

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

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



**2024**

---

Виходить чотири рази на рік

## ЗАСНОВНИКИ

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

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

**Всеукраїнська громадська організація  
«Асоціація агроєкологів 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 агроєкології і природокористування НААН  
(протокол № 5 від 16 травня 2024 р.)**

**Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23578-13418 ПР від 27.09.2018.**

---

---

Підписано до друку 11.06.2024 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 12,9. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-02-24.  
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

---

---

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

---

---

2 • 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>GUDKOV I.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof.,<br/>Academician of NAAS (Ukraine)</i>               | <b>FURDYCHKO O.</b> ,<br><i>Doctor of Economic and Agricultural Sciences, Prof.,<br/>Academician of NAAS (Ukraine)</i> |
| <b>DEMYANYUK O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,<br/>Corresponding member of NAAS (Ukraine)</i> | <b>CHOBOTKO G.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  |
| <b>DOBRYAK D.</b> ,<br><i>Doctor of Economics Sciences, Prof.,<br/>Corresponding member of NAAS (Ukraine)</i>      | <b>SHERSTOBOEVA O.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                    |
| <b>ZAITSEV Yu.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Ukraine)</i>  | <b>SHERSHUN M.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Senior Researcher<br/>(Ukraine)</i>                            |
| <b>KONISHCHUK V.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                    | <b>SHKURATOV O.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Ukraine)</i>   |
| <b>KOPIY L.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                       | <b>YUKHNOVSKYI V.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     |
| <b>KOSTENKO S.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                      | <b>WALAT W.</b> ,<br><i>Doctor of Humanities Sciences, Prof. (Poland)</i>  |
| <b>LESOVOY N.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     | <b>DURSUN S.</b> ,<br><i>PhD, Prof. (Turkey)</i>   |
| <b>MUDRAK O.</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>NAGORNIUK O.</b> ,<br><i>Candidate of Agricultural Sciences, Docent (Ukraine)</i>                               | <b>COELHO PINHEIRO M.</b> ,<br><i>PhD, Prof. (Portugal)</i>  |
| <b>PALAPA N.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences,<br/>Senior Researcher (Ukraine)</i>                      | <b>SOBCZYK V.</b> ,<br><i>Doctor of Agricultural Sciences, Prof. (Poland)</i>  |
| <b>PARFENYUK A.</b> ,<br><i>Doctor of Biological Sciences, Prof. (Ukraine)</i>                                     | <b>OKABE Y.</b> ,<br><i>Doctor of Economic Sciences, Prof. (Japan)</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)  
**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)

- Чоботко Г.М., Райчук Л.А., Швиденко І.К., Уманський М.С.**  
Від кризи до відновлення: наукові здобутки Інституту агроекології і природокористування НААН у мінімізації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС
- Гуцуляк Г.Д., Височанська М.Я., Сахарнацька Л.І.**  
Агроекологічні проблеми територіальних громад Карпатського регіону та шляхи їх вирішення
- Паляничко Н.І., Гром В.Ю.**  
Оподаткування сільськогосподарських товаровиробників у контексті продовольчої безпеки: еколого-економічні аспекти
- Ковалів О.І.**  
Тиражування правдивих знань конституційного земельного права — основа сталого природокористування в Україні
- Конякін С.М., Бурда Р.І., Буджак В.В.**  
Атрибутивний аналіз фракції антропофітів у складі урбанофлори Київської міської агломерації (клімаморфотип, час, спосіб імміграції, географічне походження)
- Бондаренко О.Ю., Мартиненко В.В.**  
Представники роду *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*) у флорі пониззя межиріччя Дністер — Тилігул
- Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П., Скиба В.В., Присяжнюк Н.М., Нагорнюк О.М.**  
Динаміка вмісту <sup>137</sup>Cs у вищих водяних рослинах Київського та Канівського водосховищ
- Мудрак О.В., Морозова Т.В.**  
Екологічний моніторинг йоду в пасторальних екосистемах
- Мороз В.В.**  
Кліматостабілізуюче значення захисних лісових насаджень лінійного типу Житомирського Полісся
- Мудрак О.В., Мудрак Г.В., Антонюк Ю.А., Рябоконт О.І., Герасімова О.П.**  
Екологічна оцінка природних комплексів регіонального ландшафтного парку «Середнє Побужжя»: теорія та практика
- 6 **Chobotko G., Raichuk L., Shvydenko I., Umanskii M.**  
From crisis to recovery: scientific endeavors of the Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS of Ukraine in minimizing the consequences of the Chornobyl accident
- 17 **Hutsuliak H., Vysochanska M., Sakharnatska L.**  
Agroecological problems of territorial communities in the Carpathian region and ways to solve them
- 24 **Palianychko N., Hrom V.**  
Agricultural manufacturers taxation in the context of food security: environmental and economic aspects
- 33 **Kovaliv O.**  
Replication of the true knowledge of constitutional land law is the basis of sustainable nature management in Ukraine
- 45 **Koniakin S., Burda R., Budzhak V.**  
Attributive analysis of the anthropophytes fraction as a part of the urban flora of Kyiv urban area (climamorphotype, residence time category, pathway of introduction into Ukraine and geographical origin)
- 52 **Bondarenko O., Martynenko V.**  
Representatives of the *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*) genus in the flora of the Dnister — Tiligul river bottom
- 65 **Volkova O., Belyaev V., Pryshliak S., Skyba V., Prysiazhniuk N., Nagorniuk O.**  
Dynamics of <sup>137</sup>Cs content in higher aquatic plants of Kyiv and Kaniv Reservoirs
- 72 **Mudrak O., Morozova T.**  
Ecological monitoring of iodine in pastoral ecosystems
- 80 **Moroz V.**  
Climate stabilizing value of oak shelterbelts in Zhytomyr Polissia
- 90 **Mudrak O., Mudrak H., Antonjuk Yu., Ryabokon O., Herasimova O.**  
Ecological assessment of natural complexes in «Serednie Pobuzhzhia» regional landscape park: theory and practice

**Корсун С.Г., Болоховська В.А.,  
Болоховський В.В., Хоменко Т.О.,  
Борко Ю.П., Дем'янюк О.С.,  
Костина Т.П.**

Агроекологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями

**Єрмішев О.В., Шумигай І.В.**

Еколого-порівняльний аналіз впливу чинника погоди за комбінованого впливу геліомагнітних бур на вегетативний баланс хлопців різного віку

**Лунгул А.О., Журба М.А., Пиріг О.В.,  
Омельяненко О.М., Болоховська В.А.,  
Болоховський В.В., Хоменко Т.О.**

Вплив біодеструкторів на секвестрацію лабільних вуглецевих сполук у ґрунті

**Голодна А.В., Грицюк Я.В.**

Фотосинтетична продуктивність посіву сої (*Glycine max* L.) за різних систем удобрення та передпосівного оброблення насіння

**Гуменний Д.В., Гаврилюк Л.В.,  
Безноско І.В., Горган Т.М.,  
Гентош Д.Т., Башта О.В.**

Моніторинг основних хвороб помідора (*Solanum lycopersicum* L.) та методи мікробіологічного контролю фітопатогенів

**Мусич О.Г., Зубко О.В., Душко П.М.**

Позакореневе живлення рослин: актуальність, потреби, виконання завдань

**Савчук О.І., Приймачук Т.Ю.,  
Дребот О.В., Кудрик А.П., Цуман Н.В.**

Агроекологічна та економічна оцінка органічної сівозміни в зоні Полісся

**Подоба Ю.В., Пінчук В.О.,  
Тертична О.В., Безноско І.В.**

Оцінювання продуктів анаеробного зброджування органічної сировини з пташиного посліду за мікробіологічними показниками

100 **Korsun S., Bolokhovska V.,  
Bolokhovskiy V., Khomenko T.,  
Borko Yu., Demyanyuk O.,  
Kostyna T.**

Agroecological substantiation of meliorative factors for restoration of soils disturbed by military actions

113 **Yermishev O., Shumyhai I.**

Ecological and comparative analysis of the influence of the weather factor under the combined effect of heliomagnetic storms (HMS) on the vegetative balance of boys of different ages

126 **Lungul A., Zhurba M., Pyrih O.,  
Omelianenko O., Bolokhovska V.,  
Bolokhovskiy V., Khomenko T.**

Influence of biodestructors on sequestration of labile carbon compounds in the soil

133 **Golodna A., Hrytsiuk Y.**

Photosynthetic productivity of soybean (*Glycine max* L.) crops under various fertilization options and pre-sowing seed treatment

143 **Humenny D., Havryliuk L.,  
Beznosko I., Horgan T.,  
Gentosh D., Bashta O.**

Monitoring of main tomato (*Solanum lycopersicum* L.) diseases and methods of microbiological control of phytopathogens

155 **Musych O., Zubko O., Dushko P.**

Root nutrition of plants: relevance, needs, problem solving

166 **Savchuk O., Prymachuk T.,  
Drebot O., Kudryk A., Tsuman N.**

Agroecological and economic assessment of organic crop rotation in Polissia zone

174 **Podoba Yu., Pinchuk V.,  
Tertychna O., Beznosko I.**

Assessment of products of anaerobic fermentation of organic raw material from poultry last by microbiological indicators

#### ЮБІЛЕЇ

П.І. Бойку – 90 років

#### Реферати

Відомості про авторів

Правила для авторів

#### JUBILEES

P.I. Boyko – 90

#### Abstract

Information about the authors

Rules for the authors

# ВІД КРИЗИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ: НАУКОВІ ЗДОБУТКИ ІНСТИТУТУ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН У МІНІМІЗАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

Г.М. Чоботко, Л.А. Райчук, І.К. Швиденко, М.С. Уманський

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

*e-mail: chobotko@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8228-4331*

*e-mail: edelvice@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2552-4578*

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

*e-mail: nikum1@ukr.net*

*Висвітлено участь науковців Інституту агроекології і природокористування НААН у подоланні та мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи впродовж 1986–2024 рр. Показано, що історія розвитку радіоекологічних досліджень в Інституті бере свій початок із перших днів після аварії на Чорнобильській АЕС. Фактично з цього часу розпочався відлік роботи з радіаційного моніторингу сільськогосподарських угідь, які зазнали аварійного впливу. Одним із найважливіших напрямів роботи у цей період було проведення повітряної та наземної радіаційної розвідки. Активно здійснювалися роботи з радіоекологічного моніторингу та дозиметричного контролю населення. Радіоактивне забруднення території було проаналізовано за ландшафтним, басейновим та ландшафтно-геохімічними принципами, на основі чого складено карти радіаційного забруднення території  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{94}\text{Pu}$ . У віддалений період ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи колектив підрозділу працював над розробленням конгрзаходів для різних видів господарювання в умовах радіоактивного забруднення з урахуванням сучасних тенденцій розвитку природно-господарського комплексу та нових економічних умов на засадах ландшафтно-екологічного підходу. Аналіз результатів наукової діяльності співробітників установи свідчить, що за післяаварійний період колектив радіоекологів зібрав та систематизував значні обсяги інформації, яка трансформувалася в різноманітні бази даних, картографічні матеріали, математичні моделі, методичні рекомендації, регламенти, проекти нормативних документів тощо. Представлено інформацію про внесок працівників Інституту у розвиток радіоекології, відновлення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених землях та реабілітацію постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС території. Також окреслено сучасні радіоекологічні проблеми і загрози, створені повномасштабною військовою агресією Росії проти України, порушення нею всіх семи принципів радіаційної безпеки, а також потенційні небезпеки радіаційного характеру в майбутньому.*

**Ключові слова:** радіоекологія, міграція радіонуклідів, реабілітація радіоактивно забруднених ландшафтів, радіаційні загрози.

## ВСТУП

Чорнобильська катастрофа — перша і до 2011 р. єдина радіаційна аварія сьомого, найвищого рівня за міжнародною шкалою ядерних подій [1], після якої, власне, і цю шкалу і було розроблено, — призвела до масштабних довготермінових наслідків, що стали як викликом для науковців не лише України, але і світу, водночас піднявши радіоекологічні і радіобіологічні дослідження на наступний рівень. Екологічна

ситуація, що склалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, поставила колективи науково-дослідних інститутів перед об'єктивною необхідністю розширення напрямів наукових досліджень. Тому в 1986 р. з метою поглиблення науково-дослідних робіт зі зниження забруднення продукції сільського господарства радіонуклідами, а також посилення науково-методичного керівництва проектно-пошукових станцій хімізації сільського господарства з охорони угідь від забруднення окремим підрозділом відділу дослідів із добривами і агро-



хімічного обстеження ґрунтів Українського філіалу ЦІНАО було створено лабораторію контролю за забрудненням навколишнього природного середовища у складі десяти осіб під керівництвом канд. біол. наук М.І. Майстренко. Саме від цього підрозділу і бере свій початок радіоекологічний напрям Інституту агроєкології і природокористування НААН. І понині, 38 років після аварії на ЧАЕС, проблеми радіоекології доповнюються дедалі новими аспектами, зокрема з 2022 р. військова агресія Росії породила низку серйозних радіаційних загроз, які вимагають адекватних рішень, зокрема від наукової спільноти. Зважаючи на тривалу історію радіоекологічної наукової школи в науково-дослідній установі, метою роботи було проаналізувати еволюцію радіоекологічних досліджень та розвиток радіоекологічних технологій в Інституті агроєкології і природокористування НААН із моменту аварії на Чорнобильській АЕС, а також окреслити майбутні напрями роботи з урахуванням сучасних радіоекологічних викликів і загроз, породжених військовою агресією Росії.

## **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Головним завданням у гострий період після аварії було насамперед визначення радіаційної ситуації. Це зумовило розвиток таких напрямів досліджень:

- розподіл і міграція радіонуклідів у навколишньому природному середовищі, зокрема шляхи та інтенсивність їх надходження у врожай сільськогосподарських культур і продукцію тваринництва;
- дезактивація ґрунтів та зниження надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва;
- очищення продукції, отриманої на забрудненій території;
- генетичні наслідки радіаційного забруднення.

Для розв'язання цих проблем, насамперед, потрібно було організувати опера-

тивний збір інформації для попередньої оцінки поточної радіоекологічної ситуації на сільськогосподарських угіддях. Фактично з цього часу розпочався відлік роботи з радіаційного моніторингу сільськогосподарських угідь, які зазнали аварійного впливу. Фахівці лабораторії брали активну участь в оцінці масштабу радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, виявленні та уточненні контурів зон радіоактивного забруднення. Одним із найважливіших напрямів роботи у цей період було проведення повітряної та наземної радіаційної розвідки. Було встановлено рівні накопичення радіонуклідів у ґрунті і продукції рослинництва. Здійснено суцільне радіологічне обстеження ґрунтів сільськогосподарських угідь на предмет щільності їх радіоактивного забруднення. Працівники підрозділу провели дослідження застосування вапняків, цеолітів та інших адсорбентів для зменшення міграції радіонуклідів у ґрунті та інтенсивності їх надходження у рослини. Результатом цієї роботи, зокрема, стало розроблення рекомендацій із ведення сільськогосподарського виробництва та використання продукції рослинництва в зоні забруднення радіонуклідами й методичних положень із прогнозування динаміки забруднення ґрунту радіонуклідами і оцінки екологічних збитків.

Після створення на базі ЦІНАО Інституту агроєкології і біотехнології в 1992 р. підрозділ було перейменовано в лабораторію моніторингу та забруднення навколишнього середовища у складі відділу агроєкології. У 1993 р. його очолив д-р біол. наук, проф., акад. Б.С. Прістер [2–4]. На той час відділ складався з чотирьох лабораторій (оцінки якості сільськогосподарської продукції, експериментальної екології, агроєкологічного моніторингу та науково-методичного забезпечення агроєкологічних досліджень), очолюваних вченими А.Д. Саженоком, В.О. Руденком, Є.Г. Солянеком і М.І. Майстренком. Існуючий обсяг даних із відповідної проблематики вимагав ґрунтового аналізу, тому в межах відділу було створено групу агро-

екологічної інформатики у складі семи осіб, з яких троє — кандидати фізико-математичних наук. Того самого року до колективу радіоекологів приєднався канд. фіз.-мат. наук В.К. Шинкаренко.

У цей період активно здійснювалися роботи з радіоекологічного моніторингу та дозиметричного контролю населення. Радіоактивне забруднення території було проаналізовано за ландшафтним, басейновим та ландшафтно-геохімічними принципами, на основі чого складено карти радіаційного забруднення території  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{94}\text{Pu}$ . Також проводили дослідження щодо ефективності засобів хімізації для обмеження надходження радіонуклідів у рослини, зокрема у травостій та картоплю. Було розроблено комплекс агрохімічних заходів для зниження рівня радіоактивного забруднення продукції сільського господарства та удосконалено систему удобрення для мінімізації накопичення радіонуклідів продукцією в зоні Полісся України.

