<sub>2</sub> yak prychna znyzhennia produktyvnosti meliorovanykh gruntiv zony Zakhidnogo Polissia v umovakh zmin klimatu ta zakhody shchodo yikh adaptatsii [CO<sub>2</sub> emission as a reason for the decrease in the productivity of reclaimed soils of the Western Polissia zone in the conditions of climate change and measures for their adaptation]. *Materialy III Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, prysviachenoj pamiaty ta 95-richchii z Dnia narodzhennia profesora S.T. Vozniuka [Materials of the 3<sup>rd</sup> International Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the memory and 95<sup>th</sup> anniversary of the birth of Professor S.T. Vozniuk]*. (pp. 86–90). Rivne. URL: <https://nuwm.edu.ua/university/ads/naukovo-innovatsiyni-suprovod-zbalansovanoho-pryrodokorystuvannia> [in Ukrainian].
18. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. URL: [summary\\_report\\_maket.indd \(ipcc.ch\)](https://www.ipcc.ch/publications_and_products/assessment/summary_report_maket.indd) [in English].
19. Shumlianskyi, V. (2008). Klimat Vyklyky globalizatsii [Climate Challenges of globalization]. *Svitohliad – Svitogliad*, 3 (1), 26–30 [in Ukrainian].
20. *Zemelni resursy Ukrainy [Land resources of Ukraine]*. (1998). 150 p. [in Ukrainian].
21. Medvedev, V.V. & Lisoval, M.B. (2001). *Stan rodiihosti gruntiv Ukrainy i shliakhy yikh polipshennia [The state of soil fertility in Ukraine and ways to improve it]*. Kharkiv [in Ukrainian].
22. Truskavetskyi, R.S. (2010). *Torfovi grunty i torfovysshcha v Ukraini [Peat soils and peatlands in Ukraine]*. Kharkiv [in Ukrainian].
23. Vozniuk, S.T. & Halkina, A.O. (1974). Vodno-fizychni vlastyivosti vyrobnykh torfovysshch Polissia i Lisostepu Ukrainy ta Peredkarpattia [Water-physical properties of produced peatlands of Polissia and Forest-Steppe of Ukraine and Precarpathia]. *Visnyk s.-h. nauk – Herald of Agrarian Science*, 9, 48–53 [in Ukrainian].
24. Domenek, K., Kantoni-Homes, E., Uord, P. et al. (2024). *Rol sposterezhennia za Zemleiu v otsinzi ta upravlinni bahatma (nebezpechnymi) ryzykamy, Heneralna asambleia EGU 2024 [The role of Earth observation in the assessment and management of multiple (hazardous) risks, EGU General Assembly 2024]*. Viden. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3392> [in Ukrainian].
25. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P. & Kostohryz, P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]*. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 11.09.2024

## Г.М. ЧОБОТЬКУ — 75



18 вересня свій славний 75-річний ювілей відзначив видатний учений, доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем відділу радіоекології і дистанційного зондування ландшафтів, **Григорій Михайлович Чоботько**.

Відомий вчений народився 18 вересня 1949 р. у м. Березань Баришівського р-ну Київської обл. Григорій Михайлович пройшов шлях від випускника Київського медичного училища № 1 у 1968 р., де отримав кваліфікацію фельдшера-лаборанта, до здобувача вищої освіти в Київському державному університеті імені Т.Г. Шевченка у 1977 р. за спеціальністю «біохімія». В 1985 р. він захистив кандидатську дисертацію, а в 2001 р. — докторську дисертацію з радіобіології. За видатні наукові досягнення в 1996 р. Г.М. Чоботьку було присвоєно звання старшого наукового співробітника зі спеціальності «Медична біохімія», а в 2011 р. — звання професора зі спеціальності «Екологія». Професійний шлях ювіляра розпочався

у 1968 р. в якості лаборанта Київського науково-дослідного інституту клінічної медицини, та продовжився через важливі посади у різних наукових установах, включаючи керівництво лабораторіями клітинної радіобіології та радіоекологічного моніторингу.

Основні наукові інтереси Григорія Михайловича охоплюють радіаційну медицину, радіобіологію, радіоекологію та дозиметрію. Його науково-методичний доробок налічує понад 180 публікацій, зокрема численні колективні монографії, 8 методичних рекомендацій та 2 патенти на винаходи. Під його науковим керівництвом успішно підготовлено чотирьох кандидатів наук.

Вагомою частиною діяльності Григорія Михайловича є його активна участь у професійних спільнотах та наукових організаціях. Ювіляр є постійним членом Всеукраїнської громадської організації «Асоціація радіоекологів України» та входить до редакційних колегій наукових видань «Агроекологічний журнал» і «Проблеми радіаційної медицини та радіобіології». Крім того, він обіймає відповідальну по-

---

саду заступника голови спеціалізованої вченої ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій при Інституті агро-екології і природокористування НААН, а також є членом Комітету з медичної етики в ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України».

За високий професіоналізм, багаторічну самовіддану працю й вагомий внесок у розвиток науки Григорій Михайлович неодноразово був відзначений почесними нагородами, грамотами та подяками.

З нагоди цієї знаменної дати, колектив Інституту агроекології і природокористування НААН та редколегія «Агроекологічного журналу» висловлюють Григорію

Михайловичу Чоботьку щирі слова шани й поваги. Ми щиро зичимо йому непохитного здоров'я та стійкості, особливо в цей непростий час для нашої країни. Нехай Ваш багаторічний досвід і невичерпна мудрість і надалі слугують прикладом для молодого покоління вчених, надихаючи їх на нові відкриття та досягнення. Бажаємо нових звершень у наукових починаннях, мирного неба над головою та незламної віри в краще майбутнє для України. Нехай Ваш внесок у радіоекологію продовжує примножувати досягнення вітчизняної науки, а кожен новий день дарує Вам радість, натхнення та силу для подальших творчих пошуків.

---

---

# ABSTRACT

---

---

**Drebot O., Baranovska N., Shvydenko I.** Promising ways of developing agricultural production in radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissia. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 6–12.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: baranovska23074@gmail.com*

In the conditions of temporary occupation of territories in the south and east of Ukraine and climate change, the issue of development and expansion of agricultural production in the Polissia zone, including radioactively contaminated territories, arises. In the distant period after the Chernobyl accident, these territories are considered as potentially possible for return to agriculture, but at the same time require scientific justification of the use of land, soil, water and biological resources for the production of environmentally safe products. The current issues of «green» optimization of agricultural production are considered, which is a comprehensive approach aimed at restoring soil productivity and reducing radioactive contamination of products. The key role of state support is determined, which is an important factor in the successful implementation of measures in the field of «green» optimization of agricultural production. The specifics of the current state of radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissia and their role for agricultural and environmental policy are substantiated. It was determined that as a result of the Chernobyl accident, these lands lost their productivity and became a source of danger to the environment and public health. Modern approaches to «green» optimization of agricultural production were analyzed, which open up prospects for the restoration of the use of these lands. The calculation of permissible levels of soil contamination with Cs-137 for growing various zoned varieties of vegetable plants using innovative agricultural technologies was carried out. The effectiveness of combining various methods to achieve sustainable results in the rehabilitation of land resources was substantiated. The concept of «green» optimization was studied as an integration of environmental and technological innovations, in particular phytoremediation, the use of sorbents to reduce the mobility of radionuclides, the selection of crops with low accumulation of radioactive elements, and the adaptation of modern agricultural technologies. The need for the formation of a targeted state policy to support land rehabilitation and stimulate agricultural production in the area of radioactive contamination was proven. The need to restore agricultural production on these lands without harming the environment and human health has been identified in order to guarantee food security and economic development of the Polissia regions.

**Key words:** environmental friendliness of production, mobility of radionuclides, technological innovations, land rehabilitation, phytoremediation, agriculture.

**Konishchuk V.<sup>1</sup>, Martynenko V.<sup>1</sup>, Koniakin S.<sup>2</sup>** Scientific substantiation of creating Kudelia hydrological reserve of local importance. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 13–23.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Institute for Evolutionary Ecology, NAS of Ukraine*

*e-mail: martinenko.vasil@ukr.net*

This article provides a scientific basis for the creation of a new object of the nature reserve fund of the hydrological reserve of local importance of the Kudelia River, which is located in Fastiv district of Kyiv region. The purpose of the creation is to protect the hydrological basin of the river, the rare component and community development, as well as to implement the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 05.08.2020 No. 695 «On Approval of the State Environmental Strategy for Regional Development for 2021–2027». According to the results of expeditionary research, the growth of phytocoenoses of the Green Book of Ukraine (with the representation of *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Nymphaea candida* J. et C. Presl.), regionally rare species of Kyiv region. The Red Data Book flora was not found at the time of the study, which requires additional monitoring, but there are two rare bryophyte species: floating riccia (*Riccia fluitans* L.), floating ricciocarpus (*Ricciocarpus natans* L.). According to the Prodrum of Vegetation of Ukraine, 5 associations grow around the reservoir, 4 of which are protected by Council Directive 92/43/EEC (No. 3150 — *Lemnetum minoris* Soó 1927, *Ricciotum fluitantis* Slavnić 1956, *Nymphaetum candidae* Miljan 1958 — the association's groups are included in the Red List of Aquatic Macrophyte Communities of Ukraine (category 4), *Potametum natantis* Hild 1959). The rare faunal component includes the Red Data Book species of common dace (*Leuciscus leuciscus* L.), as well as species protected by the Bern and Bonn Conventions — bittern (*Rhodeus sericeus* Pallas), oatmeal (*Leucaspius delineatus* L.), a number of bats or bats (*Chiroptera*), and a mute swan (*Cygnus olar* Gmelin). For the effective functioning of the reserve, a management plan was developed, which includes administrative (control and protection of the protected area), scientific (monitoring of rare comensals and the state of spread of phytovasions) and eco-educational components (excursions). Based on the results of the expeditionary research, a petition was formed to declare (create) Kudelia hydrologi-



cal reserve of local importance and submitted to the Byshiv rural territorial community for submission to the Department of Ecology and Natural Resources of Kyiv Regional State Administration, or to be a continuation of Pryirpinnia Regional Landscape Park.

**Key words:** nature reserve fund, environmental management, rare species of flora and fauna, ecological network, Red Book of Ukraine, Green Book of Ukraine.

**Raichuk L., Shvydenko I., Chobotko G.** «Green» optimization of agricultural activities as a basis for rehabilitation of radionuclide-contaminated agro-landscapes of Ukrainian Polissia. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 24–32.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: edelvice@ukr.net*

This study investigates the optimization of agricultural activities as a sustainable approach to rehabilitating radionuclide-contaminated agricultural landscapes in Ukrainian Polissia region. The research synthesizes findings from multiple environmental, agricultural, and economic studies, incorporating data from both international and Ukrainian sources on land rehabilitation, climate change adaptation, and sustainable farming practices. The methodology encompasses a comprehensive analysis of land-use planning scenarios, incorporating United States Environmental Protection Agency and international protocols for contaminated land management, combined with local Ukrainian agricultural practices. The research evaluates multiple approaches to soil rehabilitation, including selective enrichment techniques, agricultural adaptation strategies, and economic efficiency measures for contaminated podzolic soils characteristic of Polissia region. The key findings demonstrate that successful rehabilitation requires an integrated approach combining several essential elements. The research shows the effectiveness of specialized crop rotation systems adapted to radioactively contaminated podzolic soils, as evidenced by grain-potato rotation studies showing improved soil nutrient balance. Implementation of climate-resilient agricultural practices has proven particularly relevant, given the documented shifts in cultivation patterns in Polissia region due to climate change. Furthermore, integration of economic efficiency measures in agroecological function restoration has demonstrated significant benefits, with specific focus on energy-efficient systems for contaminated soil management. Development of simulation models for agricultural production on radioactively contaminated lands has provided valuable insights, incorporating both ecological and economic parameters. The research results indicate that «green» optimization strategies can effectively support the dual goals of soil rehabilitation and sustainable agricultural production. Economic analysis reveals the viability of implementing alternative fertilization

systems and adaptive agricultural techniques in contaminated areas. The study demonstrates that climate change considerations must be integrated into rehabilitation strategies, as changing weather patterns affect both contamination dynamics and agricultural productivity in the region. Practical implications of this research extend to policy development, land management practices, and agricultural planning in regions affected by radionuclide contamination. The findings are particularly relevant for agricultural enterprises operating in contaminated zones, environmental protection agencies developing rehabilitation protocols, local authorities managing land use in affected areas, and agricultural scientists working on soil remediation techniques. This research contributes to the broader understanding of sustainable agricultural practices in contaminated landscapes and provides a framework for developing region-specific rehabilitation strategies. The findings emphasize the importance of integrating environmental remediation with climate-adaptive agricultural practices, offering a model that could be adapted for similar contaminated regions globally.

**Key words:** agricultural production, environmental safety, climate change, sustainable land use, bioenergy, precision farming, phytoremediation, food security, military actions.

**Mudrak O.<sup>1</sup>, Morozova T.<sup>2</sup>** Impact of global environmental crises on the functional state of *Picea abies* (L.) Karst. in microcosms. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 33–43.

<sup>1</sup> *Public Higher Educational Establishment*

*«Vinnytsia Academy of Continuing Education»*

<sup>2</sup> *National Transport University*

*e-mail: ov\_mudrak@ukr.net*

Due to global climate change, the issue of forest ecosystems' adaptation to abiotic stresses is becoming increasingly relevant. Priming plays a key role in this process, enabling plants to respond more effectively to stress by activating defense mechanisms. An important indicator of adaptation is the content of photosynthetic pigments, which determine the efficiency of photosynthesis. Chloroplast degradation caused by the accumulation of pollutants reduces photosynthetic intensity and disrupts the redox balance of membranes, damaging the plants' photosynthetic apparatus. This study examines the response of *Picea abies* to key environmental stress factors: elevated temperature, acid rain, and ultraviolet radiation, simulated in microcosms. The functional state of the photosynthetic apparatus was assessed by analyzing the content of photosynthetic pigments (chlorophylls and carotenoids) and primary productivity indicators. It was found that these abiotic factors reduce the content of chlorophylls and carotenoids, leading to a decrease in photosynthetic efficiency. Additionally, increased respiration activity and deterioration of chloroplast function under the influence of acid rain

indicate the development of stress responses. The obtained results suggest that pigment content can be used as an indicator of the photosynthetic system's condition in *P. abies* under global environmental changes. The results showed a significant decrease in gross primary productivity (GPP) and net primary productivity (NPP) of plants under the influence of all three factors. The most significant changes were observed under elevated temperature, which led to an 83% reduction in NPP. Furthermore, the reduction in chlorophyll and carotenoid concentrations was accompanied by a disruption in the redox balance of chloroplast membranes and inhibition of photosynthetic processes. Prolonged exposure to acid rain led to the accumulation of senescence hormones, confirming the development of stress syndrome as described by H. Selye. Based on the conducted research, it was established that elevated temperatures, acid rain, and ultraviolet radiation significantly reduce NPP and GPP in *P. abies*, potentially leading to the overall deterioration of ecosystem health. The plant's stress response aligns with the first stage of the adaptation syndrome, characterized by the suppression of metabolic processes and an increase in aging hormones. The negative impact of acid rain is exacerbated with prolonged exposure, potentially causing irreversible tissue and cell damage. The reduction in NPP and GPP under the influence of stress factors may indicate the depletion of plant resilience resources, which is crucial for the long-term stability of the ecosystem. The obtained results allow using photosynthetic pigment content as sensitive indicators of plant condition under abiotic stress. This study emphasizes the need for ecological monitoring based on the functional state of key species in forest ecosystems, as prolonged exposure to stress factors can lead to severe disruption of ecosystem stability.