Результати наукової роботи першого десятиріччя після аварії на Чорнобильській АЕС та об'єктивна зміна радіоактивної ситуації поставила низку нових завдань у галузі міграції радіонуклідів у системі «грунт – рослина». Ці завдання зводились переважно до вивчення залежності динаміки рухомості радіонуклідів залежно від рівнів зволоження і ґрунтових умов, особливостей міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами залежно від природно-кліматичних умов та розробки нових удосконалених моделей міграції радіонуклідів у агросфері з метою планування можливостей реабілітації постраждалих територій. Тому з 1996 р. колектив радіоекологів Інституту займався встановленням закономірностей міграції радіонуклідів в агробіоценозах (переважно на присадибних ділянках), а також — кореляційних взаємозв'язків та формуванням математичних моделей міграції радіонуклідів як складової сталих агроєкосистем. Також продовжувались роботи з комплексного картування радіоактивно забруднених земель, перспективних для відновлення сільськогосподарської діяльності, з метою

оцінки можливості їх реабілітації і вивчення впливу мікробіологічних препаратів, мікроелементів та регуляторів росту рослин на зменшення інтенсивності надходження радіонуклідів у рослини.

У 1998 р. в Інституті агроєкології і біотехнології УААН було створено відділення радіоекології, яке очолив д-р фіз.-мат. наук Є.К. Гаргер. До його складу увійшли лабораторія інформаційних систем із сектором «Київський обласний радіоекологічний центр», лабораторія моделювання радіоекологічних процесів в екосистемах, лабораторія експериментальних досліджень процесів переносу в екосистемах, лабораторія радіохімічних та інструментальних методів аналізу й група агроєкологічного моніторингу. До колективу відділення приєдналося нове покоління творчих особистостей, серед яких д-р фіз.-мат. наук І.І. Ясковець, д-р біол. наук Ю.О. Кутлахмедов, канд. геогр. наук Т.Д. Лев, В.О. Кашпур та ін.

Пріоритетними напрямками досліджень цього періоду було довгострокове прогнозування вмісту радіонуклідів у ланцюзі «грунт – рослина – тварина – сільськогосподарська продукція» та перерозподілу радіонуклідів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових оперативних прогнозних оцінок процесів та підтримки керівних рішень, а також розробка технологій реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь та рекомендації з виробництва сільськогосподарської продукції, вміст радіонуклідів, який відповідав би чинним нормативам. Екосистеми, параметри яких можуть під впливом зовнішніх чинників змінитися і зміна яких може помітно вплинути на радіологічні й радіоекологічні показники (аж до перевищення допустимих рівнів), із наступним збільшенням дозових показників для певного населеного пункту, було визначено критичними в радіоекологічному сенсі. Рівень критичності цих екосистем було запропоновано визначати за такими критеріями:

- рівень радіонуклідного забруднення (визначає можливість формування за-

бруднених радіонуклідами кормів та харчових продуктів);

- значення коефіцієнтів переходу у системі «ґрунт – кормові рослини» або «ґрунт – лісові продукти»;
- рівень забруднення сіна, м'яса та молока, яке отримують від худоби, що споживає корми із відповідних кормових угідь (для оцінювання рівня критичності пасовищ та сіножатей);
- перевищення допустимих значень рівнів забруднення лісових продуктів (для оцінювання рівня критичності лісових екосистем);
- дозові навантаження для населення як інтегральний показник критичності екосистем.

Аналітична система визначення критичних екосистем передбачала кілька основних етапів аналізу чинників дозових навантажень на стан здоров'я населення регіону: встановлення фактичних раціонів харчування населення; визначення ролі та частки лісів і лісових продуктів, пасовищ та сіножатей (через забруднення молока й м'яса) і городньої продукції у формуванні дозових навантажень у населення; встановлення ролі контрзаходів у зниженні значень дози внутрішнього опромінення мешканців регіону. За результатами картування критичних екосистем Полісся було встановлено прогностичні оцінки щодо оптимальної системи контрзаходів радіоекологічного напрямку як у рослинництві, так і тваринництві, що впливають на дозові навантаження населення.

За результатами багаторічних досліджень впродовж 1998–2000 рр. було розроблено та удосконалено комплексну модель міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами від ґрунту до людини та прогнозу дозового навантаження на населення – «Екомодель» [5]. Остання була призначена для оцінки радіоекологічних умов проживання населення на забрудненій території північно-західної частини Українського Полісся та вироблення контрзаходів зі зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини. Вона давала можливість простежити міграцію радіонуклі-

дів від конкретної ділянки з певним видом рослинного покриву до людини, тоді як у вже відомих на той час моделях аналогічного призначення оперували усередненим значенням радіоактивного забруднення для всієї території досліджуваного регіону. Отже, у цій моделі бралися до уваги конкретні умови, що визначають інтенсивність переходу радіонуклідів від ґрунту до рослин. Для врахування найважливіших потоків радіонуклідів до організму людини в «Екомоделі» було передбачено можливість моделювання міграції радіонуклідів як у стандартній агроєкосистемі, так і лісовій та водній екосистемах. На той час це була єдина модель, що давала змогу враховувати реальні ландшафтні умови проживання людини саме в Українському Поліссі та сільськогосподарську практику в цьому регіоні [6; 7]. Також у межах тематики відділення було розроблено математичну модель «Приватне господарство» та інтегровано її в «Екомодель». Радіоекологічна математична модель «Приватне господарство» описувала довгострокову міграцію радіонуклідів у агроєкосистемі приватного селянського господарства, включаючи свійських тварин і діяльність людини.

Колективом відділу проводилися дослідження з оцінки радіоактивного забруднення приземного шару атмосфери та вивчення закономірностей міграції радіонуклідів на зрошуваних водами р. Дніпра землях.

Отже, основними результатами цього трирічного дослідження стали: інформаційні збірники «Сучасний радіоекологічний стан території Чернігівської (Житомирської, Київської) області за період 1997–1999 рр.»; банк даних математичної, картографічної та метаінформації; радіоекологічна інформаційна система на базі ГІС-технологій для прогнозу забруднення сільськогосподарської продукції і підтримки керівних рішень та автоматизована довідково-інформаційна база параметрів ґрунтів зони радіоактивного забруднення [8]; методика класифікації господарств агропромислового комплексу за рівнем їх радіоактивного забруднення; моделі земле-

користування, технології, карти реабілітації радіоактивно забруднених угідь та відповідні рекомендації виробництву; математичні моделі «Екомодель» та «Приватне господарство»; проєкт «Регламенту моніторингу сільськогосподарської продукції колективного і приватного секторів землекористування у системі агропромислового комплексу України» тощо.

З 2001 р. діяльність наукового колективу радіоекологів почала концентруватись, переважно, на питаннях радіоекологічного моніторингу та реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь. Про це свідчить також перейменування одного з підрозділів Інституту в лабораторію радіоекологічного моніторингу та створення у 2004 р. сектору реабілітації забруднених земель під керівництвом канд. с.-г. наук В.В. Москальця. У наступні п'ять років проводились дослідження альтернативних підходів до реабілітації сільськогосподарських угідь у колективних і приватних господарствах [9; 10] і вдосконалення методології ведення радіоекологічного моніторингу і прогнозу довгострокового застосування контрзаходів. Було розроблено математичні моделі, що описують хід у часі об'ємних концентрацій повітряних аерозолів і сухих випадін  $^{137}\text{Cs}$  для різних населених пунктів, а також прогнози з терміном передбачення п'ять років. Серед головних результатів цього періоду були такі:

- визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в продукції рослинництва на території зі статистичними неоднорідностями забруднення (Методичні рекомендації, 2004 р.) [11];
- оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту «чорнобильського»  $^{90}\text{Sr}$  у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження (Методичні рекомендації, 2004 р.) [12];
- методика визначення критичних екосистем та їх внеску в радіаційне навантаження на населення (Методичні рекомендації, 2006 р.) [13];

- принципи та методи виявлення екологічних і генетичних наслідків під час оцінки критичних екосистем (Методичні рекомендації, 2006 р.) [14];
- концепція радіоекологічного моніторингу забруднених територій сільськогосподарського виробництва Українського Полісся;
- картосхеми критичних територій п'яти забруднених областей Українського Полісся за 2000–2001 рр.;
- картосхеми забруднення продукції у районах і господарствах території Українського Полісся за 2001 р.;
- база даних радіоактивного забруднення агропродукції за 1998–2002 рр.;
- регламент моніторингу сільськогосподарської продукції та харчових продуктів Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської, Чернігівської обл. на 2002–2005 рр.;
- оптимізація системи радіоекологічного моніторингу Чернігівської обл. (2002 р.).

У 2006 р. науковий колектив лабораторії радіоекологічного моніторингу поповнилася новими спеціалістами. Кожен із них проявляв неабияку ініціативу в розбудові лабораторії, а згодом і відділу. У наступні роки колектив зріс завдяки молодим науковцям, які продовжили справу попередніх поколінь. У 2008 р. лабораторію очолив д-р біол. наук, проф. Г.М. Чоботько. Того самого року штат радіоекологів поповнив д-р біол. наук, проф. В.А. Гайченко. Загалом, у лабораторії тоді працювали чотири доктори і два кандидати наук. У цей період посаду директора з наукової роботи обіймав спеціаліст із лісової радіоекології канд. с.-г. наук М.Д. Кучма, що сприяло посиленню розвитку дослідження радіоекології лісу. В 2008 р. було розроблено рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій [15]. У розробці були чітко окреслені закономірності міграції  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у лісових екосистемах Українського Полісся, головних типів умов місцезростання, інтенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  продукцією лісового господарства, особливостей проведення лісівницьких заходів залежно від

рівня радіоактивного забруднення. Крім того, було досліджено радіоактивне забруднення компонентів лісових екосистем, а також проаналізовано нормативні документи з ведення лісового господарства у радіоактивно забруднених лісах. Упродовж 2006–2010 рр. було удосконалено наукові засади технологій виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції на радіоактивно забруднених землях [16] і підготовлено методичні рекомендації з поліпшення радіаційної ситуації та технології виробництва екологічно безпечної продукції.

У віддалений період ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи соціально-економічні чинники за впливом на реабілітаційні процеси почали відігравати майже однакову роль поряд із радіаційним чинником. Радіоекологічна ситуація у населених пунктах забруднених територій ускладнилася внаслідок погіршення економічного стану. Великі сільськогосподарські підприємства, де раніше проводився повний комплекс агротехнічних контрзаходів, було ліквідовано, і основний обсяг виробництва сільськогосподарської продукції перемістився у присадибні господарства. У процесі розпаювання земель населенню були виділені бідні дерново-підзолисті і торфові ґрунти. Крім того, повне припинення проведення контрзаходів спричинило зниження рівня родючості землі і, як наслідок, до підвищення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  у рослини. Всі ці чинники викликали необхідність оптимізації структури угідь на радіоактивно забруднених територіях з урахуванням міжнародних зобов'язань України щодо впровадження принципів збалансованого розвитку, що і визначило мету подальших наукових досліджень лабораторії. Впродовж 2011–2013 рр. колектив підрозділу працював над розробленням контрзаходів для різних видів господарювання в умовах радіоактивного забруднення з урахуванням сучасних тенденцій розвитку природно-господарського комплексу та нових економічних умов на засадах ландшафтно-екологічного підходу [17–19]. За результатами

роботи було підготовлено низку методичних рекомендацій із ведення лісового господарства та сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених землях [20], проєкт Концепції загальнодержавної науково-виробничої програми ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно-забрудненій території, її комплексного відродження та розвитку. За співпраці з Чорнобильською комісією ПРООН було розроблено інформаційні матеріали для населення щодо можливості використання продуктів лісу в умовах радіоактивного забруднення.

Відділ радіоекології в агросфері як окремий структурний підрозділ Інституту агроєкології і природокористування НААН було створено в 2013 р. під керівництвом канд. с.-г. наук Дутова О.І. Така назва відділу зумовлена не лише удосконаленням системи реабілітаційних заходів та визначенням пріоритетних напрямів господарської діяльності на радіоактивно забруднених територіях у контексті особливостей критичних екосистем у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, але й стратегію розвитку екосистемних послуг із урахуванням їх економічних та соціальних аспектів. Основний напрям досліджень — комплексна оцінка радіологічного стану агроландшафтів для розроблення наукових основ використання сільськогосподарських угідь, що зазнали радіоактивного забруднення [21; 22]. Відділ спеціалізувався на проведенні радіоекологічного моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища, дозиметричних досліджень населення радіоактивно забруднених регіонів та на розробленні науково-методичних, організаційних засад використання і охорони екосистем радіоактивно забруднених територій, їх гармонізації з міжнародними стандартами. У період з 2013 по 2022 рр. здійснено зонування території Українського Полісся відповідно до класифікації агроландшафтів за виносом радіонуклідів з продукцією, визначено стратегію розвитку екосистемних послуг і запропоновано попередній перелік показників, які враховують економічні та соціальні аспекти,

властиві досліджуваному регіону. Також розроблено низку методичних рекомендацій стосовно реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів [23] і відновлення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених ґрунтів [24]. Для цього опрацьовано методичні засади, нормативну базу і сучасні методи радіоекологічного моніторингу [25].

Згодом відділ розширив сферу наукових інтересів, оскільки до його складу увійшла лабораторія аерокосмічного зондування агросфери. Результатом такої співпраці стало розроблення методу комплексного радіоекологічного картування [26]. Водночас за використання сучасних методів математичного моделювання (нейронні мережі) було розроблено модель формування дози внутрішнього опромінення населення з відповідним програмним забезпеченням [27]. Виконання Україною міжнародних кліматичних зобов'язань і угод зі збалансованого розвитку спонукало розглядати радіоекологічні питання в комплексі з іншими — соціальними, економічними, медичними та іншими складовими [28–31].

У 2022 р. повномасштабна військова агресія Росії проти України відкрила нову сторінку як для української, так і для світової радіоекологічної науки, піднявши розуміння ядерного тероризму на новий рівень та увівши в обіг поняття екоциду. Саме цим загрозам і їх наслідками нині присвячена робота вчених-радіоекологів Інституту радіоекології і природокористування НААН [32].

## ВИСНОВКИ

Аварія на Чорнобильській АЕС розпочала якісно нову віху в українській радіоекологічній науці, і спеціалісти ІАП НААН внесли вагомий внесок у розвиток останньої. За період свого існування колектив радіоекологів Інституту систематизував значні обсяги інформації. Було створено фундаментальні бази даних радіоактивного забруднення складових доквілля (ґрунтів, повітря, поверхневих вод, сіль-

ськогосподарської продукції) та дозового навантаження на населення. На основі цих даних фахівці відділу склали детальні карти радіоактивного забруднення території Українського Полісся, радіологічно критичних екосистем, винесення радіонуклідів із продукцією тощо.

Було удосконалено науково-методичні засади радіаційного моніторингу і радіаційного контролю сільськогосподарської та лісової продукції у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, розроблено засади екологічно збалансованого відродження і розвитку господарської діяльності радіоактивно забруднених територій, зокрема з урахуванням міжнародних зобов'язань нашої держави, як-от Європейський зелений курс.

Під час багаторічних досліджень науковці застосовували і продовжують застосовувати новітні методи досліджень, як-от математичне моделювання та дистанційне зондування землі, що дало змогу отримати результати міждисциплінарного характеру — прогнози математичні моделі міграції радіонуклідів і формування дози внутрішнього опромінення населення, комплексні радіоекологічні карти території тощо.

Одержані результати досліджень були використані під час розробки низки документів щодо організації ведення сільськогосподарського виробництва й лісового господарства на радіоактивно забруднених територіях та комплексного відродження регіону Українського Полісся.

Участь вчених Інституту агроекології і природокористування НААН у ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС дала змогу виконати досить складне і відповідальне завдання — визначити масштаби та виявити особливості радіаційного забруднення території, оцінити і спрогнозувати їх наслідки, а також допомогти організувати ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення та реабілітацію постраждалих територій.

Російська військова агресія дала новий поштовх і нові напрями радіоекологічним дослідженням в Україні і світі. Ядерний

тероризм на різних рівнях і різного походження стимулює радіоекологічну науку до якісного розвитку — від фіксації, оцінки й ліквідації збитків до комплексного бага-

товекторного розв'язання проблеми, прогнозу і управління радіаційними ризиками та коригування юридично-світоглядних аспектів цієї проблематики.