**Key words:** chlorophyll, carotenoids, photosynthesis intensity, abiotic stress, extreme temperatures, acid precipitation.

**Butsenko L.<sup>1</sup>, Pasichnyk L.<sup>2</sup>, Kolomiets Yu.<sup>3</sup>** Bacteria of *Burkholderia* genus in plant production – danger or benefit? Agroecological journal. 2024. No. 4. P. 44–54.

<sup>1</sup> National University of food technologies

<sup>2</sup> Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny National Academy of Sciences of Ukraine

<sup>3</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: julyja12345@gmail.com

Bacteria of the genus *Burkholderia* are one of the most heterogeneous genera, combining species pathogenic for humans, animals, and plants with saprotrophic inhabitants of soil and water ecosystems. Even more, the association of heterogeneous pathogens can be traced within individual species of the genus *Burkholderia*. Representatives of this particular

taxon are best suited for demonstrating the phenomenon of polybiotrophy, the ability of representatives of one species to cause damage to macroorganisms of different kingdoms. The number of publications in international databases concerning representatives of the genus *Burkholderia* has been increasing over the past two decades, and such publications concern both pathogenic *Burkholderia* and representatives of the genus with beneficial properties for humans. Attempts to use representatives of the genus *Burkholderia* as biological agents to control pests and pathogens in crop production and the introduction of these prokaryotes into agroecosystems attract special attention. The taxonomic status of individual representatives of this genus still causes debate in the scientific community. The same species can include strains pathogenic for humans, plants, and plant growth-stimulating strains, as is the case with *Burkholderia gladioli*, in the absence of clear criteria for distinguishing between pathogenic and beneficial *Burkholderia*. The purpose of the presented study is to analyze and generalize data on plant-associated representatives of the heterogeneous genus *Burkholderia*. It has been established that phytopathogenic bacteria of the genus *Burkholderia* are dangerous pathogens that are capable of polybiotrophy. Representatives of the *Burkholderia gladioli* and *Burkholderia cepacia* can suppress other pathogens, but retain the ability to infect plants and humans under favorable conditions. Global warming leads to the spread of pathogens of the genus *Burkholderia* to regions with a temperate climate. Phytopathogens of this genus have a significant potential for spreading on the territory of Ukraine. In particular, in 2022, *B. glumae* was detected on rice seeds and plants for the first time in Odesa region. Taking into account the rising temperature in Ukraine, we can confidently predict an increase in the frequency of occurrence and harmfulness of rice bacteriosis in our country in the coming years. Despite the fact that a significant number of species of the genus *Burkholderia* are pathogens and harm both agriculture and human health, some representatives of this genus are characterized by the ability to suppress phytopathogens and stimulate plant growth and are useful for crop production. It is often proposed to include unidentifiable species of *Burkholderia* and representatives of pathogenic species, for example, *Burkholderia gladioli*, in the composition of biological preparations. The introduction of representatives of this genus into the agroecosystems of Ukraine without establishing clear criteria for distinguishing pathogenic and saprotrophic strains poses a potential threat not only to crop production, but also to the health of the population of Ukraine.

**Key words:** pathogen introduction, bacterial pathogens, biological agents, agroecosystems, risk management.

**Paliynychko N., Belimenko S.** Socio-economic aspect of forestry land use. Agroecological journal. 2024. No. 4. P. 55–65.

*Institute of Agroecology and Environmental  
Management of NAAS*

*e-mail: belimenkoseriy@gmail.com*

The scientific article is devoted to the analysis of the impact of Russian military invasion of Ukraine on the ecological state of forests and the socio-economic state of forestry. Special attention is paid to the issue of wages in the forestry industry and its impact on employee motivation and business efficiency. The authors emphasize that even before the invasion, Ukraine's economy needed reforms in the sphere of labor payments, since the existing deformations turned wages into a kind of «social assistance». The article also examines the structure and dynamics of forestry workers' wages in the context of inflation and the tax burden. The conducted analysis shows that the nominal increase in salaries does not compensate for losses from inflation, which leads to social instability and inhibits the development of the industry. Special attention is paid to fiscal mechanisms, such as rent for special use of forest resources and land tax. The article emphasizes the need to eliminate double taxation and reduce the tax burden to ensure the effective functioning of forestry. The authors conclude that the existing fiscal mechanisms are outdated and do not correspond to market conditions, which requires reform of the taxation system to improve the socio-economic condition of the industry and increase the real wages of employees. Measures adopted by the state in the form of setting the minimum wage level are insufficient to improve the socio-economic condition of the industry. Such measures can be effective only if a comprehensive approach to the specified problem is applied. At the same time, what is primarily important is not the set of relevant actions/measures, but rather their sequence: first, it is necessary to reduce the tax burden on the industry and eliminate double taxation; secondly, to direct the freed working capital to increase the real wages of employees. Thus, the increase in the minimum wage will not be due to the devaluation of the national currency or the increase in the prices of goods and services by enterprises (decrease in the purchasing power of the population and the increase in inflation), but due to the saved funds. The need to improve the socio-economic condition of forest farms by increasing the wages of industry workers and reforming the existing fiscal mechanism is substantiated. It was established that the wages of workers in the industry, taking into account inflation, in the period from 2019 to 2023 increased by only 30%.

**K e y w o r d s:** forest, forestry, rent, land tax, Single forest tax, double taxation, subsistence minimum.

**Polishchuk V., Herasimova O.** Complex evaluation of energy instruments of European environmental-economic policy. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 66–80.

*Vinnytsia Academy of Continuing Education*

*e-mail: vpolischuk7@gmail.com*

The main task of the article is to reflect the basic approaches and methods for analysing the energy component of the transformation of the European economic system in the context of the concept of sustainable development. It studies the dynamics of energy efficiency of European countries in oil equivalent. It is established that the gross available energy is the amount of energy products that are necessary to satisfy the needs of entities in a certain geographical area under study. The article analyses the indicator of final energy consumption of European countries, which includes only the energy used by end consumers and does not include energy consumption by the energy sector itself and losses arising during energy conversion and distribution. The author investigates the dynamics of changes in the surface areas of solar collectors in European countries and proves that in order to improve the efficiency of silicon solar cells, it is necessary to add layers of other materials that also catch part of the solar energy, while increasing the length of waves that can be absorbed. The study analyses the dynamics of recycling batteries and accumulators in some EU member countries. The indicators of liquid biofuel production capacity are studied and the priorities of partnership between Ukraine and the EU in the sphere of biomethane, hydrogen and other synthetic gases are determined to achieve energy independence of our country. A mathematical formula is derived to determine the gross final energy consumption, the value of which depends on the final energy consumption, grid losses and own consumption by power generators. The article establishes the share of renewable energy in gross final energy consumption by sector in European countries and identifies the capacity of electricity production from renewable energy sources and waste. It is proposed to accurately forecast the objective indicator of the capacity of renewable energy sources in Ukraine by 2030, taking into account the state of power grids and the availability of regulatory capacities. The study investigated the dynamics of revenues from energy taxes in some European countries. It is established that financial instruments currently have a significant impact on the functioning of energy markets, in particular the implicit energy tax rate, which is defined as the ratio between energy tax revenues and final energy consumption per calendar year. The systemic integration of the electricity and gas markets is expected to take place relatively quickly due to synergies in energy production, transport and distribution. The article shows that the European Energy Strategy foresees a transition to a low-carbon economy, which includes the implementation of a clear energy policy and the timely implementation of legislative measures to create a more integrated energy system. It is proved that in order to achieve significant economic and environmental results, it is extremely important

for all European market economies to modernise their main generating capacities, use greenhouse gas emission trading systems more efficiently and increase the share of low-carbon energy sources. Ukraine is recommended to study and use the experience of EU countries in improving energy efficiency and ecologisation of the energy sector.

**Key words:** energy efficiency, energy consumption, energy sector, solar panels, battery recycling, biomethane, renewable energy, grid losses, energy taxes.

**Chornobrov O.<sup>1</sup>, Solomakha V.<sup>1,2</sup>, Solomakha I.<sup>1</sup>, Sabluk W.<sup>3</sup>, Gumentyk M.<sup>3</sup>, Shevchyk V.<sup>4</sup>** Restoration of the field protective forest belts damaged by military activities in the Forest-steppe zone of Ukraine. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 81–91.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *NSC «Institute of beekeeping named after P.I. Prokopovich of NAAS»*

<sup>3</sup> *Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine*

<sup>4</sup> *NSC «Institute of Biology and Medicine» Taras Shevchenko Nation University*

*e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net*

In order to restore field protective forest belts damaged (destroyed) by military activities the field in the Forest-steppe zone of Ukraine, it is necessary to apply a set of measures, which should take into account both the consequences of mechanical, physical and chemical contamination of the soil, as well as partial damage or complete destruction of stands. Post-war restoration of field protective forest belts involves the use of an unconventional set of measures, which include engineering and forestry measures. In connection with the contamination of areas of field protective forest belts with various dangerous chemical substances, it is necessary to consider the issue of land reclamation. Phytoremediation is a promising approach to cleaning contaminated soils, the main advantages of which are high efficiency and relatively low cost. Prospective tree and herbaceous species that can be effective in phytoextraction of heavy metals from the soil of contaminated areas of field protective belts are considered. The need for reconstructive felling in field protective forest belts that have suffered damage, are dying, ineffective and lose their protective functions, is considered. Attention is focused on the possibility of using the natural regeneration of tree and shrub species for the restoration of forest belts. The directions of restoration of field protective forest belts according to the traditional approach, based on many years of experience in forest reclamation, are highlighted. Alternative directions of restoration are proposed, which involve the formation of 6–8 rows of multifunctional stands, which, in addition to forest melioration functions, can be

used in beekeeping, as a source of biomass for energy needs, and recreational activities. The specified approach with maximum involvement in the work of local enterprises, institutions and organizations, as well as the population of communities on a public basis will ensure the restoration of functional and effective field protection forest belts in a short period of time. An important component of the restoration of field protective forest belts is the formation of biocenosis structure elements which are especially important for their effective and full functioning, in particular, shrub and grass layers and the main components of the soil mesofauna and bird fauna. Restoration of field protective forest belts will contribute to the ecological stabilization of agro-landscapes in the Forest-steppe zone of Ukraine, disturbed as a result of military activities.

**Key words:** tree and shrub species, restoration of stands, phytoremediation, multifunctional stands, post-war restoration.

**Shumyhai I.<sup>1</sup>, Dushko P.<sup>1</sup>, Manishevskaya N.<sup>2</sup>** Monitoring of the manifestation of climate changes in Chermeske nature reserve and adaptation of aquatic ecosystems to them. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 92–104.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Detached structural unit «Boyarsky Vocational College of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine»*

*e-mail: innashum27@gmail.com*

Today, the problems of climate change are felt in all regions of the world, including Ukraine. Climatic changes can be both global and regional in nature. Different regions of the country can have different climate changes, from pronounced and rapid changes to less intense changes. The article highlights the main manifestations of regional climate changes in the modern period against the background of global climate change processes. Thus, the amount of atmospheric precipitation for the territory of Chermeske nature reserve in Volyn region. during 20214–2023 changed insignificantly, but the nature and intensity of their precipitation changed noticeably. The data of long-term observations show that the amount of precipitation undergoes certain fluctuations without a pronounced trend of growth or decrease. In general, climate problems are a factor that determines the functioning of aquatic ecosystems. In recent years, Ukraine has fully felt the consequences of a change in the hydrological regime of rivers – both the number of natural disasters and the costs of eliminating their consequences have increased. Modeling of water ecosystems is the basis for solving many practical tasks related to increasing the productivity of reservoirs, improving their water quality, and implementing water protection measures in catchment areas. Pro-

jections of changes in climatic characteristics and extreme weather conditions in Volyn region in 2021–2100 relative to the current climate period were made and the significance and probability of expected changes were assessed. According to the simulation results, the temperature will continue to rise in the future and the amount of precipitation will change throughout the year. An increase in temperature and a change in the humidification regime will lead to a change in the water flow of the rivers of Ukraine and, accordingly, in the water supply of certain regions. Therefore, adaptation to climate change is not only a social, but also an economic necessity. An important mechanism of adaptation in the conditions of climate change is the provision of observations for modern monitoring and forecasting of hydrometeorological processes. The prospect of further research in this direction consists in a more detailed study of the regional manifestation of climate change in the Volyn region, in particular in Cheremske nature reserve and, first of all, in the disclosure of their features on the territory of the region, the study of the mechanisms that cause the detection of climate changes and the study of changes in atmospheric processes in this the region.

**Key words:** restructuring of weather and climate processes, air temperature, precipitation, regional climate model, climate change projections, climate periods, trend forecast.

**Rybalko S., Tsurkan R., Lisovyy M.** Structure and dominance of species of entomological biodiversity of leaf biotopes in Kyiv Polissia. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 105–120.