## ЛІТЕРАТУРА

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual, Non-serial Publications. IAEA, Vienna. (2013). 218 p. URL: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES2013web.pdf>.
- Булигін С.Ю., Фурдичко О.І., Бондар О.І., Дутов О.І. Визначення критичності агропродукції в землеробстві радіоактивно забруднених регіонів. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 1. С. 55–58.
- Славова Т.В. Внесок академіка Прістера Б.С. в становлення та розвиток сільськогосподарської радіоекології. *Історія науки на межі тисячоліть*: зб. наук. пр. 2003. Вип. 13. С. 157–165.
- Славова Т.В. Внесок вчених України в розвиток сільськогосподарської радіоекології після аварії на Чорнобильській АЕС (1986–2003 рр.). *Актуальні проблеми аграрної науки та освіти України: регіональний аспект*: матеріали II наук.-практ. семінару УААН. Київ, 2003. С. 52–54.
- Гірій В.А., Заїтов В.Р., Онишук В.А., Яковець І.І. «ЕКОМОДЕЛЬ»: динамічна модель для радіоекологічної ситуації. *Агроекологія і біотехнологія*. 1999. Вип. 3. С. 25–34.
- Славова Т.В. Історичні передумови виникнення і розвитку сільськогосподарської радіоекології в Україні, як складової радіобіології: *матеріали Другої конференції молодих вчених та спеціалістів* (м. Київ, 27–28 трав. 2004 р.). Київ, 2004. С. 196–199.
- Яковець І.І., Гірій В.А., Онишук В.А., Шпинар Л.І. Результати динамічного моделювання радіоекологічної обстановки в Українському Поліссі і порівняння їх з даними вимірювань. *Агроекологічний журнал*. 2001. Вип. 2. С. 62–67.
- Яковець І.І., Гірій В.А., Заїтов В.Р., Онишук В.А. Екомодель — динамічна модель для оцінки радіоекологічної ситуації. *Агроекологія і біотехнологія*. 1999. Вип. 3. С. 25–34.
- Лев Т.Д. и др. Создание карт ожидаемого загрязнения сельхозпродукции с использованием ГИС ArcInfo. *Геоинформационные системы и технологии — 1996*: II Укр. конф. (г. Киев, 14–17 октяб. 1996 г.). Киев, 1998. С. 3–11.
- Протас Н.М., Шпинар Л.І., Яковець І.І. Механізми, контролюючі міграцію радіонуклідів в системі ґрунт — рослина. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 2. С. 67–72.
- Яковець І.І., Тарасенко Р.О., Протас Н.М. Модель міграції радіонуклідів в системі ґрунт — рослина. *Науковий вісник НАУ*. 2004. Вип. 77. С. 80–93.
- Яковець І.І., Прокопенко Л.А., Протас Н.М., Перетятко Є.Є. Визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в рослинницькій продукції на території зі статистичними неоднорідностями забруднення: метод. реком. Київ: РПВ ПДАА, 2004. 22 с.
- Шинкаренко В.К. та ін. Оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту чорнобильського  $^{90}\text{Sr}$  у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження: метод. реком. Київ: ІАБ, 2004. 29 с.
- Яковець І.І. та ін. Методика визначення критичних екосистем і їх вкладу в радіаційне навантаження на населення: метод. реком. Київ, 2006. 39 с.
- Яковець І.І. та ін. Принципи та методи виявлення екологічних наслідків при оцінці критичних екосистем: метод. реком. Київ, 2006. 39 с.
- Фурдичко О.І. та ін. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій / за заг. ред. О.І. Фурдичка. Київ, 2008. 104 с.
- Дутов О.І. Екологічні аспекти використання сільськогосподарських угідь, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи для виробництва сільськогосподарської продукції. *Аерохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»*. 2007. Вип. 67. С. 136–141.
- Дутов О.І., Замула Х.П. Радіаційно-екологічні аспекти виробництва сільськогосподарської сировини в регіонах, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 1. С. 35–41.
- Краснов В.П., Ландін В.П. Методологічні основи реабілітації лісових екосистем забруднених радіонуклідами. *Збалансоване природокористування*. 2013. № 2–3. С. 33–39.
- Ландін В.П. Емпіричні засади методології реабілітації радіоактивно забруднених земель. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2013. № 23. (10). С. 80–87.
- Фурдичко О.І. та ін. Методичні рекомендації з ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених територіях Київського Полісся. Київ, 2012. 36 с.
- Булигін С.Ю., Прістер Б.С., Фурдичко О.І., Дутов О.І. Щодо програми безпечного ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 5. С. 53–57.
- Фурдичко О.І. та ін. Методичні рекомендації з реабілітації територій, що зазнали радіоактив-

- ного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів. Київ, 2013. 37 с.
24. Ландін В.П. та ін. Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся. Київ, 2015. 30 с.
  25. Гудков І.М. та ін. Методичні засади, нормативна база та сучасні методи радіоекологічного моніторингу забруднених радіоактивними речовинами територій. Київ, 2013. 37 с.
  26. Raichuk L.A. and Kuchma T.L. Complex radioecological-landscape mapping as an element of post-war recovery of Polissia of Ukraine. *Перспективи розвитку геоінформаційних технологій в умовах змін клімату: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 20 квіт. 2023 р.)*. Одеса: Олді+, 2023. С. 164–168.
  27. Райчук Л.А. Моделювання дози внутрішнього опромінення як інтегрального показника радіоекологічної критичності території. *Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації*. Част. 2: мат. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 17–18 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 105–107.
  28. Чоботько Г.М., Райчук Л.А., Кучма Т.Л., Швиденко І.К. Деякі аспекти повернення в сільгосп-використання виведених з обігу забруднених радіонуклідами земель Полісся України. *Агро-екологічний журнал*. 2023. № 2. С. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283696>.
  29. Райчук Л.А., Дем'янюк О.С., Коніщук В.В., Гордиська 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>.
  30. 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. Т. 100. № 2 (827). С. 74–81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202202-10>.
  31. Чоботько Г.М., Райчук Л.А., Швиденко І.К., Уманський М.С. Концепція управління радіоактивно забрудненими агроландшафтами Українського Полісся в контексті «зеленої» економіки (проект). Київ: ДІА, 2023. 24 с.
  32. Чоботько Г.М., Райчук Л.А., Швиденко І.К., Кучма М.Д., Височанська М.Я. Російсько-українська війна як чинник світової продовольчої кризи. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 1. С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2022.255224>.

## REFERENCES

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual, Non-serial Publications, IAEA, Vienna (2013). 218 p. URL: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES2013web.pdf> [in English].
2. Bulygin, S.Y., Furdychko, O.I., Bondar, A.I. & Dutoy, O.I. (2013). Vyznachennja krytychnosti agroprodukcii' v zemlerobstvi radioaktyvno zabrudnennyh regioniv [Identification of agricultural products criticality at farming on radioactively contaminated areas]. *Visnyk agrarnoi' nauky — News of agrarian science, 1*, 55–58 [in Ukrainian].
3. Slavova, T.V. (2003). Vnesok akademika Pristera B.S. v stanovlennja ta rozvytok sil's'kogospodars'koi' radioekologii' [Contribution of Academician Priester B.S. in agricultural radioecology formation and development]. *Istorija nauky na mezhi tysjacholit'*: Zb. nauk. pr. — *The history of science at the turn of the millennium: Scientific Papers, 13*, 157–165 [in Ukrainian].
4. Slavova, T.V. (2003). Vnesok vchenyh Ukrai'ny v rozvytok sil's'kogospodars'koi' radioekologii' pislja avarii' na Chornobyl's'kij AES (1986–2003 rr.) [The contribution of scientists in Ukraine in agricultural radioecology development after the Chernobyl accident (1986–2003 years)]. *Aktual'ni problemy ahrarnoyi nauky ta osvity Ukrayiny: rehional'nyy aspekt: materialy II naukovo-praktychnoho seminaru UAAN [Actual problems of agricultural science and education of Ukraine: regional aspect: materials of the 2<sup>nd</sup> scientific and practical seminar of the Ukrainian Academy of Sciences]*. (pp. 52–54). Kyiv [in Ukrainian].
5. Hiri, V.A., Zaytov, V.R., Onyshchuk, V.A. & Yaskovets, I.I. (1999). «EKOMODEL»: dynamiczna model dlya radioekologichnoyi situatsiyi [«EKOMODEL»: dynamic model for radioecological situation]. *Ahroekolohiya i biotekhnolohiya — Agroecology and biotechnology, 3*, 25–34 [in Ukrainian].
6. Slavova, T.V. (2004). Istorychni peredumovy vynyknennja i rozvytku sil's'kogospodars'koi' radioekologii' v Ukrai'ni, jak skladovoi' radiobiologii' [Historical background of agricultural radioecology development in Ukraine as a component of radiobiology]. *II konferenciya molodyh vchenyh ta specialistiv [2<sup>nd</sup> Conference of Young Scientists and Specialists]*. (pp. 196–199). Kyiv [in Ukrainian].
7. Yaskovets, I.I., Hyryy, V.A., Onischuk, V.A. & Shpyr, L.I. (2001). Rezul'taty dinamicheskogo modelirovaniya radiojekologicheskoy obstanovki v Ukrainskom Poles'e i sravnenie ih s dannymi izmerenij [Results of the radioecological situation dynamic modeling in Ukrainian Polesye and their comparison with measurement data]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal, 2*, 62–67 [in Ukrainian].
8. Yaskovets, I.I., Hiri, V.A., Zaytov, V.R. & Onischuk, V.A. (1999). Ekomodol' — dynamiczna model' dlja ocinky radioekologichnoyi situatsiyi [Ekomodol' — the dynamic model for assessing the radiological situation]. *Ahroekolohiya i biotekhnolohiya — Agroecology and biotechnology, 3*, 25–34 [in Ukrainian].



9. Lev, T.D. et al. (1998). Sozhanie kart ozhidaemogo zagriznenija sel'hozprodukcii s ispol'zovaniem GIS ArcInfo [Creation of agricultural products expected contamination maps using GIS ArcInfo]. *Geoinformatsionnyye sistemy i tekhnologii — 1996: II ukrain-skaya konferentsiya [Geoinformation systems and technologies — 1996: II Ukrainian conference]*. (pp. 3–11). Kyiv [in Russian].
10. Protas, N.M., Shypynar, L.I. & Yaskovets, I.I. (2004). Mehanizmy, kontrolirujushhie migraciju radionuklidov v sisteme pochva-rastenie [Mechanisms controlling the radionuclides migration in the soil-plant system]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 67–72 [in Russian].
11. Yaskovets, I.I., Tarasenko, P.O. & Protas, N.M. (2004). Model' migracii' radionuklidiv v systemi g'runto-roslyna [Model of radionuclide migration in soil-plant system]. *Naukovyj Visnyk NAU — Scientific News of NAU*, 77, 80–93 [in Ukrainian].
12. Yaskovets, I.I., Prokopenko, L.A., Protas, N.M. & Peretyatko, E.E. (2004). *Vyznachennja velychyny jmovirnosti vmistu radioaktyvnoho zabrudnennja v roslynnyc'kij produkcii' na terytorii' zi statystychnymy neodnorodnostjamy zabrudnennja: metodychni rekomendacii' [Determination of the probability of the radioactive contamination amount in crop production on the territory of pollution statistical heterogeneities: guidelines]*. Kyiv: RPV PDAA [in Ukrainian].
13. Shinkarenko, V.K. et al. (2004). *Ocinka kontrzahodiv, sprjamovanyh na znyzhennja vmistu chornobyl's'kogo <sup>90</sup>Sr u sil's'kogospodars'kij produkcii', za nakopychennjam stabil'nogo stronciju pryrodnoho pohodzhennja: metodychni rekomendacii' [Assessment of countermeasures directed to reduce the Chernobyl <sup>90</sup>Sr content in agricultural products by the accumulation of stable strontium of natural origin: guidelines]*. Kyiv: PSA [in Ukrainian].
14. Yaskovets, I. et al. (2006). *Metodyka vyznachennja krytychnyh ekosystem i i'h vkladu v radiacijne navantazhennja na naselennja: metodychni rekomendacii' [Method of determining the critical ecosystems and their contribution to radiation exposure of the population: guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Yaskovets, I. et al. (2006). *Pryncypy ta metody vyjavlennja ekologichnyh naslidkiv pry ocinci krytychnyh ekosystem: metodychni rekomendacii' [Principles and methods for the environmental consequences detecting when assessing the critical ecosystems: guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
16. Furdychko, O.I. et al. (2008). *Rekomendacii' z vedennja lisovogo gospodarstva v umovah radioaktyvnoho zabrudnennja terytorij [Recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination of territories]*. Kyiv [in Ukrainian].
17. Dutov, A.I. (2007). *Ekologichni aspekty vykorystannja sil's'kogospodars'kyh ugid', zabrudnennyh vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy dlja vyrobnytstva sil's'kogospodars'koi' produkcii' [Environmental aspects of use of contaminated by the Chernobyl disaster agricultural lands for agricultural production]. Agrohimija i g'runtoznavstvo: mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk NNC «IGA im. O.N. Sokolov's'kogo» — Agricultural Chemistry and Soil Science: interdepartmental themed scientific collection of NSC «ISSAR them. Sokolovsky O.N.»*, 67, 136–141 [in Ukrainian].
18. Dutov, A.I. & Zamula, H.P. (2012). *Radiacijno-ekologichni aspekty vyrobnytstva sil's'kogospodars'koi' syrovovny v regionah, zabrudnennyh vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy [Radiation and environmental aspects of agricultural raw materials production in areas contaminated by the Chernobyl disaster]. Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 35–41 [in Ukrainian].
19. Krasnov, V.P. & Landin, V.P. (2013). *Metodologichni osnovy reabilitacii' lisovyh ekosystem zabrudnennyh radionuklidamy [Methodological bases of rehabilitation of forest ecosystems contaminated by radionuclides]. Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced nature using*, 2 (3), 33–39 [in Ukrainian].
20. Landin, V.P. (2013). *Empirychni zasady metodologii' reabilitacii' radioaktyvno zabrudnennyh zemel' [Empirical principles of radioactively contaminated lands rehabilitation methodology]. Naukovyj visnyk Nacional'nogo lisotehnicznego universytetu Ukrainy — Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 23.10, 80–87 [in Ukrainian].
21. Furdychko, O.I. et al. (2012). *Metodychni rekomendacii' z vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnytstva na radioaktyvno zabrudnennyh terytorijah Kyi'vs'kogo Polissja [Guidelines for conducting agricultural business at the radioactively contaminated areas of Kyiv Polissya]*. Kyiv [in Ukrainian].
22. Bulygin, S.Y., Priester, B.S., Furdychko, O.I. & Dutov, O.I. (2012). *Shhodo programy bezpechnogo vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnytstva na terytorijah, zabrudnennyh radionuklidamy vnaslidok Chornobyl's'koi' katastrofy [Regarding the program of safe agricultural production in areas contaminated with radionuclides by the Chernobyl disaster]. Visnyk agrarnoi' nauky — News of agrarian science*, 5, 53–57 [in Ukrainian].
23. Furdychko, O.I. et al. (2013). *Metodychni rekomendacii' z reabilitacii' terytorij, shho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennja, ta optymizacii' struktury zemlekorystuvannja na osnovi landshajfnyh pidhodiv [Guidelines for the rehabilitation of areas affected from radioactive contamination and optimize the structure of land tenure based on landscape approaches]*. Kyiv [in Ukrainian].
24. Landin, V.P. et al. (2015). *Metodychni rekomendacii' shhodo zahodiv z reabilitacii' krytychnyh ekosystem radioaktyvno zabrudnennyh regioniv Ukrain's'kogo Polissja [Guidelines for management of rehabilitation of critical ecosystems of Ukrainian Polissya radioactively contaminated regions]*. Kyiv [in Ukrainian].
25. Gudkov, I. et al. (2013). *Metodychni zasady, normatyvna baza ta suchasni metody radioekologichnoho monitoringu zabrudnennyh radioaktyvnymy rehovynamy terytorij [Method principles, regulatory framework and modern methods of radioecological monitoring of territories contaminated by radioactive substances]*. Kyiv [in Ukrainian].
26. Raichuk, L.A. & Kuchma, T.L. (2023). *Complex radioecological-landscape mapping as an element of*

- post-war recovery of Polissia of Ukraine. *Perspektyvy rozvytku heoinformatsiynykh tekhnolohiy v umovakh zmin klimatu: zbirnyk materialiv Mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi*. (pp. 164–168). Odessa [in English].
27. Raichuk, L.A. (2023). Modeliuvannya dozy vnutrishnoho oprominennia yak intehralnoho pokaznyka radioekolohichnoyi krytychnosti terytorii [Modeling internal radiation dose as an integral indicator of radioecological territory criticality]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia: tradytsii, perspektyvy ta innovatsii. Materialy Mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi [Balanced use of nature: traditions, perspectives and innovations: materials International scientific and practical conference]*. (pp. 105–107). Kyiv [in Ukrainian].
28. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Kuchma, T.L. & Shvydenko, I.K. (2023). Deiaki aspekty povtorennia v silhospvikorystannia vyvedenykh z obihu zabrudnenykh radionuklidamy zemel Polissia Ukrainy [Some aspects of returning land contaminated with radionuclides withdrawn from circulation to agricultural use in the Polissia region of Ukraine]. *Aghroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 47–55. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283696> [in Ukrainian].
29. Raichuk, L.A., Demyanyuk, O.S., Konishchuk, V.V. & Horodyska, I.M. (2023). Sotsial'no-ekonomichni peredumovy staloho rozvytku radioaktivno zabrudnenykh terytorii Ukrayinskoho Polissya [Social and 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].
30. Drebot, O.I., Demyanyuk, O.S. & Raichuk, L.A. (2022). Naukovo-metodychni zasady reabilitatsii radioaktyvno zabrudnenykh agrolandshaftiv u konteksti Zelenoyi ekonomiky [Scientific-methodological principles of rehabilitation of radioactively contaminated agrolandscapes in the context of Green Economy]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 100, 2 (827), 74–81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-10> [in Ukrainian].
31. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Shvydenko, I.K. & Umanskyi, M.S. (2023). *Kontseptsiya upravlinnia radioaktyvno zabrudnenymy agrolandshaftamy Ukrayinskoho Polissya v konteksti «zelenoyi» ekonomiky (proyekt) [Concept of managing radioactively contaminated agrolandscapes of Ukrainian Polissya in the context of «green» economy (project)]*. Kyiv [in Ukrainian].
32. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Shvydenko, I.K., Kuchma, M.D. & Vysochanska, M.Ya. (2022). Rosiysko-ukrainska viyna yak chynnyk svitovoyi prodovolchoyi kryzy [The Russo-Ukrainian War as a factor of the global food crisis]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced Nature Management*, 1, 12–20. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2022.255224> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.04.2024

---

## АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Г.Д. Гуцуляк<sup>1</sup>, М.Я. Височанська<sup>2</sup>, Л.І. Сахарнацька<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Карпатського регіону (м. Косів, Україна)  
e-mail: instapv@i.ua; ORCID: 0000-0002-8263-1636

<sup>2</sup> Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2116-9991

<sup>3</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород, Україна)  
e-mail: liudmyla.sakharnatska@uzhnu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-5863-4917

У статті розглядаються теоретико-практичні питання проблем екологічних ситуацій, які пов'язані із проведенням у країні адміністративно-територіальної реформи та реформи децентралізації, що супроводжується об'єднанням територіальних громад і організацією земельної території, яка полягає в суспільних відносинах землевласників і землекористувачів, оцінкою реальної структури землекористування та оптимальне використання земельних ресурсів. Запропоновано територіальним громадам провести корективи співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями і наблизити використання земельних ресурсів до екологічно збалансованого розвитку природокористування. Розкрито причини проблем екологічних ситуацій і детально проаналізувавши співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями і запропоновано шляхи їх вирішення. Визначено, що зменшення забруднення повітря вимагає спільних зусиль урядів, промисловості, громадськості та кожного індивіда. Через глобальний характер проблеми, міжнародна співпраця та обмін кращими практиками також відіграють ключову роль у знаходженні ефективних рішень. Запропоновано останні щодо екологічних проблем, зокрема як-от: зменшення викидів: впровадження та суворе дотримання екологічних стандартів для промислових підприємств і транспортних засобів. Підвищення ефективності використання енергії та перехід на чистіші види палива. Розвиток громадського транспорту: стимулювання використання громадського транспорту, велосипедних доріжок та пішохідних зон для зменшення кількості особистих автомобілів на дорогах. Підтримка чистих технологій: інвестування у розвиток і впровадження чистих технологій, як-от відновлювані джерела енергії (сонячна та вітрова енергія), що зменшують залежність від викопного палива. Озеленення міст: розширення зелених насаджень у міських районах для поглинання вуглецю та зниження температури повітря. Деревя та рослини також допомагають фільтрувати забруднювачі з повітря.

**Ключові слова:** збалансований розвиток, природокористування, земельні ресурси, територіальні громади, земельні відносини.

### ВСТУП

Проблема збалансованого аграрного виробництва і природокористування, зумовлена інтенсивним розвитком техніки, значним порушенням співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями, зростанням негативних наслідків господарської діяльності людини та військовими діями на території України. Як результат цього є значне порушення екологічної рівноваги

не тільки в регіонах, де проходять військові дії, а у країні загалом. Для уникнення загрози виснаження природних ресурсів необхідна розробка науково-організаційних засад забезпечення збалансованого аграрного виробництва і природокористування. Лише регіональне землекористування в сучасних умовах може забезпечити комплексне та невиснажливе освоєння ресурсів, що дасть змогу уникнути як локальних, так і регіональних екологічних катаклізмів, гармонізувати відносини людини і природи.

**Мета статті:** розкрити причини проблем екологічних ситуацій, детально проаналізувавши співвідношення між дестабілізуючими та стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями і пропонувати шляхи їх вирішення.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемні питання, пов'язані з вивченням збалансованого аграрного виробництва і природокористування є предметом дослідження науковців: Дребот О., Мельник П. [1], Височанська М. [2; 3], Гуцуляк Г., Гуцуляк Ю. [4], Савченко В.Ф. [5], Сердюк А.М., Стусь В.П., Ляшенко В.І. [6], Андрусевич А. [7], Базилевич І. [8], Триснюк В.М., Мокрий В.І. [9].

На сьогодні науковий доробок вчених щодо причин проблем екологічних ситуацій, яка полягає в забезпеченні корективи співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями, оцінкою реальної структури землекористування та оптимальне використання земельних ресурсів залишаються не вирішеними питаннями, які потребують подальшого дослідження й наукового обґрунтування.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретично-інформаційною основою дослідження були: наукові праці вітчизняних і закордонних учених у галузі екологічно збалансованого використання земельних ресурсів та природокористування загалом, законодавчі й нормативні акти, методологічні та інструктивні матеріали, статистичні й аналітичні дані міністерств і відомств України, дані власних досліджень щодо екологічної ситуації Карпатського регіону. Для виконання поставлених завдань використовували такі методи досліджень: монографічного аналізу — для вивчення та узагальнення існуючих наукових підходів до проблеми землекористування; абстрактно-логічного аналізу — для уточнення сутності основних категорій, понять і визначень у галузі природокористування

і зокрема землекористування, земельних відносин та землеустрою; розрахунково-аналітичний — під час дослідження еколого-економічного та організаційно-правового стану використання земель, порівняльний, ландшафтний і геосистемний підходи, методи вивчення використання земель.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З метою поліпшення еколого-економічних, соціальних умов у сільській місцевості намічено радикальні соціально-економічні реформи, які відкривають у сфері земельних відносин широкі можливості для становлення й розвитку нових форм господарювання на землі. Однак, якщо в ринкових умовах людина нездатна розумно розпоряджатись своєю власністю, не буде її берегти й примножувати, то завтра вона може її втратити. Тому, найважливішими принципами реалізації земельної реформи в Україні мають бути гранична соціальна, екологічна та економічна обґрунтованість земельних відносин стосовно історичних і природних умов у кожній територіальній громаді (ТГ), регіоні.

Організація земельної площі — це не лише матеріально-технічний акт, але і соціальна дія. Окремий землевласник або землекористувач у ТГ завжди пов'язаний умовами навколо землевласників і землекористувачів. Така взаємозалежність та суспільна зумовленість господарських дій окремих власників землі і є тим джерелом і тим середовищем, які породжують необхідність землевпорядного пристосування території, і повинні визначати його зміст. Упорядкованість кожної земельної ділянки і всієї території характеризується розміром земельної площі, кількісним і якісним складом угідь і формою розташування території. На перший погляд, все це ніби технічні моменти, але неважко помітити їх соціальний аспект. Насправді, розміри землеволодінь і землекористувань за площею землі в кожній формі власності і за цільовим використанням — не що інше, як розподіл землі між соціальними групами

[4]. Вони визначають аграрно-економічну диференціацію суспільства, ступінь концентрації землеволодіння і землекористування, розподіл земель за власністю тощо. Кількісний і якісний склад угідь є показником суспільного поділу праці, її географічною локалізацією і показником виробничих типів землеволодіння та землекористувань. Форми розташування їх площ не меншою мірою об'єктивізують існуючі суспільні відносини.

Отже, соціальна суть організації земельної території полягає в суспільних відносинах землевласників і землекористувачів, які мають регламентуватися економіко-правовими актами диференційовано по ТГ у регіонах та природно-економічних зонах.

З врахуванням особливостей землі як дефіцитного природного і економічного ресурсу за різко зростаючої потреби у ньому необхідний системний підхід до форм земельного устрою, які розвиваються згідно з функціонуванням земельних відносин періоду переходу до ринкових відносин. Оптимальне використання земельних ресурсів охоплює внутрішньогалузеві і міжгалузеві відносини. Воно має місцевий регіональний і народногосподарський рівень [10]. До того ж повинні бути застосовані у взаємозв'язку два основних елементи економічного механізму оптимізації: знаходження з багатьох альтернативних найкращого варіанта і прийняття його за базу (основу) в плануванні організації використання й управління земельними ресурсами; вдосконалення системи економічних інтересів, стимулів і правової відповідальності для розробки оптимальних варіантів використання землі та їх впровадження у всі галузі народного господарства як у регіоні, так і в ТГ.

В інтегрованому вигляді оптимізацій ці відносини і механізми зводяться до розв'язання таких основних завдань оптимального використання землі як головного засобу виробництва: розміщення виробництв з врахуванням еколого-економічної придатності земель і забезпеченням максимуму економії ресурсо- і енерговитрат;

забезпечення співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями; вдосконалення структури розподілу земельних ресурсів за формами власності і формами господарювання на землі з найефективнішим еколого-економічним ефектом для ТГ, регіону і держави загалом; планування щодо забезпечення пріоритету і економіко-правового захисту використання кращих сільськогосподарських угідь у сільськогосподарському виробництві; комплексне регіональне планування охорони земельних ресурсів від деградаційних процесів.

Згідно з результатами наших досліджень [11], аграрний сектор економіки за рівнем негативного впливу на природу зіставний з екологічно небезпечними промисловими галузями. Сучасне екологічно необґрунтоване та біосферонесумісне агропромислове виробництво — це, по суті, руйнування і виснаження ґрунтового покриву, природного потенціалу загалом. Сільське господарство опосередковано стало джерелом погіршення стану здоров'я людини, поява великої кількості захворювань населення внаслідок забруднення агрохімікатами питної води та продовольства, низької екологічної якості останнього. За розрахунками вчених, «внесок» АПК в екологічну кризу, а точніше — в забруднення і деградацію навколишнього середовища, становить пересічно 35,0–40,0%, зокрема земельних ресурсів — понад 50,0, а поверхневих водойм — від 45,0 до 50,0%.

Водночас, треба мати на увазі й той факт, що шкода, яка завдається сучасним сільськогосподарським виробництвом навколишньому природному середовищу, а відповідно і населенню, за різними оцінками, в декілька разів перевищує обсяг збитків.

Надзвичайно складно оцінити масштаб нанесення шкоди доквітлю під час військових дій в Україні, що, своєю чергою, має вплив на всю світову спільноту. Наприклад, забруднення повітря, поверхневих і підземних водних джерел, водний басейн Каховської ГЕС після підриву рашистами, а, відповідно Дніпро і Чорне море, агрохімі-

катами, а також продуктами ерозії ґрунтів площі яких кожного року збільшуються через значне порушення співвідношення між дестабілізуючими і стабілізуючими сільськогосподарськими угіддями. Все це перетворилось на гостру національну та світову проблеми у всіх країнах. Її вирішення потребує наразі величезних коштів. Чимала шкода завдається також рекреаційним ресурсам, яке має сталу тенденцію до погіршення.

Розв'язання таких основних завдань як оптимальне використання землі та охорона земельних ресурсів від деградаційних процесів, необхідно провести оцінку стану ґрунтів. Вчені Інституту агроєкології і природокористування НААН України, які провели таку оцінку за індикаторами Зеленого зростання сільського господарства і зазначають, що перший з індикаторів — розораність території (53,9%), а за рівня розораності території в розвинутих країнах із ринковою економікою 20–40%. Фактичне сільськогосподарське освоєння земельного фонду України становить 42 726,4 тис. га (70,8%), а ліси — 10 633,1 тис. га (17,6%). Для України вважається, що співвідношення ріллі, природних кормових угідь і лісів має становити 1:1,6:3,6 відповідно, але фактично — 1:0,24:0,3, а в Карпатському регіоні — 1:0,55:1,29. Європейські вчені засвідчують, що емпіричні дані їхніх дослідів і спостережень підтверджують, що якщо норматив розораності території прийняти близький до 40%, та співвідношення між дестабілізуючими (рілля) і стабілізуючими (пасовища, луки, ліси) угіддями має бути 1:1. До такого співвідношення з врахуванням лісовкритих територій дійшли більшість країн Західної Європи (Польща — розораність території сягає 46%; Франція — 33; ФРН — 33; Болгарія — 34; Італія — 31%), де процеси деградації ландшафтів майже зупинені. Тобто, в Україні для досягнення співвідношення 1:1, при розораності території прийняти близький 40%, необхідно зменшити розораність території на 8 400,0 тис. га, або на 13,9%, і довести розораність території до 24 142,0 тис. га, а площі пасовищ, лук,

лісів збільшити на 4 453,0 тис. га (7,4%). У Карпатському регіоні досягнення такого співвідношення (1:1) актуальне тільки в лісостеповій зоні, Західно-південно-лісовій зоні та Закарпатсько-рівнинно-передгірно-лісовій низовині які, згідно з попередніми нашими дослідженнями, займають 2 571,7 тис. га, або 45,4% від загальної території регіону, зокрема площа під: ріллею 1 212,5 тис. га (47,1%); сіножаті, пасовища та лісові площі — 909,7 тис. га (35,4%).

Отже, площі під ріллею необхідно зменшити на 184,0 тис. га (7,1%), а площі пасовищ, лук, лісів збільшити на 119,0 тис. га (4,6%). Тобто, і в Карпатському регіоні вище згаданих зон, розораність території висока і потребує коректив. Якщо досягнемо таких співвідношень між розораністю території і кормовими угіддями та площами під лісами, то можливо і в нашій країні призупиняться процеси деградації ландшафтів, що значно покращить екологічну ситуацію. Зменшення питомої частки орних земель (13,9%) на користь природних кормових угідь та лісів (7,4%) має стати головним еколого-економічним та соціальним орієнтиром на призупинення процесів деградації ландшафтів та значного поліпшення екологічної ситуації. Для збереження природного середовища великого регіону, який здатний підтримувати, з одного боку, свої природні властивості, а з другого боку — забезпечувати людей, що проживають на даній території, харчовими продуктами і місцями відпочинку, потрібно, щоб близько 30% площі регіону перебувало у природному стані, а в Україні тільки 8% площі знаходиться у природному стані (болота, озера, ріки, гори).

Для об'єктивної оцінки ефективності використання землі в різних галузях народного господарства та об'єктивного перерозподілу земельних ресурсів за створення ТГ необхідна комплексна оцінка природно-ресурсного потенціалу (ПРП) за єдиною методикою в світових цінах. Тільки тоді можна буде більш об'єктивно порівнювати ефективність різних виробництв на земельній території, коли особливості землі, як об'єкта оцінки, будуть розглядатися в

трех тісно взаємопов'язаних аспектах: як головний засіб виробництва в сільському і лісовому господарстві; як просторовий базис розміщення і розвитку всіх галузей народного господарства; як середовище проживання всього живого. З огляду на ці три аспекти використання землі, їй повинна вестися її оцінка. Однак постає питання, який з існуючих підходів має бути взятий за основний? Народногосподарська цінність землі як головного засобу виробництва реалізується через ту чи іншу сукупність споживчих вартостей, причому ріст ефективності використання землі, її виробничої цінності забезпечується за рахунок вдосконалення спеціалізації виробництва, структури посівних площ, застосування прогресивної агротехніки, підвищення родючості земель [4].