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*e-mail: lisova106@ukr.net*

Taking into account anthropogenic and climatic factors, which pose a threat to biodiversity, the study of the real state, observation and preservation of the dominant species of entomological biodiversity is extremely relevant. The purpose of this work is to determine the condition, structure and dominance of the entomological species biodiversity of the leafy biotopes of Kyiv Polissia. The studied area was selected for monitoring sites in leafy biotopes of the Kyiv Polissia near the listed settlements: Sukholuchchya, Tolokun, Yasnogorodka, which are located in Vyshgorod district of Kyiv region. Methods, which are tested and recommended for field and laboratory research in entomology, plant protection, and ecology, were used for accounting. Important aspects of research are skills of collecting and analyzing primary information, assessing species richness and diversity, and determining the level of dominance of individual species in the biotope. Collection and accounting of entomological biodiversity were carried out according to generally accepted methods once every 7–10 days at stationary sites. The state and structure of the en-

tomological biodiversity of the leafy biotopes of Kyiv Polissia in 2022–2024 were studied. As a result of the monitoring and accounting of the entomological biodiversity in the leafy biotopes of Kyiv Polissia of Ukraine, 286 species of insects from 51 families of 6 orders were found (phytophages (dominant, omnivorous, specialized), entomophages, pollinators, inert species, etc.). In terms of families and species, the dominant one is the order of *Coleoptera*, which includes 187 species from 22 families being equal 65.3% of the total amount of studied entomological biodiversity. 6 families had the largest number of species: *Ipidae* – 30, *Curculionidae* – 26, *Cerambycidae* – 25, *Aphididae* – 19, *Chrysomelidae* – 18, *Buprestidae* – 18 (46% of the total number of species). The number of dominant species of insects in the leafy biotope ranged from 60 to 257 specimens per accounting unit. The most numerous species were *Melolontha melolontha* Linnaeus, 1758 – 257 specimens; *Lampronia pubicornis* Haworth, 1828 – 218 copies and *Psylla betulae* Linnaeus, 1747 – 186 sample. Based on the results of the research, the list was compiled and analysis of the current state of the entomofauna of deciduous biotopes in the research region was carried out.

**Key words:** deciduous forest, biological diversity, monitoring, *Betula pendula* Roth., entomofauna, dominant species

**Palapa N., Ustymenko O.** Assessment of atmospheric air quality of rural residential areas under the influence of pig farms. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 121–131.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: palapa60@ukr.net*

Livestock waste is a source of emissions of ammonia, methane and other gases into the air. When stored in open lagoons or applied to fields in large quantities, the local population living near industrial farms suffers from an unpleasant specific smell. Modern boundaries of sanitary protection zones are usually insufficient to prevent the spread of unpleasant odors, which cause a decrease in well-being, immunity, allergic reactions, and respiratory diseases. The article highlights the state of the sub-sector of pig farming in Ukraine, since 1990, its gradual development and the impact of the «National Taste» pig farm on the atmospheric air (ammonia and hydrogen sulfide content) of the settlement zone of Lytviaky settlement of Lubny District, Poltava Region. It has been established that the existing dimensions (300–400 m) of the sanitary protection zone of the pig farm have a negative effect on the content of ammonia and hydrogen sulfide in the air of the settlement zone, the spread of unpleasant odors in the air, and do not meet the sanitary norms of planning and development of settlements, according to which the sanitary zone must be at least 1500 m to the settlement if there are 14000 pigs per year. It was also found that with the



increase in the number of pigs during 2015–2018, the ammonia content in the air of the residential area also increased, exceeding the average daily MPC by 2.5 and 8 times, and hydrogen sulfide by 1.13–2.75 times with a maximum single dose of 0.008 mg/m<sup>3</sup>. In order to reduce the anthropogenic load on the environment, and better yet, to avoid environmental problems arising in the area of influence of pig farms, especially large industrial ones, it is necessary to carry out environmental monitoring and constant control by regulatory bodies regarding compliance with the norms of technological design and the fulfillment of requirements regarding waste management.

**Key words:** development of pig farming, air pollution, ammonia, hydrogen sulfide, environmental problems, livestock waste.

**Bunas A., Tkach Ye., Dvoretzky V.** Biopreparations in Ukraine and in the world: trends and perspectives. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 132–140.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: bio-206316@ukr.net*

Biopreparations are environmentally safe means of plant protection and an indisputable alternative to pesticides and agrochemicals. The sector of biological preparations where the active agent is microorganisms (bacteria, micromycetes, streptomycetes) is the largest and accounts for more than 60%. More than 500 companies from the USA, the European Union, China, India, etc. are the world leaders in the production of biological preparations. The most famous leaders of biological preparations are BASF SE, Syngenta AG, Bayer AG, UPL, Corteva Agriscience and many others. In 2023, the global market for biological preparations was 5.23 billion US dollars, by 2032 it is predicted to grow at the level of 20.4 billion dollars. In today's conditions, 24 bioenterprises operate in Ukraine, which offer domestic agricultural producers more than 38 biopreparations of various effects. In recent years, Ukrainian market of biological preparations has undergone significant changes, the share of demand for inoculants (nitrogen fixers) decreased from 65% to 27.2% in favor of biofungicides, where interest increased from 27% to 63.5%. An equally important characteristic of a biological preparation for manufacturers is the method of introduction into the agroecosystem. The most popular are biological preparations for foliar treatment in the form of a spray – 64%, treatment of pre-sowing material (seeds) – 23, introduction into the soil – 10, destructors and preparations for storing the crop no more than 3%. No less important is the preparation form of the biological preparation, which affects the method of application, shelf life and compatibility with other drugs. On the market, the most offers are liquid and in the form of a suspension of biological preparations – more than 60%, powder (dry form) – 30, granular – less than 10%. Degradation of 33% of the soil in the world,

environmental pollution, emergence of resistant pests and diseases of agricultural crops, constantly growing population and shortage of ecologically safe food resources for mankind contribute not only to the popularization of biological preparations, but also make them an undoubted trend for agricultural producers. All this is related to the advantages of biological preparations, namely, high biological activity to the selected target, absence of after-effects and a waiting period from processing to harvesting, phytotoxicity, emergence of resistance to pests and phytopathogens, safety for warm-blooded animals and humans, cost-effectiveness.

**Key words:** biological preparations, microorganisms, bacteria, micromycetes, bioinsecticides, biofungicides, destructors, inoculants, biorodenticides, biocontrol agents (BCAs).

**Tsvihun V., Tkach Ye.** Monitoring and diagnosis of viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in agroecosystems of Ukraine. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 141–149.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: vika-natcevich@ukr.net*

Ukraine, as an agrarian state, is not immune to the challenges associated with the development and spread of viral plant diseases in agroecosystems. In addition to the direct ecological damage, there is a risk of introducing new viral pathogens and their establishment in our fields, the consequences of which are difficult to predict. The widespread, uncontrolled use of chemical plant protection agents and the disruption of crop rotation practices contribute to the spread of viral plant diseases and the emergence of new, resistant mixed infections with increased pathogenicity. Around 70 pathogens have been identified in sunflower crops, leading to annual yield losses of 20–45%, as well as a decline in seed quality and its suitability for sowing. The aim of this study was to analyze the current state of virus distribution affecting sunflower crops, with an identification of the viral species in certain regions of Ukraine, and to test commercial seeds of different sunflower varieties. This study employed a range of methods, including visual diagnostics, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) in various modifications, biological testing, and statistical data analysis. Through visual diagnostics, various symptoms of viral diseases were identified. The symptoms manifested in plants as necrosis, yellow-green mosaic, swelling, leaf crinkling, enations, leaf blade curling, and plant dwarfing. As a result of testing 205 selected sunflower plant samples, 93 samples yielded positive results with test systems for cucumber mosaic virus (37 samples), tomato spotted wilt virus (35 samples), and tobacco mosaic virus (21 samples). It is noteworthy that plants infected with cucumber mosaic virus were detected in all research zones. Tomato spotted wilt virus was observed in the Forest-Steppe zone (Kyiv and Vinnytsia

regions), while tobacco mosaic virus was characteristic of the southern region of Ukraine (Odesa region). The infectious properties of the isolated viruses were studied using biological testing on indicator plants. The infections were carried out with virus-containing plant samples from Kyiv, Odesa, Vinnytsia, and Cherkasy regions. The results on indicator plants infected with the isolated viral strains showed symptoms such as mosaic and leaf necrosis, characteristic of the studied viruses. Biological testing confirmed the infectious nature of the isolated strains of cucumber mosaic virus, tomato spotted wilt virus, and tobacco mosaic virus, as infected indicator plants exhibited typical viral symptoms, while control plants showed no symptoms. The seeds of 10 sunflower varieties were analyzed for viral pathogen contamination. Viral antigens were detected in the following seed varieties: Shannon, Amato, Sandera, Forward, Sunny Mood and NS SUMO 556. Overall, viral antigens were identified in the commercial sunflower seeds cucumber mosaic virus and tomato spotted wilt virus.