Отже, виробнича цінність землі, її ПРП визначається соціально-економічними чинниками, а саме характером і рівнем розвитку продуктивних сил.

Рушійними силами розвитку ТГ у процесі землекористування є два типи протиріч, це протиріччя між суспільними та власними інтересами (інтересами власника, галузі) та протиріч пов'язаних із розбіжністю інтересів одного з ієрархічного рівня у процесі використання інтегрального потенціалу території. Метою розвитку суспільно-територіального комплексу, а відповідно і землекористування, з точки зору суспільних інтересів, слід визначити досягнення збалансування економічних, соціальних і екологічних інтересів.

Одним із шляхів вирішення цього питання є пошук компромісів між суспільними та власними інтересами з метою такого їх узгодження, яке б забезпечило зміну способів функціонування і організації землекористування у бажаному напрямі. Таким компромісом є максимально близький до оптимального розподіл ресурсів території між компонентами суспільно-територіального комплексу одного або різних ієрархічних рівнів. Цього компромісу можливо досягти через впровадження «компромислої» структури — використання як земельних, так і інших ресурсів.

Ступінь відповідності існуючої структури землекористування компромісній (оптимальній) можна оцінити за наслідками використання інтегрального потенціалу території (економічними, соціальними, екологічними). Визначити напрями наближення реальної структури землекористування до компромісної можна через дослідження зв'язку між структурою використання інтегрального потенціалу території і екоситуацією, в межах проблемного підходу (проблемного районування). Такий напрям еколого-соціальних досліджень землекористування у регіональному аспекті слід вважати перспективним.

## ВИСНОВКИ

Оцінюючи нинішній рівень наукової розробки зазначених проблем, слід відверто наголосити, що він є вкрай недостатнім і не відповідає вимогам часу. Адже сьогодні практика не має всебічно обґрунтованих та виважених рекомендацій насамперед щодо організації раціонального, еколого-безпечного, скорегованого співвідношення сільськогосподарських угідь із врахуванням лісовкритих територій між дестабілізуючими і стабілізуючими, до якого дійшли більшість країн Західної Європи. Збалансованого землекористування в загальній системі аграрного природокористування на основі інтегрального еколого-економічного підходу до формування збалансованих, високопродуктивних і екологічно зрівноважених агроландшафтів. Методології і методів оцінки екологічності аграрного виробництва загалом та землекористування зокрема. Способів та напрямів проведення в країні адміністративно-територіальної реформи та реформи децентралізації, що супроводжується укрупненням територіальних громад, у ТГ, та підвищенням їх ролі у розв'язанні питань місцевого розвитку, з урахуванням екологічних чинників, вимог і обмежень, а також методів оцінки негативних екологічних наслідків агропромислового виробництва й урахування її під час визначення його кінцевої ефективності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дребот О.І., Добряк Д.С., Мельник П.П. Наукові основи природно-сільськогосподарського районування території України в сучасних умовах. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282745>.
2. Дребот О.І., Височанська М.Я., Сахарнацька Л.І. Модель ефективності використання економічного механізму земель сільськогосподарського призначення. *Ефективність державного управління*. 2018. Вип. 57. С. 163–177. DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4011.57.2018.164641>.
3. Дребот О.І., Височанська М.Я., Сахарнацька Л.І. Інституціональне забезпечення трансформаційних форм аграрного господарювання в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 148–156. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184175>.
4. Гуцуляк Г., Гуцуляк Ю. Система збалансованого землеволодіння і природокористування в об'єднаних територіальних громадах та принципи його формування. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278533>.
5. Савченко В.Ф., Катрушенко К.М. Екологічні проблеми Чернігівщини та шляхи їх вирішення. *Формування ринкової економіки*. 2011. Спец. вип. Регіональний розвиток України: проблеми та перспективи. Ч. 2. С. 560–567. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/22da42cb-1801-4577-965e-824db0495174/content>.
6. Сердюк А.М., Стусь В.П., Ляшенко В.І. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності населення у промислових регіонах України: моногр. Дніпропетровськ: Пороги, 2011. 486 с.
7. Андрусевич А. Жити по-європейськи: оцінка впливу на довкілля та якість життя. 2014. URL: [http://gazeta.dt.ua/ECOLOG/zhiti-po-yevropeyski-ocinka-vplivu-na-dovkillyata-yakist-zhyttaa\\_.html](http://gazeta.dt.ua/ECOLOG/zhiti-po-yevropeyski-ocinka-vplivu-na-dovkillyata-yakist-zhyttaa_.html).
8. Базилевич І., Борусевич А., Веклич О. Національна екологічна політика України: оцінка і стратегія розвитку. URL: [http://www.un.org.ua/files/national\\_ecology.pdf](http://www.un.org.ua/files/national_ecology.pdf).
9. Триснюк В.М., Мокрий В.І. Основні екологічні проблеми та шляхи їх подолання в західному регіоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.11. С. 75–79. URL: [chrome-extension://efaiddnbnmnniprcajpcglcfindmkaj/https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22\\_11/75\\_Tys.pdf](chrome-extension://efaiddnbnmnniprcajpcglcfindmkaj/https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/75_Tys.pdf).
10. Гуцуляк Ю.Г. Досвід еколога-ландшафтного районування території в Україні та в гірських західних районах (верхній і регіональний рівні). Чернівці: Прут, 2008.
11. Гуцуляк Г., Височанська М., Сахарнацька Л. Пропозиції пріоритетні завдання збереження довкілля об'єднаних територіальних громад та відтворення його потенціалу в умовах Карпатського регіону. Київ: ДІА, 2023. 19 с.

## REFERENCES

1. Drobot, O.I., Dobriak, D.S. & Melnyk, P.P. (2023). Naukovi osnovy pryrodno-silskohospodarskoho raionuvannya terytorii Ukrainy v suchasnykh umovakh [Scientific bases of natural and agricultural zoning of the territory of Ukraine in modern conditions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 5–12. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282745> [in Ukrainian].
2. Drobot, O.I., Vysochanska, M.Ya. & Sakharnatska, L.I. (2018). Model efektyvnosti vykorystannia ekonomichnoho mekhanizmu zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Model of the efficiency of the use of the economic mechanism of agricultural lands]. *Efektivnist derzhavnoho upravlinnia — Efficiency of public administration*, 57, 163–177. DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4011.57.2018.164641> [in Ukrainian].
3. Drobot, O.I., Vysochanska, M.Ya. & Sakharnatska, L.I. (2019). Instytutsionalne zabezpechennia transformatsiinykh form ahramoho hospodariuvannia v Ukraini [Institutional support of transformational forms of agricultural management in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 148–156. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184175> [in Ukrainian].
4. Hutsuliak, H. & Hutsuliak, Yu. (2023). Sistema zbalansovanoho zemlevolodinnia i pryrodokorystuvannia v obiednanykh terytorialnykh hromadakh ta pryntsyyp yoho formuvannia [The system of balanced land ownership and nature use in united territorial communities and the principles of its formation]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 1, 12–17. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278533> [in Ukrainian].
5. Savchenko, V.F. & Katrushenko, K.M. (2011). Ekolohichni problemy Chernihivshchyny ta shliakhy yikh vyrishennia [Ecological problems of Chernihiv Oblast and ways to solve them]. *Formuvannia rynkovoї ekonomiky. Rehional'nyy rozvytok Ukrainy: problemy ta perspektyvy — Formation of market economy, special issue. Regional development of Ukraine: problems and prospects*, 2, 560–567. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/22da42cb-1801-4577-965e-824db0495174/content> [in Ukrainian].
6. Serdiuk, A.M., Stus, V.P. & Liashenko, V.I. (2011). *Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiedialnosti naselennia u promyslovykh rehionakh Ukrainy: monohrafiia [Environmental ecology and safety of the population in industrial regions of Ukraine: monograph]*. Dnipropetrovsk: Porohy [in Ukrainian].
7. Andrusovich, A. (2014). *Zhyty po-yevropeysky: otsinka vplyvu na dovkillia ta yakist zhyttaa [Living in a European way: assessment of the impact on the environment and quality of life]*. URL: <http://gazeta.dt.ua/>



- ECOLOGY/zhiti-po-yevropeyski-ocinka-vplivu-nadovkillyata-yakist-zhittya-.html [in Ukrainian].
8. Bazylevych, I., Borusevych, A. & Veklych, O. (n.d.). *Natsionalna ekolohichna polityka Ukrainy: otsinka i stratehiia rozvytku [National environmental policy of Ukraine: assessment and development strategy]*. URL: [http://www.un.org.ua/files/national\\_ecology.pdf](http://www.un.org.ua/files/national_ecology.pdf) [in Ukrainian].
  9. Trysniuk, V.M. & Mokryi, V.I. (2012). Osnovni ekolohichni problemy ta shliakhy yikh podolannia v zachidnomu rehioni Ukrainy [The main environmental problems and ways to overcome them in the western region of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 22.11, 75–79. URL: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22\\_11/75\\_Tys.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/75_Tys.pdf) [in Ukrainian].
  10. Hutsuliak, Yu.H. (2008). *Dosvid ekoloho-landshaftnoho raionuvannia terytorii v Ukraini ta v hirskykh zachidnykh raionakh (verkhni i rehionalnyi rivni) [Experience of ecological and landscape zoning of the territory in Ukraine and in mountainous western regions (upper and regional levels)]*. Chernivtsi: Prut [in Ukrainian].
  11. Hutsuliak, H., Vysochanska, M. & Sakharnatska, L. (2023). *Propozytii priorytetni zavdannia zberezhenia dovkillia obiednanykh terytorialnykh hromad ta vidtvorennia yoho potentsialu v umovakh Karpatskoho rehionu [Proposals for the priority tasks of preserving the environment of united territorial communities and reproducing its potential in the conditions of the Carpathian region]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 27.03.2024

---

# ОПОДАТКУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТОВАРОВИРОБНИКІВ У КОНТЕКСТІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ: ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Н.І. Паляничко, В.Ю. Гром

*Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: spalianychko@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2230-9634  
e-mail: vadimgrom@ukr.net; ORCID: 0009-0006-5461-6929*

*У статті досліджено стан, проблеми та перспективи оподаткування сільськогосподарських товаровиробників. Здійснено аналіз структурних елементів податкової політики. Підраховано податкове навантаження відносно, чистого прибутку, площі сільськогосподарських угідь і ріллі. Визначено недоліки спеціальних режимів оподаткування вітчизняних сільськогосподарських підприємств. Розроблено напрями покращання механізму оподаткування сільськогосподарських виробників. Функціонування сільськогосподарських товаровиробників має передбачати різнопланову державну підтримку у фіскальній сфері, зокрема, надання певних пільг під час оподаткування. Досліджено взаємозв'язок між оподаткуванням сільськогосподарських підприємств та ефективністю їхньої діяльності у контексті забезпечення продовольчої безпеки держави, а також екологічні аспекти оподаткування, зокрема вплив оподаткування на стимулювання екологічно чистого виробництва й використання земельних ресурсів. Надано рекомендації щодо вдосконалення системи оподаткування сільськогосподарських товаровиробників із метою підвищення продовольчої безпеки та збереження екологічної стабільності. Авторами проаналізовано податкові ставки, пільги й обтяження, що стосуються сільськогосподарських підприємств, які впливають на їх фінансове становище та розвиток. У статті висвітлено основні аспекти, які визначають оподаткування аграрних виробників, а також враховано сучасні тенденції та перспективи в цій сфері. Дослідження дає можливість зрозуміти складні аспекти оподаткування, які впливають на сільське господарство, а також висвітлює можливі шляхи оптимізації податкового навантаження для підтримки стійкого розвитку аграрного сектору та звертає увагу на можливі стратегії оптимізації податкових платежів для сільськогосподарських виробників, спрямованих на підвищення їх конкурентоспроможності й витривалості у змінних умовах ринку. Ефективне ведення агробізнесу можливе лише за умови стабільності та прогнозованості податкового законодавства, що забезпечує оптимальне податкове навантаження на підприємства. Специфіка аграрної галузі вимагає особливих підходів до оподаткування суб'єктів господарювання цього сектору економіки. Відтак актуалізується проблема формування ефективної системи оподаткування діяльності підприємницьких структур в аграрному секторі економіки, зокрема задля забезпечення належного рівня продовольчої безпеки держави.*

**Ключові слова:** *землі сільськогосподарського призначення, агробізнес, аграрна діяльність, податки та збори, податкове навантаження.*

## ВСТУП

В умовах постійних змін у світі, пов'язаних із різноманітними політичними, економічними, соціальними процесами, питання забезпечення населення сільськогосподарською продукцією, й питання оподаткування сільськогосподарських товаровиробників набувають дедалі більшої важливості та актуальності. Ця тема є не лише економічною, а й соціальною,

адже вона впливає на долю мільйонів людей та формує економічний ландшафт країни загалом. У нашій статті ми розглянемо проблеми, з якими стикаються сільськогосподарські товаровиробники у сфері оподаткування, а також визначимо перспективи розвитку цієї галузі, зокрема шляхи сприяння стійкому економічному зростанню в сільському господарстві.

У контексті глибини міжнародної економічної інтеграції сучасні тенденції роз-

витку аграрного сектору свідчать про нагальну необхідність розв'язання проблем, пов'язаних із збалансованим розвитком підприємницьких структур та агробізнесу загалом. Здійснення господарської діяльності сільськогосподарськими товаровиробниками невід'ємно пов'язано з розмаїттям державної підтримки в податковій сфері, включаючи надання певних пільг у сфері оподаткування. Ефективне управління агробізнесом можливе лише за умови відкритості, прозорості, стабільності та ясності податкового законодавства, яке гарантує оптимальне податкове навантаження для підприємств. Система оподаткування сільськогосподарських підприємств залишається однією з ключових та найбільш складних компонентів податкової системи України. Зважаючи на специфіку аграрного сектору, необхідність спеціальних підходів до оподаткування суб'єктів господарювання цієї галузі залишається актуальною метою для вивчення проблеми та формування ефективної системи оподаткування в аграрному секторі економіки.

**Мета дослідження** — здійснення аналізу оподаткування діяльності сільськогосподарських підприємств, оцінка ефективності дії механізму оподаткування підприємств — виробників сільськогосподарської продукції, а також розробка пропозицій щодо посилення його регулювальної і стимулювальної функцій.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед наукових праць, присвячених значеній проблематиці, можна виділити праці О. Николюк [2], Н. Паляничко [4], С. Данькевич [5], О. Дребот [6], та інших вчених, які присвячені висвітленню проблем і вдосконаленню податкового механізму оподаткування сільськогосподарських виробників: перегляду спеціального режиму оподаткування ПДВ та фіксованого сільськогосподарського податку, розробленню податкового інструментарію, що дає змогу знайти компроміс та одночасно захищати інтереси держави й сільгоспвиробників. Останні зміни до Податкового

кодексу України залишають невирішеними питання оптимізації податкового навантаження на виробників різних видів сільськогосподарської продукції, зокрема, проблеми спрощеної системи оподаткування зазначених виробників та скасування спеціального режиму оподаткування ПДВ.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічною основою дослідження є загальнотеоретичні методи наукового пізнання, фундаментальні положення і принципи економіки сільського господарства, що зазначені в працях вітчизняних вчених із проблем забезпечення збалансованого оподаткування сільськогосподарських виробників. Використано методи: *діалектичний метод пізнання* (для аналізу законодавчих та нормативних актів і наукових праць вчених щодо вказаної проблематики); *синтез і логічне узагальнення* (концептуальних основ необхідності й передумов стабільного та зрозумілого фінансово-економічного механізму оподаткування сільськогосподарського сектору економіки); *монографічний* (виявлення чинників удосконалення наявних та створення нових інструментів); *метод аналогій* (дослідження перенесення закономірностей розвитку одного процесу з певними поправками на інший процес); *статистичний метод* (ґрунтується на кількісних показниках, які дають можливість сформулювати висновок щодо необхідності раціонального оподаткування); *порівняльного аналізу* (аналіз найбільш актуальних проблем функціонування економічних і фінансових інструментів оподаткування сільськогосподарських товаровиробників); *кореляційного аналізу* (визначення співвідношення між статистичними показниками та виявлення чинників, які впливають на фактичний стан справ; співвідношення взаємозв'язків із прогнозованим вищезгаданим під дією певних чинників); *графічний*; *трендовий аналіз* (визначення основної тенденції динаміки показників); *абстрактно-логічний* (теоретичні узагальнення та формулювання висновків).