**Key words:** tomato spotted wilt virus (TSWV), cucumber mosaic virus (CMV), tobacco mosaic virus (TMV), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), symptoms, indicator plants.

**Levishko A., Mamenko P., Kolodiaznyi O.** Compatible action of chemical and biological components in a blend for soybean (*Glycine max* L.) seed treatment. Agroecological journal. 2024. No. 4. P. 150–160.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: alodua2@gmail.com*

Using the phenomenon of biological nitrogen fixation is one of the most effective and eco-friendly ways for nitrogen nutrition of plants. The most famous example of biological nitrogen fixation implementation is the use of inoculants for pretreatment of soybean seeds. At the same time, some features of agricultural technology, such as the use of chemical pesticides, growth regulators or trace elements for seed treatment, reduce the efficiency of nodulation and, accordingly, the productivity of leguminous crops. On the other hand, not using pesticide poisons leads to crop losses due to the affect of pests. Today, the issue of compatibility for chemical and biological preparations remains unsolved, the data on their safe blending are quite contradictory and ambiguous. The aim of the work was to estimate the influence of fungicides, microfertilizers and growth regulators on the ability to survive of microbial component of inoculants on seeds during long-term storage, and the sowing quality of soybean seeds under the conditions of its treatment with multicomponent complexes. *Bradyrhizobium japonicum* EL 35 strains from the collection of the Department of Agroecology and Biosafety of the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Agrarian Sciences were used

in the experiment. The inoculant Wealth N, which contains active strains of *Rhizobium* (*B. japonicum* mix), was taken as a standard. Soybean seeds were treated with the following substances: Fungicide-1 – (fludioxonil 25 g/l, metalaxyl-M 10 g/l) – 1 l per ton of seeds; Fungicide-2 – (thiophanate methyl 435 g/l, kresoxim-methyl 50 g/l, cymoxanil 15 g/l) – 1 l per t of seeds; Biostimulant – (amino acids 200g/l) – 0.121 per ton of seeds; Humates – potassium humate (liquid 18%) – 0.8 l/t of seeds; Microelements (chelated complex of EDTA Fe, Mn, Cu, Zn and Mg, B, Mo) – 0.25 kg per ton of seeds. It was shown that, with the exception of trace elements, co-incubation of *B. japonicum* EL 35 and Wealth N with fungicides and biostimulants for up to 24 hours did not affect the titer of microorganisms. In the tank mixture with trace elements, the titer of *Rhizobium* decreased by 10–20% after 1 hour, and after a day the decrease was 62 and 43% for *B. japonicum* EL 35 and Wealth N respectively. In the future, we did not involve microelements for creating complexes. Pretreatment of soybean seeds with tank mixes of inoculants with fungicides and biostimulants showed that the titer of microorganisms practically does not decrease within 7 days. A study of the impact of complex treatments on the sowing quality of seeds showed that scientifically based selection of components allows to increase the energy of germination by 11%, and germination from 4 to 6%. However, this statement is true only for seeds that have partially lost their qualities during long-term storage. Presowing seed treatment of the 2023 crop with reference indicators of germination and germination energy did not show such an effect. Thus, the joint treatment of seeds with chemical poisons, inoculants and plant growth regulators based on amino and humic acids is an effective tool for simultaneous protection and improvement of seed quality.

**Key words:** biological preparations, *Bradyrhizobium*, fungicide, microfertilizer, humates, soybean seeds.

**Hunchak M.** Biological method of apple trees protection against apple powdery mildew (*Podosphaera Leucotricha* Salm.) in the Western Forest Steppe of Ukraine. Agroecological journal. 2024. No. 4. P. 161–169.

*Chernivtsi regional center of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

*e-mail: chernivtsy\_grunt@ukr.net*

It was established that the studied biological preparations in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine in 2021–2022 showed high effectiveness against apple powdery mildew. The disease manifested itself in the period from the «bud extension» phenophase to the «pink bud» phenophase, affecting 1.5–1.6% of apple leaves. Further, the level of disease spread increased during the flowering of the apple tree to 3.4–4.1%, at the end of flowering – to 6.5–9.6%, in the «period of fruit formation» – to

9.8–17.9%, in the phenophase of «fruit growth», when the fruit was the size of a hazel – up to 12.6–18.0%. In the «fruit growth» phase, when the fruit was the size of a walnut, the level of powdery mildew spread reached values of 15.3–18.1% of the affected leaves. The highest efficiency was obtained when using the preparation Fluorescin BT, at the rate of 2.0 l/ha in the «fruit growth» phenophase, when the fruit was the size of a walnut – 73.0%. The lowest efficiency was obtained from the use of Fitosporin BT, r. at the rate of 5.0 l/ha and Bactofit BT, r. at the rate of 3.0 l/ha in the «pink bud» phenophase – 43.4%. The use of the Bactofit BT preparation, r. in the norm of 3.0; 4.0 and 5.0 l/ha reduced the development of powdery mildew by 43.4–69.5% 7 days after treatment. The yield with the use of this preparation was from 11.5 to 11.6 t/ha. Efficiency of use of Fluorescin BT, r. in the norm 1.0; 1.5 and 2.0 l/ha 7 days after spraying was 49.2–73.0%, with yields from 11.5 to 11.6 t/ha. When using the preparation Fitosporin BT, the norm is 5.0; 7.0 and 10.0 l/ha were effective against apple powdery mildew 7 days after spraying in the range of 43.4–61.5%. The yield with the use of this preparation was from 11.5 to 11.6 t/ha. For the use of the preparation Ampelomycin BT, r. in the norm 2.0; 4.0 and 6.0 l/ha, the efficiency 7 days after treatment was 45.1–68.6%, and the yield was from 11.4 to 11.6 t/ha. Effectiveness of Topaz 100 ES fungicide, k.e. at the rate of 0.4 l/ha, which was used as a chemical standard, against powdery mildew was 83.6–86.7%, with an apple yield of 12.1 t/ha. Research and calculations have shown that the largest conditional net income and the highest profitability were obtained from the use of the preparation Fluorescin BT, r. – 1743.0–2448.0 UAH/ha and 167.3–212.5%. The payback threshold of this preparation was the lowest and showed that to cover the costs of applying the preparation, an increase in yield of 0.11–0.15 t/ha is necessary. When using the preparation Bactofit BT, they received conditional net income in the amount of UAH 573.0–1083.0/ha, at a profitability level of 26.9–55.4%, and the payback threshold was 0.19–0.28 t/ha. Three-time application of the preparation Ampelomycin BT, r. made it possible to obtain conditional net income in the amount of UAH 453.0–693.0/ha, profitability from 23.8 to 33.6% and a payback threshold of 0.15–0.32 t/ha. The lowest income among the preparations used against powdery mildew was obtained from the use of Fitosporin BT, r. – from 369.0 to 873.0 UAH/ha, with a profitability level of 15.8–47.8%. The payback threshold for the use of this preparation is 0.20–0.34 t/ha, which is the highest among the studied preparations.