*Інформаційну базу* дослідження становлять матеріали та офіційні дані: Державної служби статистики України, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, Державної податкової служби України; дослідження вітчизняних і зарубіжних учених із питань раціонального оподаткування сільськогосподарських товаровиробників, матеріали власних досліджень.

**РЕЗУЛЬТАТИ  
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

До війни сільське господарство України виробляло 10% ВВП, забезпечувало роботу 14% робочої сили та створювало 41% загального експорту. Урожай зернових та олійних культур у 2022 р. впав на 37% у річному обчисленні. Поряд із підвищенням цін на сировину, особливо на добрива та

дизельне паливо, зниження сільськогосподарського виробництва значно зменшило доходи фермерів. Площа посіву пшениці озимої в 2022 р. скоротилася на 25%, і багато аграріїв перейшли на олійні культури, що ще більше зменшило врожай та експорт зерна в Україні у 2023 р. Низькі обсяги експорту зерна, своєю чергою, посилюють глобальну продовольчу безпеку, викликаючи ризик того, що нинішня криза доступу до продовольства перетвориться на кризу доступності продовольства впродовж подальших кількох років. UKRAINE Rapid Damage and Needs Assessment February 2022 – February 2023. March 2023, the World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations [1].

Площа постраждалих сільськогосподарських угідь у 2022 р. становила 10514,13 тис. га (*табл. 1*), а площа угідь,

Таблиця 1. Динаміка площі сільськогосподарських угідь, тис. га\*

Region	До вторгнення 2021 р.	Доступні землі			2024 до 2021 р., %
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	
Вінницька	2014,19	2014,19	2014,19	2014,19	100,0
Волинська	1047,49	1047,49	1047,49	1047,49	100,0
Дніпропетровська	2512,02	2512,02	2512,02	2512,02	100,0
Донецька	2046,43	736,71	736,71	736,71	36,0
Житомирська	1509,25	1297,95	1509,25	1509,25	100,0
Закарпатська	451,46	451,46	451,46	451,46	100,0
Запорізька	2242,60	583,08	583,08	583,08	26,0
Івано-Франківська	630,89	630,89	630,89	630,89	100,0
Київська	1855,88	1169,20	1855,88	1855,88	100,0
Кіровоградська	2032,20	2032,20	2032,20	2032,20	100,0
Луганська	1401,30	0	0	0	0,0
Львівська	1261,83	1261,83	1261,83	1261,83	100,0
Миколаївська	1993,88	1714,74	1934,07	1934,07	97,0
Одеська	2517,19	2517,19	2517,19	2517,19	100,0
Полтавська	2164,88	2164,88	2164,88	2164,88	100,0
Рівненська	926,36	926,36	926,36	926,36	100,0
Сумська	1696,84	509,05	1442,31	1442,31	85,0
Тернопільська	1050,68	1050,68	1050,68	1050,68	100,0
Харківська	2639,88	1425,53	1425,53	2111,90	80,0
Херсонська	1966,66	98,33	98,33	393,33	20,0
Хмельницька	1565,74	1565,74	1565,74	1565,74	100,0
Черкаська	1451,57	1451,57	1451,57	1451,57	100,0
Чернівецька	469,57	469,57	469,57	469,57	100,0
Чернігівська	2060,93	412,19	2060,93	2060,93	100,0
Україна	39509,68	28042,85	31742,16	32723,53	82,8

*Примітка:* узагальнено авторами за даними [2]; \* без урахування тимчасово окупованої території АР Крим.

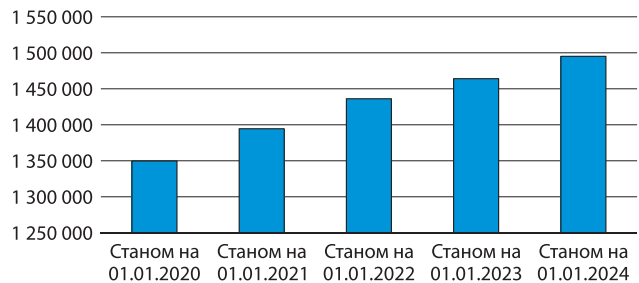
які у цьому році могли використовуватись у сільськогосподарській діяльності, сягала 32 924,0 тис. га, що на 26,04% менше порівняно із площею до початку повномасштабного вторгнення. У 2023 р. площа сільськогосподарських угідь збільшилась на 13,19%, у т. ч. за рахунок розширення ріллі та перелогів на 12,31%. Станом на початок 2024 р. площа територій України, придатних для ведення господарської діяльності, становила 48109,77 тис. га, тобто зросла на 16,78% порівняно із 2022 р. і на 2,83% відносно 2023 р. за рахунок деокупації частини областей [2].

Одночасно, за останні п'ять років спостерігається хоч і не значне, але стабільне зростання кількості юридичних осіб — сільськогосподарських підприємств (товаровиробників), що свідчить про розвиток бізнесу та посилення ролі сільськогосподарських товариств в економічному житті держави. Ця динаміка є своєрідним показником, індикатором зацікавлення до ведення бізнесу на території України, а також вказує на збільшення підприємництва, не зважаючи на всі наявні недоліки в законодавстві та регулюванні діяльності. Так, відповідно до відомостей наданих Державною службою статистики України (Держстат України), в період з 01.01.2020 по 01.01.2024 р., простежується послідовне підвищення зареєстрованих юридичних осіб — сільськогосподарських виробників (рис. 1). Якщо станом на 01.01.2020 р. загальна кількість зареєстрованих юридичних осіб в Україні, за видом економічної діяльності «Сільське, лісове та рибне господарство» становила 1 350 627, то станом на 01.01.2024 р. цей показник зріс до 1 495 879, або на 145 252 суб'єктів господарювання (на 10,75%).

За останні десятиліття спостерігається зростання інтересу до створення власних бізнесів. Підприємці, сприяючи інноваціям та конкуренції, розширюють економічний потенціал країни, а також створюють нові робочі

місця. Заохочення уряду та розвиток підприємницького середовища важливі для збільшення кількості юридичних осіб. Простіші процедури реєстрації бізнесів, податкові пільги та інші стимули роблять підприємство більш привабливим. Аграрний сектор економіки є важливим елементом економічної системи країни, сприяючи не лише забезпеченню продовольчої безпеки держави, але й соціально-економічному, політичному, міжнародному розвитку країни. Однак, оподаткування сільських господарств залишається актуальною та багатогранною проблемою, що потребує системного аналізу та ефективних, своєчасних рішень.

Податкові надходження мають бути спрямовані на стимулювання забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки з боку користувачів природними, зокрема земельними, ресурсами. Тобто, ці кошти повинні використовуватись лише за цільовим призначенням — спонукати платника податків до впровадження заходів з охорони навколишнього природного середовища [4]. Запровадження програм державної підтримки фермерських господарств шляхом спрощення системи оподаткування, пільгового кредитування, створення умов для використання державної інфраструктури, гарантування доступу до внутрішніх ринків збуту, підтримки експорту продукції сільськогосподарського виробництва сприятимуть підвищенню зацікавленості землекористувачів у забезпеченні збалан-



**Рис. 1.** Динаміка кількості зареєстрованих юридичних осіб в Україні за видом економічної діяльності «Сільське, лісове та рибне господарство»

*Примітка:* сформовано авторами за даними [3].

сованого рівня землекористування, відтворенню і збереженню родючості ґрунтів, а відтак і забезпеченню продовольчої безпеки [5].

В економічному аспекті продовольча система вважається стійкою, якщо діяльність кожного суб'єкта продовольчої системи створює переваги або економічну додану вартість для всіх категорій зацікавлених сторін: заробітна плата для працівників, прибутки для підприємств, покращання постачання продовольства для споживачів, податки для держави [6]. В контексті останнього, досягнення збалансованого рівня землекористування, зусилля з розбудови організаційно-економічних умов щодо забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки мають бути спрямовані на розв'язанні питань формування в Україні нової парадигми розвитку земельних відносин у контексті євроінтеграційних процесів [7]. Отже, у контексті інтеграції України у світове співтовариство, особливої ваги набуває розв'язання проблем оподаткування сільськогосподарських підприємств АПК України, як ключового сектору економіки країни, оскільки це визначає, значною мірою, продовольчу безпеку держави та добробут населення.

Податки, сплачені підприємствами до бюджетів усіх рівнів — один з основних економічних результатів їх роботи. За даними Державної фіскальної служби України сплата податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А — сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України з 2019 по 2023 рр. (табл. 2) за період з 2019–2021 рр. має тенденцію до зростання у всіх регіонах України. Втім, починаючи з 2022 р. позитивна динаміка сплати податків сільськогосподарськими товариствами залишилася лише в Дніпропетровській, Львівській, Одеській, Полтавській та Черкаській обл.

Якщо у 2021 р. у структурі сплачених податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) частка податку на додану вартість із вироблених в Україні това-

рив (робіт, послуг) становила 40,32% (рис. 2), то у 2023 р. ця частка зменшилася у 1,5 раза і сягала лише 26,6% (рис. 3).

Сьогодні уряд активно вживає заходів із підтримки АПК у вигляді дотацій, субсидій, пільгового кредитування та пільгового оподаткування. За допомогою найрізноманітніших важелів, зокрема податкових, держава підтримує дрібних і невеликих виробників. Такі інструменти діють у багатьох державах, де застосовують різні форми податкових та інших пільгових режимів — від податкових ставок єдиного сільськогосподарського податку до пільгового кредитування сільгоспвиробників, надання субсидій і встановлення гарантованих закупівельних цін та державних закупівель сільськогосподарської продукції. Пільгове оподаткування в розвинених країнах диференційоване: дрібний виробник користується пільговим режимом оподаткування, середній і великий — звичайним. Основні податкові пільги, якими держава підтримує аграріїв: зменшення оподаткованого доходу фермерів через прискорену амортизацію машин і обладнання; податкові кредити, податкові знижки на прибуток дрібного бізнесу і збиткових підприємств; система пільг при покупці нової техніки та використання нових технологій; податкові пільги на інвестиції в сільське господарство; податкові пільги на резервні та інші фонди [9].

Відносний показник податкового навантаження — сплати податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А — сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України у розрахунку на 1 га земель сільськогосподарського призначення, доступних до використання, загалом по Україні у 2023 р. зріс на 14,7% порівняно з 2021 р. (рис. 4). Значення абсолютного показника сплати податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за цей самий період знизилося на 7,9%, а з урахуванням індексів інфляції зменшення становить майже 10%.

Податкове навантаження на 1 га земель сільськогосподарського призначення зрос-

Таблиця 2. Динаміка сплачених податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А – сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України, тис. грн\*

Регіон	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 до 2019 р., %	2023 до 2021 р., %
Вінницька	3896057	4137399	4376407	3884712	4157631	112,3	95,0
Волинська	928659	1124239	1459020	1581700	1256257	157,1	86,1
Дніпропетровська	2986164	3840443	3772385	3250169	3916559	126,3	103,8
Донецька	1551136	1936957	1850660	876635	652033	119,3	35,2
Житомирська	2107322	2256094	2686276	2650762	2397010	127,5	89,2
Закарпатська	491993	458014	575128	664561	414763	116,9	72,1
Запорізька	2301343	2856489	2763228	922349	492755	120,1	17,8
Івано-Франківська	689558	743129	978734	980557	812223	141,9	83,0
Київська	3609336	3911265	4042130	3662171	4028833	112,0	99,7
Кіровоградська	3249906	3577675	3569155	3154621	3498257	109,8	98,0
Луганська	1179850	1466904	1578769	312866	7916	133,8	0,5
Львівська	1146654	1279230	1608079	1872497	1792905	140,2	111,5
Миколаївська	2126641	2191227	2239611	1541004	1978071	105,3	88,3
Одеська	2675114	2308181	2863595	2478648	3112682	107,0	108,7
Полтавська	4271938	4571702	4729531	4254908	4985205	110,7	105,4
Рівненська	1069653	1179411	1715898	1640357	1283866	160,4	74,8
Сумська	2919323	3360017	3690433	2875071	3039773	126,4	82,4
Тернопільська	1325037	1786865	2071109	1747547	1959704	156,3	94,6
Харківська	3101922	4143084	3929709	2117569	2648929	126,7	67,4
Херсонська	1772846	2206085	2287970	511844	179685	129,1	7,9
Хмельницька	2457503	2693112	2944379	2962729	2873123	119,8	97,6
Черкаська	3862090	4130460	4657534	4511341	4832536	120,6	103,8
Чернівецька	549944	654892	702561	645920	548995	127,8	78,1
Чернігівська	2549578	3079799	3562300	2738221	3003856	139,7	84,3
Україна	57127609	64291758	69097738	54927901	63653511	121,0	92,1

Примітка: узагальнено авторами за даними [8]; \* без урахування тимчасово окупованої території АР Крим.

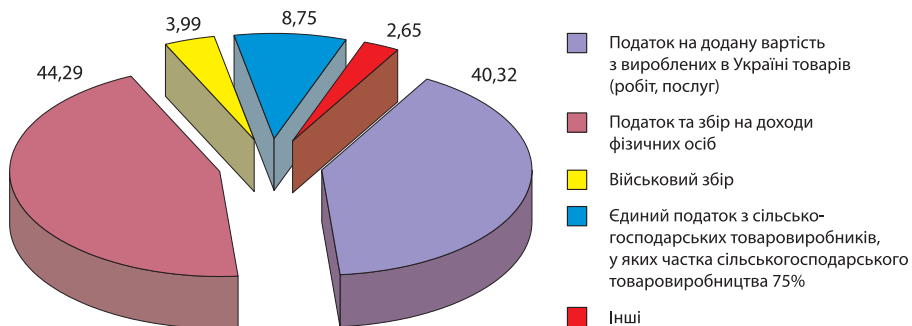
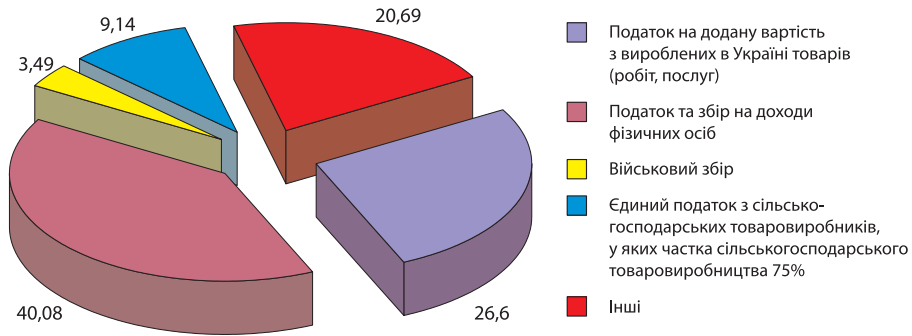


Рис. 2. Структура сплачених податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А – сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України у 2021 р., %\*

Примітка: узагальнено авторами за даними [8]; \* без урахування тимчасово окупованої території АР Крим.

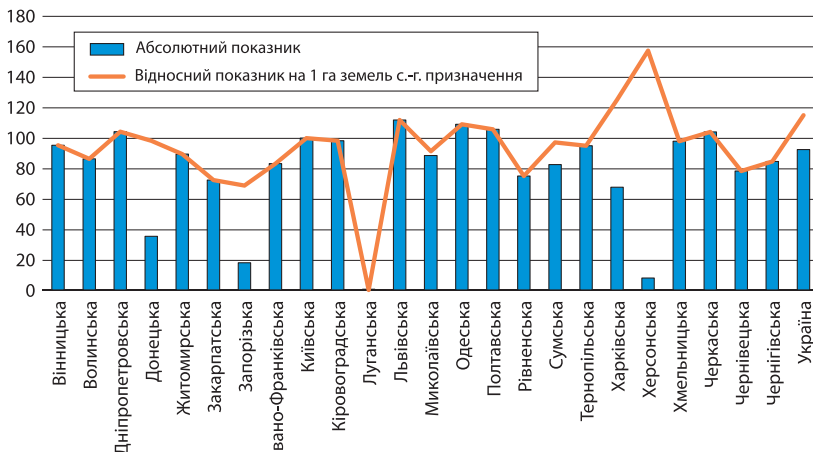


**Рис. 3.** Структура сплачених податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А – сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України у 2023 р., %\*

*Примітка:* узагальнено авторами за даними [8]; \* без урахування тимчасово окупованої території АР Крим.

тало значно швидшими темпами, ніж абсолютний показник, що свідчить про певний дисбаланс рівня оподаткування. Також податкове навантаження на 1 га земель сільськогосподарського відзначається нерівномірністю за регіонами України. Існуюче фіскальне регулювання сільськогосподарського землекористування зумовлюється необхідністю посилення функції наповнення бюджету.

Необхідно запроваджувати інструменти державної підтримки для сільських господарств, зокрема податкові пільги, що дадуть змогу зменшити фінансовий тиск та сприятимуть розвитку бізнесу. Підтримка розвитку підприємств агропромислового комплексу (сільськогосподарських виробників) передбачається також у напрямках здешевлення та надання кредитів фермерським господарствам; підтримка



**Рис. 4.** Темпи зміни сплати податків сільськогосподарськими товариствами (виробниками) за видом економічної діяльності (А – сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство) до Зведеного бюджету України за період 2021–2023 рр., %\*

*Примітка:* узагальнено авторами за даними [2; 8]; \* без урахування тимчасово окупованої території АР Крим.



закладання молодих садів, виноградників та ягідників і нагляд за ними; допомога тваринництву; компенсації вартості техніки та обладнання; фінансова підтримка сільгоспвиробників. Дотації як засіб підтримки сільгоспвиробників мають бути більш різноманітними у своїй направленості [10]. На сучасному етапі, враховуючи існуючий в Україні бюджетний дефіцит на тлі еколого-економічної кризи, найбільш активно можуть бути застосовані інструменти як прямого, так і опосередкованого стимулювання, а також за рахунок накопичених підприємствами-товаровиробниками власних ресурсів. Це може реалізовуватися на основі пільгового режиму оподаткування та кредитування доходів фізичних або юридичних осіб [11].

Для розв'язання проблем оподаткування сільськогосподарських товаровиробників необхідно розглядати перспективи розвитку та запроваджувати відповідні заходи. Одним із шляхів може бути реформа податкової системи для зниження податкового тягаря на аграрний сектор. Це сприятиме стимулюванню інвестицій, підвищенню конкурентоспроможності та позитивно впливатиме на розвиток сільського господарства, особливо в умовах воєнного стану.

## ВИСНОВКИ

Проблема оподаткування сільськогосподарських товаровиробників в Україні по-

требує комплексного підходу та системних змін. Забезпечення справедливого та збалансованого оподаткування є ключовим для сталого розвитку аграрного сектору, а відтак, і забезпечення продовольчої безпеки. Реформи в сфері податкової політики, спрямовані на стимулювання інвестицій та полегшення фінансового тягаря на сільські господарства, повинні стати першочерговими заходами для нового етапу розвитку українського сільськогосподарського сектору.

Збалансована система оподаткування може стимулювати інвестиції, модернізацію та технологічний прогрес в аграрній галузі. Також важливо розглядати можливість надання сільськогосподарським товариствам пільг та стимулів для зменшення фінансового тягаря та сприяння їхньому стабільному функціонуванню. Сільське господарство має свою унікальну специфіку, і система оподаткування має враховувати ці особливості. Особливо важливо, в контексті євроінтеграції узгоджувати податкову політику з європейськими стандартами й нормами, переймати корисний та перевірений досвід інших країн, щоб стимулювати розвиток аграрного сектору і забезпечити підтримання його конкурентоспроможності на світовому рівні. Загалом, ефективне та справедливе оподаткування сільськогосподарських товариств в Україні є ключовим чинником для сталого розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки країни.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment February 2022 — February 2023. March 2023, the World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations. URL: <https://ukraine.un.org/sites/default/files/2023-03/P1801740d1177f03e0ab180057556615497.pdf>.
2. Николук О., Пивовар П., Назаркіна Р. та ін. Динаміка земельного фонду: як змінилися земельні ресурси України після 24 лютого 2022 року; Центр досліджень продовольства та землекористування (KSE Агроцентр). URL: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad\\_2\\_ukr.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf).
3. Державна служби статистики України: відповідь на запит на отримання публічної інформації (лист від 29.01.2024 № 15.1.3-22/196Пі-24).
4. Паляничко Н.І., Фурдичко О.І. Детермінанти фінансового забезпечення збалансованого рівня сільськогосподарського землекористування. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки.* 2017. № 1. С. 23–33.
5. Даникевич С.М., Дребот О.І., Паляничко Н.І. Фінансово-економічний механізм збалансованого використання земель лісгосподарського призначення (на прикладі Малого Полісся України): моногр. / за ред. О.І. Дребот. Київ: Аграрна наука, 2023. 415 с.
6. Дребот О.І., Бендасюк О.О., Палапа Н.В., Паляничко Н.І., Тараріко О.Г. та ін. Продовольча та екологічна безпека України в умовах воєнного стану: моногр. / за ред. О.І. Дребот. Київ: Видавництво

- НУБіП України, 2022. 266 с. URL: [https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/Monography/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%B0%20\\_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf](https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/Monography/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%B0%20_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf).
- Паляничко Н.І. Удосконалення еколого-економічного механізму впровадження ринку земель сільськогосподарського призначення в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 3. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201703>.
  - Державна податкова служба України: відповідь на запит на отримання публічної інформації (лист від 26.01.2024 № 203/ЗП/99-00-19-03-02-10).
  - Продовольча безпека: світові тенденції та можливість агропродовольчого комплексу України: моногр. / за ред. Л.В. Шинкарук. Київ: НУБіП, 2022. 306 с. URL: [chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u317/2022\\_monografiya\\_prodoovolcha\\_bezpeka.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u317/2022_monografiya_prodoovolcha_bezpeka.pdf).
  - Koptieva H. and Chernyuk P. Taxation of small businesses in Ukraine. *Проблеми соціально-економічного розвитку підприємств: XI Міжнар. наук.-практ. конф.* Харків: ТОВ «Планета-Прінт». 2018. С. 16.
  - Паляничко Н.І. Фінансово-економічне забезпечення збалансованого використання земельних ресурсів України / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2017. 240 с.

## REFERENCES

- Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment February 2022 — February 2023. March 2023, the World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations. URL: [https://ukraine.un.org/sites/default/files/2023\\_03/P1801740d1177-f03c0ab180057556615497.pdf](https://ukraine.un.org/sites/default/files/2023_03/P1801740d1177-f03c0ab180057556615497.pdf) [in English].
- Nikoliuk, O., Pyvovar, P., Nazarkina, R. et al. (2022). Dynamika zemel'noho fondu: yak zminyls' zemel'ni resursy Ukrainy pisllya 24 lyutoho 2022 roku [Dynamics of the land fund: how the land resources of Ukraine changed after February 24]. URL: [chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad\\_2\\_ukr.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf) [in Ukrainian].
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2024). *Vidpovid' na zapyt na otrymannya publichnoyi informatsiyi [Response to the request for public information]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Palyanychko, N.I. & Furdychko, O.I. (2017). Determinanty finansovoho zabezpechennya zbalansovanoho rivnya sil's'kohospodars'koho zemlekorystuvannya [Determinants of financial provision of a balanced level of agricultural land use]. *Visnyk Kharkivsk'oho natsional'noho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchayeva — Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva, 1*, 23–33 [in Ukrainian].
- Dankevich, S.M., Drebot, O.I. & Palyanychko, N.I. (2023). *Finansovo-ekonomichnyy mekhanizm zbalansovanoho vykorystannya zemel' lisohospodars'koho pryznachennya (na pryklad Maloho Polissya Ukrainy): monohrafiya [Financial and economic mechanism of balanced use of forestry lands (on the example of the Small Polissia of Ukraine): monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Drebot, O.O. (Ed.), Bendasyuk, O.O., Palapa, N.V., Palyanychko, N.I., Tarariko, O.H. et al. (2022). *Prodoovol'cha ta ekolohichna bezpeka Ukrainy v umovakh voyennoho stanu: monohrafiya [Food and ecological security of Ukraine under martial law: monograph]*. Kyiv: NUBIP. URL: [https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/Monography/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%B0%20\\_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf](https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/Monography/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%87%D0%B0%20_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf) [in Ukrainian].
- Palyanychko, N.I. (2017). Udoskonalennya ekoloho-ekonomichnoho mekhanizmu vprovadzhenya rynku zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya v Ukrainy [Improvement of the ecological and economic mechanism of the introduction of the agricultural land market in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Herald of Agrarian Science*, 3, 3–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201703> [in Ukrainian].
- Derzhavna podatкова sluzhba Ukrainy (2024). *Vidpovid' na zapyt na otrymannya publichnoyi informatsiyi [Response to a request for public information]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Shinkaruk, L.V. (Ed.). (2022). *Prodoovol'cha bezpeka: svitovi tendentsiyi ta mozhyvosti ahroprodoovol'choho kompleksu Ukrainy: monohrafiya [Food security: global trends and opportunities of ukraine's agriculture complex: monograph]*. URL: [chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u317/2022\\_monografiya\\_prodoovolcha\\_bezpeka.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u317/2022_monografiya_prodoovolcha_bezpeka.pdf) [in Ukrainian].
- Koptieva, H. & Chernyuk, P. (2018). Taxation of small businesses in Ukraine. *Problemy sotsial'no-ekonomichnoho rozvytku pidpryemstv: Tezy XI mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiyi [Problems of socio economic of enterprises: Abstracts of the XI international scientific and practical conference]*. (pp. 16). Kharkiv [in Ukrainian].
- Palyanychko, N.I. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2017). *Finansovo-ekonomichne zabezpechennya zbalansovanoho vykorystannya zemel'nykh resursiv Ukrainy [Financial and economic provision of balanced use of land resources of Ukraine]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 01.04.2024

# ТИРАЖУВАННЯ ПРАВДИВИХ ЗНАТЬ КОНСТИТУЦІЙНОГО ЗЕМЕЛЬНОГО ПРАВА — ОСНОВА СТАЛОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ

О.І. Ковалів

*Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: okovaliv@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4908-7963*

*Встановлено, що першопричиною багаторічного блукання української «еліти» в пошуку шляхів і методів формування сталого розвитку нової суверенної української держави, серед цивілізованих народів світу, стала гібридна маніпулятивна прорадянська система знань «відомчої монополії», яка укорінилась у науковому і педагогічному середовищі України і плавно переросла в «корумповано-олігархічну» систему заінтересованості в усьому просторі суспільних відносин. Обґрунтовано, що комуністична більшість Верховної Ради України ще в 1992 р. (в доконституційний період) у гібридний спосіб (розділяй і володарюй) самочинно розчленувала землю та її природні ресурси, яка є абсолютною власністю Українського народу, — на три різні форми власності «на землю» (державну, колективну і приватну). Здійснена так звана земельна реформа в Україні на базі «колективної власності на землю» не введена в конституційне поле до цього часу, а навпаки продовжує поглиблення, шляхом запровадження в антиконституційний спосіб надуманого обігу земель сільськогосподарського призначення (до 10 тис. га в одні руки). Доведено, що надважливою першочерговою дією як чинником наведення правопорядку в українській дійсності є правдиві знання економіко-правової сутності конституційного земельного прагматизму. Рівень життєдіяльності в нинішній Україні залежить від рівня світоглядної освіченості її громадян, особливо молоді, яка навчається в закладах системи Міністерства освіти і науки України. Вимагається, щоб кожний освічений громадянин України як повноправний (де-юре) співзасновник держави (республіки) і співвласник землі та її природних ресурсів, особливо студентська молодь, яка закінчує ЗВО, зокрема аграрні, володіла знаннями про конституційні права стосовно «землі» як головного капіталу нації, що є незамінною основою цивілізованої і заможної життєдіяльності кожного. Доведено, що наявність особистої засновницької (статутної) частки в капіталі нації, розмір якої для початку становитиме в еквіваленті понад 200 тис. дол. США стане реальним рушієм процесу проявлення громадянських прав українця.*

**Ключові слова:** знання, конституційне право, земля, природні ресурси, господарювання, агросфера, родючі ґрунти, природокористування.

## ВСТУП

Досягнення стану комфортної життєдіяльності людини, яка перманентно пов'язана з процесом природокористування, потребує балансу між задоволенням сучасних потреб суспільства, зумовлених розвитком матеріального виробництва, і безпеліційним захистом життя й здоров'я теперішніх та майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному й здоровому довіллі. Саме, такий процес ідентифікується Всесвітньою комісією з навколишнього середовища та розвитку ООН: «сталий розвиток» як «розвиток, котрий задовольняє потреби нинішнього покоління

без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби» [1].

Ретроспектива діяльності української наукової, професійної, громадської і владної еліт упродовж останнього тридцятиріччя, особливо у сферах пов'язаних із процесом використання (експлуатацією) природних багатств, унаслідок чого з'явилась численна кількість наукових праць, аналітичних і програмних документів, офіційних і публічних матеріалів, вказує на певну об'єктивність періодичного оцінювання існуючого стану, здебільшого як «негативний» і навіть — «критичний», а також на наявність, немовби, логічних і

актуальних численних порад і вимог стосовно врегулювання існуючих недоліків та проблем. Однак, підозрюючи корупційний антиукраїнський вплив на багатьох вчених України, що тягнеться з радянських часів, наявні проблеми з використанням і охороною землі та її природних ресурсів і довкілля не усунуто дотепер, а навпаки, їх кількість зростає і методика застосування верховенства права і правди — ускладнюється.

Зазвичай, у такому гібридному середовищі, де переважна більшість «досвідчених авторитетів» (авторів таких напрацювань), послуговуючись прорадянськими знаннями «відомчої монополії», яка плавно переросла в «корумповано-олігархічну систему», — не вбачається «чимось надзвичайним».

Натомість, перебування України в стані війни, вимагає якнайшвидшої перемоги, не лише зовнішнього людиноненависного ворога і стабілізації та закріплення цілісності всієї території в межах державного кордону, визнаного міжнародним товариством 1991 р., але й наведення правопорядку на «внутрішньому фронті», починаючи з очищення простору від «гібридних прорадянських знань щодо «землі»» серед науковців і педагогів, та їхніх учнів, які з часу прийняття Декларації про державний суверенітет України [2] й проголошення незалежності України нуртують в органах державної влади (законодавча, виконавча, судова) і місцевого самоврядування.

Саме, земельна норма Декларації про державний суверенітет України і аналогічна в Конституції України (далі — КУ) [3]: «Земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони (скорчено: «земля та її природні ресурси», а стисло «земля») є об'єктами права власності Українського народу» стосується всіх категорій землі та пов'язаних із нею природними ресурсами (надр, ґрунтів, лісів, повітряного простору, вод, енергетичних, частотних, оздоровчих, видових тощо...), що є природними об'єктами неподільного і

незмінного абсолютного (публічного) права власності (всіх громадян України, а не лише «селян»), у т. ч. — «ґрунтів» (земель сільськогосподарського призначення). Такі природні об'єкти не є об'єктами цивільних прав і тому не можуть купуватися чи продаватися, а бути — лише предметом «користування» на платній основі за встановленими регламентами.

Доведеним фактом є й те, що будь-яка дія в процесі офіційних суспільних відносин стосовно землі та її природних ресурсів усіх категорій землі як природних об'єктів виключного права власності Українського народу і основного національного багатства, що де-юре перебуває під особливою охороною держави, особливо родючих ґрунтів, має базуватись на об'єктивному світоглядному стані їх учасників і спрямовуватись на збалансоване задоволення суспільних і власних потреб, проте, лише — в просторі загальнонаціональних інтересів, а також — адекватних інтересів місцевих громад [4].

Особливого підходу до реанімації життєвого і господарського простору шляхом конституційно-вмотивованого врегулювання внутрішніх проблем потребують позазіські (сільські) території, які зазнали антиконституційної трансформації через домінування позиції агробізнесу і, як наслідок, тотального занепаду та руйнування «села» та природних агролісоландшафтів.

На жаль, до цих проблем додалися наслідки жакливої руйнації війною на територіях, які зазнали нищівної агресії і окупації, що спричинило нові досить специфічні й дороговартісні втрати та збитки, часто — непоправні...

У цьому зв'язку, кожний освічений громадянин України як повноправний (де-юре) співзасновник держави (республіки) і співвласник землі та її природних ресурсів, особливо студентська молодь, яка закінчує ЗВО, зокрема педагогічні, (незалежно від фахового профілю освіти), має володіти (насамперед) знаннями про конституційні права щодо «землі» як головного капіталу нації, що є (має бути) незамінною основою цивілізованої і заможної життєдіяльності,

бо ж на практиці (де-факто), поки що — НІ! [5].

Нас чекає велика кропітка і нестандартна робота, особливо після перемоги, яка почалася «тут і зараз»... Різноманітні концепції, програми, плани тощо повоєнного відновлення України, розроблені на базі «швидко спечених» аналітичних записок і доповідей, за секторальним та регіональним принципом, подають певні надії, проте не враховують численні довоєнні загальнонаціональні «владні наміри» й напруження щодо врегулювання земельних відносин і природокористування як правопорядку. Для прикладу, нам невідома доля Концепції загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 р. № 70-р [6].