**Key words:** apple plantations, diseases, biological preparations, technical efficiency.

**Zabarnyi O.** Influence of sowing dates and norms on winter hardiness of winter rape (*Brassica napus* L.) hybrids. Agroecological journal. 2024. No. 4. P. 170–177.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: zabarnyy@ukr.net*

One of the economically attractive export crops in Ukraine is winter rape (*Brassica napus* L.). Due to the wide range of uses of its processed products in the world, the area under this crop in Ukraine is growing from year to year. It is known that the survival of rapeseed in winter is complicated by the fact that the loss of grass can be caused by one or more abiotic and biotic factors, including poor plant survival, low temperatures and their duration, dry soil, and damage by diseases and pests. Therefore, the study of seeding rates and sowing dates for winter rape to increase the level of winter hardiness is an urgent task for domestic science. Although rapeseed is a winter crop, it can be quite sensitive to a sharp drop in air temperature, especially in the absence of snow cover. Such risks arise in the second half of the winter period, when most of the carbohydrates accumulated in the root system have already been used to maintain plant life. An important agrotechnical measure that directly affects the wintering of winter rape plants is the choice of seeding rates and timing. The choice of these indicators depends on many factors, ranging from the biology of the crop to the immediate conditions of the area. Therefore, farmers should choose winter rape hybrids based on their initial growth rate and winter hardiness. One of the indicators of successful preparation of winter rape plants for wintering is the average number of formed leaves per plant. It was noted that at the optimal sowing time in the Pancher hybrid, the number of leaves was in the range of 7.4–9.7 pcs./plant, while for the Fencer hybrid – 8.2–10.6 pcs./plant. At late sowing dates, the number of leaves in the Pancher hybrid decreased to 6.2–8.5 pcs./plant, while in the Fencer hybrid – to 7.3–9.4 pcs./plant. At the optimal sowing time with a rate of 500 thousand units/ha, the diameter of the root collar of winter rape hybrids was 0.82–0.84 cm, while the height of the growth point above the soil level was 2.18–2.35 cm. It was noted that a decrease in the seeding rate from 500 to 200 thousand units/ha reduced intraspecific competition for light, moisture and nutrients. Therefore, in these variants, there was an increase in the thickness of the root collar by 30–35% and a decrease in the height of the growth point above the soil level by 12–20%. Cultivation of winter rape hybrids at optimal sowing dates contributed to the fact that the survival rate of plants during the winter period was 86.3–88.1% at a sowing rate of 500 thousand units/ha, 89.0–89.4% at 400 thousand units/ha, 90.2–90.4% at a rate of 300 thousand units/ha and 91.5–92.0% at a rate of 200 thousand units/ha. At late sowing dates, there was a slight overall decrease in the survival rate by 0.5–2.2%. However, there was no significant difference in the level of survival between Pancher and Fencer hybrids.

**K e y w o r d s:** number of leaves, growth point, root collar, height, density, survival.

**Slyusar I.<sup>1</sup>, Serbeniuk V.<sup>1</sup>, Povydalo V.<sup>1</sup>, Tarasenko O.<sup>1</sup>, Serbeniuk G.<sup>2</sup>** CO<sub>2</sub> emission, intensity and biological activity of drained organic soils depending on the methods of their use under the conditions of climate change. *Agroecological journal*. 2024. No. 4. P. 178–191.

<sup>1</sup> *National Scientific Center*

«*Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences*»

<sup>2</sup> *National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*

*e-mail: serbenukvo@ukr.net*

The process of mineralization of peatlands in the conditions of the humid zone of Ukraine is an important ecological indicator that affects the emission of carbon dioxide and is therefore an extremely important factor, taking into account which, the choice of the method of their use, the selection of crops in crop rotation and the implementation of the main soil cultivation should be carried out. The area of organic soils in Ukraine is about 1 million/ha, which is an important component of the cycle of carbon dioxide in nature, and with large indicators of its emission, it is possible to influence the change. It was found, that in the conditions of drained organic soils, the intensity of CO<sub>2</sub> emission, as a rule, significantly depended on soil moisture. Both over-drying of the soil and its over-moistening have a negative effect on the

biological activity of the soil, the optimal conditions of which are at ground water levels of 60–120 cm from the soil surface. Scientific studies have revealed that the release of CO<sub>2</sub> and the decomposition of flax tissue (by the application method) on different crops in crop rotation under different systems of mineral fertilization significantly affect mineralization and depend on the methods of using drained organic soils. Studies have revealed that the processes of biological activity of drained organic soils and the decomposition of linen cloth in the 0–30 cm layer of the soil have a direct connection and affect the release of carbon dioxide from the soil, which in turn changes the formation of the nutrient regime of the soil and the productivity of agricultural crops. Based on the results of scientific research, it was established that the methods of using drained organic soils significantly affect the intensity of peatland mineralization and the emission of CO<sub>2</sub> from the soil. The use of drained organic soils for calcification of perennial grass mixtures helps to reduce the intensity of mineralization of organic matter in peatlands by 21–53%. Such measures affect the preservation of organic soils, contribute to the reduction of excess release of carbon dioxide into the atmosphere, and the amount of decomposition products of organic matter decreases, which leads to a decrease in leaching and pollution of river and soil waters by biogenic substances.

**K e y w o r d s:** biogenic substances; soil respiration; carbon dioxide; mineralization of organic matter; fertilization; nutritional regime; productivity; crop capacity.

---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**БАРАНОВСЬКА** Наталія Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: baranovska23074@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4391-7174>)

**БЕЛІМЕНКО** Сергій Валерійович, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: belimenkosergiy@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6873-6133>)

**БУНАС** Альона Анатоліївна, кандидат біологічних наук, старший дослідник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-7004>)

**БУЦЕНКО** Людмила Миколаївна, доктор біологічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна (e-mail: l.m.butsenko@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3575-4289>)

**ГЕРАСИМОВА** Олена Володимирівна, кандидат педагогічних наук, доцент, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: gerasimovaalena79@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2993-2723>)

**ГУМЕНТИК** Михайло Ярославович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, Україна (e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9052-9650>)

**ГУНЧАК** Михайло Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, Чернівецький регіональний центр Державної установи «Держґрунтохорона», м. Чернівці, Україна (e-mail: gunchak00@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-8531>)

**ДВОРЕЦЬКИЙ** Володимир Володимирович, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8427-7813>)

**ДРЕБОТ** Оксана Іванівна, доктор економічних наук, професор, академік НААН, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: drebot\_oksana@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>)

**ДУШКО** Павло Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-0342>)

**ЗАБАРНИЙ** Олексій Сергійович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: zabarnyy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3337-9386>)

**КОЛОДЯЖНИЙ** Олександр Юрійович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: alodua2@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5359-1738>)

**КОЛОМІЄЦЬ** Юлія Василівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: julyja12345@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1919-6336>)

**КОНІЩУК** Василь Васильович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>)

**КОНЯКІН** Сергій Миколайович, кандидат географічних наук, Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: ser681@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6715-5707>)

**ЛЕВІШКО** Алла Сергіївна, кандидат біологічних наук, старший дослідник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: alodua2@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4037-1730>)

**ЛІСОВИЙ** Микола Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: lisova106@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7289-1098>)

**МАМЕНКО** Павло Миколайович, кандидат біологічних наук, старший дослідник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: p\_mamenko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9945-8462>)



**МАНІШЕВСЬКА Надія Миколаївна**, Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», м. Боярка-2, Київська обл., Україна (e-mail: manishevskan@ukr.net)

**МАРТИНЕНКО Василь Валентинович**, доктор філософії, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>)

**МОРОЗОВА Тетяна Василівна**, кандидат біологічних наук, доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна (e-mail: tetiana.morozova@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4836-1035>)

**МУДРАК Олександр Васильович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік АНВШУ, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: ov\_mudrak@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1776-6120>)

**ПАЛАПА Надія Василівна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: palapa60@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3748-6414>)

**ПАЛЯНИЧКО Ніна Іванівна**, доктор економічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування, м. Київ, Україна (e-mail: spalianychko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-9634>)

**ПАСТІЧНИК Лідія Анатоліївна**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна (e-mail: imv\_phyto@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5662-3106>)

**ПОВИДАЛО Валерій Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: povidal04@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8487-4463>)

**ПОЛІЩУК Віктор Миколайович**, кандидат географічних наук, доцент, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: vpolischuk7@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2810-2183>)

**РАЙЧУК Людмила Анатоліївна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроєкології і природокористування

НААН, м. Київ, Україна (e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>)

**РИБАЛКО Сергій Олексійович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: fisher\_r@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4616-7167>)

**САБЛУК Василь Трохимович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, Україна (e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6124-4346>)

**СЕРБЕНЮК Віктор Олексійович**, кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «ІЗ НААН», с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: serbenukvo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0175-6611>)

**СЕРБЕНЮК Ганна Анатоліївна**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: bojruw@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-0623>)

**СЛЮСАР Іван Тимофійович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, ННЦ «ІЗ НААН», с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: sliusarit@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8980-5160>)

**СОЛОМАХА Володимир Андрійович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна; Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича НААН», м. Київ, Україна (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3975-5366>)

**СОЛОМАХА Ігор Володимирович**, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: i\_solo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8853-2973>)

**ТАРАСЕНКО Олександра Андріївна**, кандидат сільськогосподарських наук, Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», с. Панфили, Яготинський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: sanenia@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2847-0939>)

**ТКАЧ Євгенія Дмитрівна**, доктор біологічних наук, старший дослідник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: bio\_eco@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0666-1956>)

**УСТИМЕНКО Олексій Васильович**, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., Україна (e-mail: ukrvilar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5321-6812>)

**ЦВІГУН Вікторія Олександрівна**, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vika-natcevich@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9517-9810>)

**ЦУРКАН Роман Петрович**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: romanpetrovuch80@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5986-9365>)

**ЧОБОТЬКО Григорій Михайлович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: chobotko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8228-4331>)

**ЧОРНОБРОВ Олександр Юрійович**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ,

Україна (e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8251-1573>)

**ШВИДЕНКО Ірина Костянтинівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: favor09@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-8968>)

**ШЕВЧИК Василь Леонович**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна (e-mail: shewol@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5981-3776>)

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

---

---

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

---

---

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду оригінальні статті, підготовлені на високому науковому рівні, що мають важливе теоретичне, практичне значення та висвітлення результатів наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів. У журналі публікуються закінчені експериментальні і дослідні роботи, а також оглядові статті, які раніше не були надруковані за наступними напрямками: актуальні проблеми екології, аграрні науки і продовольство, біологічні науки, економічні науки, лісове господарство, технологія виробництва та переробки продукції тваринництва.

Кожна стаття обов'язково проходить перевірку на плагіат та анонімне рецензування провідними фахівцями з відповідного наукового напрямку. За висновком рецензента стаття може бути рекомендована до друку чи відхилена або повернена для доопрацювання.

Подані статті мають бути структуровані відповідно до вимог ВАК України щодо наукових статей (Постанова Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1), зокрема:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання визначеної проблеми, і на які спирається автор;
- виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;
- викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Статті подають українською або англійською мовами. До статті додають анотації українською та англійською мовами обсягом 200–250 слів (1800–2000 знаків), ключові слова (5–10), що не дублюють назву,

а також відомості про авторів (прізвища, ініціали, місце їх роботи/навчання).

Публікації англійською мовою приймаються тільки за умови їх професійного перекладу. За подачі англійського варіанту, перекладеного з допомогою інтернет-перекладачів (напр., Google), матеріали будуть відхилені.

До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи всі матеріали (анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки).

У тексті статті мають бути виділені розділи «ВСТУП», «АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ» «МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ», «РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ», «ВИСНОВКИ», «ЛІТЕРАТУРА».

**Розділ «Аналіз останніх досліджень і публікацій»**, повинен розкрити стан досліджень проблеми у вітчизняній і світовій науковій літературі за останні 5 років.

**В описі методики досліджень** наводиться детальне викладення методів і методик з посиланням на першоджерело (схеми дослідів, повторність, методи лабораторного аналізу, методи статистичної обробки). Якщо в тексті є аббревіатура, подавати її в дужках при першому згадуванні. Автори мають дотримуватися правильної галузевої термінології (див. ДСТУ, СОУ), терміни мають бути уніфікованими.

**Викладення результатів досліджень** має заключатись не в переказі змісту таблиць і рисунків, а у визначенні закономірностей, що з них випливають. В обговоренні результатів слід показати причинно-наслідкові зв'язки між одержаними ефектами, порівняти одержані дані та показати їх новизну. Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях, графіках неприпустимо.

**Література** (до 25 джерел) мовою оригіналу оформлюється відповідно до АРА (American Psychological Association) стилю. На кожне джерело в списку літератури повинно бути хоча б одне посилання в тексті,

яке слід вказувати у квадратних дужках із послідовною нумерацією.

Редакція рекомендує уникати посилання на роботи 10-річної давнини і більше. Посилання на власні роботи авторів статті допускається, однак не більше 10% від загальної кількості джерел.

**Макет сторінки.** Для оригінал-макета використовується формат паперу — А4, орієнтація — книжкова, поля з усіх сторін — 20 мм.

**Гарнітури, розміри шрифтів та начертання:** для заголовку статті та розділів: Times New Roman — 14 пт, напівжирний, прописні, великі літери; для УДК, основного тексту, анотацій, відомостей про авторів, підписів до рисунків та назв таблиць, літератури, references: Times New Roman — 14 пт; міжрядковий інтервал — 1,5; абзац — 1,25 см.

**Типографські погодження та стилі.** По центру у першому рядку сторінки вирівнюється тематична рубрика, до якої автор подав свою публікацію. Надалі індекс УДК

набирається і вирівнюється за лівим краєм. Заголовок статті набирається в наступному за УДК рядку і вирівнюється посередині. Потім вказують: прізвища, ініціали авторів (ліміт — п'ять осіб), нижче — місце роботи/навчання, адреса електронної пошти, код ORCID автора (курсивом). Якщо автори з різних установ, після прізвища авторів та назв установ, у яких працюють/навчаються автори, слід проставити один і той самий верхній цифровий індекс. Далі розташовують анотацію та ключові слова мовою оригіналу статті (курсив); текст статті; відомості про авторів.

**Таблиці** мають бути виконані в Microsoft Office Word; **формули** — у редакторі формул MS Equation; **графіки** — у Microsoft Office Excel, **фотографії** — у форматі .jpg, .tif або надавати оригінали. Також всі рисунки (графіки) додатково надсилаються на окремому аркуші — у Microsoft Office Excel.

Відповідальність за зміст статті несе автор. Рукописів редакція не повертає.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

**ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН**

вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143.

Довідки за тел. (044) 522-60-62;

*e-mail: agroecojournal@ukr.net*

---