Однак, із вірою в «українську людяність» та в перемогу «правди і права», озброївшись багаторічним досвідом і здобутими науково обґрунтованими новими знаннями «конституційного земельного прагматизму», продовжуємо знищувати «кригу невігластва» і звільнювати простір «волі» для проявлення відкритих нами «вперше» також засад когнітивної земельної економіки (КЗЕ-законів), що діють за законами неживої і живої природи та суспільства — в правовому полі чинних земельних норм КУ.

**Мета роботи** — обґрунтувати першопричини багаторічного блокування «ширих намірів» української еліти в пошуку шляхів і методів формування сталого розвитку українського суспільства серед цивілізованих народів світу, в основі якого (розвитку) лежать відкриті нами правдиві знання економіко-правової сутності конституційного земельного права як відповідних чинників функціонування комфортної життєдіяльності і господарювання в процесі здійснення системного землеприродокористування, з акцентом на агросферу.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Науково обґрунтованому аналізу, оцінці, прогнозуванню й моделюванню, вклю-

чаючи просторове та часове проектування, методам і механізмам бажаного раціонального використання й охорони родючих ґрунтів, водних та інших природних ресурсів, особливо в агросфері, приділяється велика увага в науковому середовищі України.

Із цієї тематики, останніми роками, з'явилося дуже багато статей (переважно в співавторстві) і тез (за наслідками «проведення» конференцій, круглих столів, переважно заочних як начебто «наукових») у зв'язку із різким збільшенням кількості здобувачів наукового ступеня: «кандидата наук», «доктора філософії», «доктора наук», а також із появою, на цій самій основі і для цього ж, нових різноманітних журналів, як «наукових» і «науково-практичних», переважно в електронному форматі, та «зарубіжних», зокрема категорії «Б», що включені до міжнародних науково-метричних баз.

Закономірно, значно побільшало досліджень і публікацій також стосовно аналізу і шляхів подолання наслідків війни, спричинених зовнішньою військовою агресією «рашизму» й окупацією Російською Федерацією Криму й частини території сходу і півдня України. Багато публікацій присвячено проблемам стану і наслідкам завданої різноманітної шкоди природним об'єктам, зокрема: ґрунтам, лісам, водним об'єктам, фауні й флорі.

На жаль, проблематика «землі» переважно зводиться до «аграрної», до обігу (ринку) земель сільськогосподарського призначення — з позиції інтересів агробізнесу. В кращому варіанті, висвітлюються результати досліджень щодо стану використання й охороною ґрунтів як ресурсу, що вважаються головним засобом виробництва і основним джерелом аграрного прибутку, а також звертається увага на інші складові ґрунту як природних, так і штучних чинників збільшення їх родючості, чи забруднення, засмічення тощо...

Для прикладу, в процесі виконання досліджень у наукових та освітніх установах (ННЦ «ІЗ НААН», Інститут механіки та автоматики агропромислового виробниц-

тва НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного), провідні вчені Національної академії аграрних наук України, доктори наук, професори Камінський В.Ф., Адамчук В.В., Булгаков В.М. та Надикто В.Т. провели «Аналіз можливих агроінженерних шляхів призупинення стрімкого падіння і подальшого забезпечення збереження гумусу ґрунтів сільськогосподарського призначення», що дало можливість зробити такі актуальні висновки: «Процес збереження структури ґрунтів сільськогосподарського призначення потребує термінового прийняття технологічно-організаційних рішень у напрямі: максимального обмеження іммобілізації азоту ґрунту після загортання у нього органічних решток; систематичного контролю забезпеченості ґрунтово-поглинального комплексу кальцієм і відповідними мікроелементами; розроблення технологічних прийомів і знарядь з обробітку ґрунту, спрямованих на розпушування поверхневого шару ґрунту із мінімальною площею його контакту з повітряно-крапельним середовищем; удосконалення основ агрегування сільськогосподарських машин / знарядь із урахуванням максимально допустимого буксування колісних енергетичних засобів на рівні 15% і концептуального підходу до їх баластування щодо вимог екофільності шин; застосування показника структурності ґрунту під час визначення періодичності строків проведення оранки плугами з передплужниками або двоярусними їх аналогами; широкого практичного застосування колійної системи землеробства (*Controlled Traffic Farming*); прийняття законодавчого документа щодо конкретної відповідальності землекористувачів за рівень родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення» [7].

Важливо, що ці вчені однозначно визнають відсутність в Україні дієвої законодавчої норми стосовно відповідальності за рівень родючості ґрунту як природного ресурсу, який конституційно задекларовано природним об'єктом права власності

Українського народу і основним національним багатством. Однак, не наголошують на приналежність земель сільськогосподарського призначення (ґрунтів) як ресурсів і як природних об'єктів — до такого права.

Відомі вчені ННЦ «Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» Балюк С.А., Шимель В.В. і Соловей В.Б., обґрутовуючи стан та завдання відновлення, охорони і управління ґрунтовими ресурсами України дійшли висновку: «Проблема раціонального використання та відновлення родючості ґрунтів, подолання їх деградації в Україні потребує нових організаційних і методичних підходів та комплексного розв'язання в системі законодавчого, нормативно-правового, нормативно-методичного, організаційного, інформаційного і технологічного забезпечення. Комплексність і взаємоузгодженість дій досягається розробленням та впровадженням нових стратегічних заходів у сфері збалансованого використання, охорони та управління ґрунтовими ресурсами з урахуванням масштабів деградації та екологічних наслідків» [8].

На жаль, у цій та й в інших численних працях науковців системи НААН, зовсім не згадується про справжнього власника «землі» — «Український народ», якому завдаються щорічні збитки, зокрема шляхом «деградації ґрунтів», які автори справедливо відносять до «сфери використання, охорони та управління ґрунтовими ресурсами». Бо ж, єдиним (справжнім) власником землі та її природних ресурсів (ґрунтів також) як природних об'єктів, які конституційно є основним національним багатством, що де-юре перебуває під особливою охороною держави, декларується, саме «Український народ», а не «користувачі...» [9].

Нами вбачається, що попит на такі «незнання» чи «невідання» вчених науковців і педагогів, у нашому випадку «здобути» (приховані) в аграрних навчальних закладах, де готують спеціалістів (магістрів), зокрема із землеробства та ґрунтознавства, формує агробізнес, який експлуатує при-

родні ресурси (грунти), вважаючи головним інтересом «одержання прибутку».

Мусимо констатувати й той факт, що на жаль, не знаходимо до цього часу наукових досліджень і відповідних публікацій, виконаних будь-ким із відомих нам численних вчених-аграріїв та економістів, окрім автора, які б розробляли науково обґрунтовані шляхи і механізми, що базувалися б на засадах чинних земельних норм КУ і, які б функціонували в когнітивній економічній системі управління економікою України — із позиції національних інтересів. Також немає у вчених-педагогів наукових праць, що розкривали б потреби тиражування здобутих автором правдивих знань у цій царині.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Інформаційну основу нашого дослідження становлять: КУ, вітчизняні та міжнародні законодавчі і нормативно-правові акти у сфері права, суспільних відносин, економіки природокористування, земельних відносин; матеріали і звіти Державної служби статистики України, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, архіви Інституту правотворчості та науково-правової експертизи НАН України; наявні матеріали і висновки власних наукових досліджень та практичного досвіду.

Методологічною основою дослідження було обрано діалектичну єдність і суперечливість генетичних та телеологічних засад пізнання соціально-правових явищ і понять із точки зору їх причинно-наслідкового зв'язку й взаємозалежності, історичного розвитку та функціонування; їх ціннісно-цільова структура й соціально-економічне призначення. Для виконання поставлених завдань використовували такі методи досліджень: монографічний (опрацювання наукових публікацій та статей, а також на шпальтах загальнонаціональної преси, які широко обговорювалися в громадянському середовищі, матеріалів нормативних, прогнозних і програмних документів, статистичних даних); абстрактно-логічний (тео-

ретичні узагальнення та формулювання висновків); аналізу й синтезу (обґрунтування методології системного дослідження) тощо.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Формування сталого розвитку українського суспільства з орієнтацією на цивілізовані народи світу, на жаль, затягнулося на десятиріччя. Європейський та євроатлантичний курс задекларовано лише 7 лютого 2019 р. Потреба в радикальних змінах суспільних відносин та реальна незворотність розвивати і зміцнювати демократичну, соціальну, правову державу проявилась після віроломного нападу рашистів на Україну 24 лютого 2022 р.

Важливо, що здобуття перемоги, в героїчній боротьбі Українського народу з рашизмом, — за вільну і гідну життєдіяльність на власній українській землі, зобов'язує всіх нас також негайно розгорнути повсякденну системну державотворчу роботу в усьому геопросторі України, включно з розв'язанням проблем раціонального використання і охорони всіх категорій землі та її природних ресурсів, особливо в агрофері, як природних об'єктів абсолютно права власності Українського народу і основного національного багатства, що де-юре перебуває під особливою охороною держави.

За цей час нам вдалося на системній основі поглибити комплексні наукові дослідження стосовно організаційно-економічних та екологічних засад і методів збалансованого користування природними об'єктами права власності Українського народу, що базуються на повноцінній інституалізації чинних земельних норм КУ як норм прямої дії, особливо на землях сільськогосподарського призначення. Проведено апробацію здобутих знань у рамках низки науково-практичних конференцій та круглих столів, не лише Інститутів системи НААН, а також серед правничої та педагогічної спільноти.

Адже, конституційно — земля та її природні ресурси (стисло «земля»), які зна-

ходиться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є природними об'єктами права власності Українського народу і основним національним багатством, що де-юре перебуває під особливою охороною держави (ст. 13 і 14 КУ) [3]. Вони (об'єкти) складають першорядну економіко-правову позавідомчу основу (базу) сталого і прозорого функціонування країни, беручи безпосередню участь, — в усіх галузях господарювання...

Конституційно-вмотивована загальнонаціональна власність, унітарність і непорушність кордонів вказують на те, що земля та її природні ресурси як природні об'єкти — не можуть бути предметом купівлі-продажу і не підлягають відчуженню будь-ким, на користь будь-кого і в будь-який спосіб, оскільки діє конституційна норма, за якою лише «громадяни України» мають право тільки — «користування» природними об'єктами як чужою (ціле-спільною) власністю (ч. 2, ст. 13 КУ) [3] — на платній основі за встановленими регламентами (правилами), а не «володіння» і не «розпорядження» ними.

Тому, повноцінне пізнання й уявлення ролі та функцій усіх об'єктів і всіх суб'єктів земельних відносин і природокористування в Україні з позиції конституційно декларованих прав — є надвагомими передумовами для законного державотворення і відновлення історичної справедливості, особливо нині, коли українці протистоять московському «рашизму», заставивши весь світ боротися з неправдою і брехнею також у своїх державах. У цьому процесі має відіграти прогресивну роль українська молодь і їхні вчителі (викладачі)...

На превеликий жаль, практика показує, що переважна більшість, не те, що студентів, але й викладачів й самих керівників навчальних закладів та їхніх підрозділів (факультетів, кафедр, лабораторій), не усвідомлюючи, не цінуючи і не дотримуючись своїх нереалізованих конституційних засадничих прав власності стосовно «основного національного багатства», застосову-

ють гібридні прорадянські наративи, розказуючи про заможне життя в розвинутих державах Америки й Європи, де люди живуть за власною «конституцією»...

Ми вибороти свій конституційний шлях і ніхто не може заперечити його засад, хоч змагання за утвердження конституційного права триває. Зазвичай, справедливо звинувачують передусім «правників-юристів», котрі із самого початку боротьби за незалежність України монополізували право на «законотворчу роботу», готуючи і приймаючи низку антиконституційних норм, закріплюючи «відомчу монополію» на природні ресурси як природні об'єкти (кодекс про надра, лісовий кодекс, водний кодекс тощо), яка трансформувалась в корумповано-олігархічне «володіння, управління і використання» ними...

Аргументами такого твердження є очевидне антиконституційне здійснювання дотепер так званої земельної реформи в Україні, включно із надуманим обігом земель сільськогосподарського призначення (до 10 тис. га в одні руки), які базуються на розчленуванні ще в доконституційний період комуністичною більшістю (1992 р.) в гібридний спосіб (розділяй і володарюй) абсолютної власності Українського народу — на три різні форми власності на землю — «державну, колективну, приватну», що не викорінено до цього часу [10].

Насправді, олігархічний «агробізнес», своєю чергою, на такій основі заволодів надвеликими площами земельних паїв (ділянок) на землях сільськогосподарського призначення. Наразі вдалося «монобільшості» ухвалити так званий закон «про ринок землі» у вигляді Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо умов обігу земель сільськогосподарського призначення» від 31.03.2020 № 552-IX. У цьому законі «логічно» відтерміновано введення низки правочинів і прибрано деякі наявні запобіжники під виглядом нової «земельної реформи», заклавши цілеспрямовано в назві та в окремих статтях закону термін «обіг земель сільськогосподарського призначення» замість «обіг земельних ділянок



на землях сільськогосподарського призначення» як об'єктів цивільного права.

Довершеним цинізмом антиконституційної діяльності, коли офіційно й конституційно взято курс на Європу, в якій домінують (96%) фермерські господарства із середнім розміром 18 га, в Україні з 1 січня 2024 р. вступила, згідно із зазначеним законом, надумана норма права набуття родючих угідь у власність для фізичних і юридичних осіб – «до 10 тис. га в одні руки» [11].

До таких внутрішніх проблем нині додалися жахливі та руйнівні наслідки, завдані воєнною агресією РФ, особливо на окупованих територіях, де проходили (відбуваються) бойові дії. Родючі ґрунти, водні об'єкти, ландшафти й цілі екосистеми потребують детального обстеження, прийняття відповідно обґрунтованих рішень і виконання певних робіт стосовно можливого подальшого використання всіх таких природних об'єктів, зокрема щодо розмінування, очищення, рекультивациі, ремедіациі, консервації та інших важливих кардинальних заходів із відновлення (сталого) землекористування.

До того ж в умовах гібридної глобалізації, а зараз і зовнішньої агресії, внутрішньої корупції та політичної нестабільності Україна потребує негайного безапеляційного та однозначного проявлення чинних конституційних земельних норм на користь громадян-співвласників. Особливого підходу з виправлення нинішнього стану природокористування вимагають специфічні відносини в аграрній та лісовій сферах, оскільки господарське використання відтворюваних природних ресурсів охоплює об'єкти та системи живої природи, які займають понад 85% усієї території держави. До них належать: ґрунти, тваринний світ, мікробіота, сонячна, вітрова та інша енергія, атмосфера, гідросфера, наземна рослинність та інші природні ресурси як незамінні чинники господарювання [11].

Допомагаючи Україні перемогти ворога у війні, цивілізована спільнота надає також істотну підтримку науковцям, зокрема через грантовий проєкт Національного

фонду досліджень України «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» конкурсу «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди» за підтримки Програми USAID з аграрного і сільського розвитку (АГРО).

Щоб привернути увагу до стану ґрунтового покриву, який зазнав руйнації, механічної, фізичної, хімічної, фізико-хімічної та біологічної деградації, забруднення, засмічення внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України, оцінити збитки, завдані земельному фонду та ґрунтовим ресурсам країни, а також наслідки руйнації дамби Каховської ГЕС, 5 грудня 2023 р. у рамках цього грантового проєкту в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» було проведено Міжнародну науково-практичну конференцію «Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення». В її роботі брали участь понад 250 учасників, з них більше 20 — із зарубіжних країн. Захід зареєстровано на Інтерактивній глобальній карті подій ФАО, присвячених Всесвітньому дню ґрунтів (World Soil Day 2023) [12].

На конференції було вказано на масштаби та інтенсивність прояву деградаційних процесів у ґрунтах України, зокрема в межах окремих територіальних громад Харківської обл., що представлено цифровими картами впливу воєнних дій на ґрунти України, Харківської обл. та Харківського р-ну, посиленні вітроерозійних процесів у зоні бойових дій, на основних методичних підходах до визначення збитків, завданих продуктивним землям України, зосереджено увагу на основних положеннях системи класифікації та оцінювання ступеня деградації ґрунтів, спричиненої бойовими діями, системи екологічного моніторингу земель сільськогосподарського призначення з використанням наземних і дистанційних методів дослідження, показано території Харківської обл., які зазнали хімічного забруднення. Визначено основні

напрями відновлення ґрунтового покриву та родючості ґрунтів на законодавчому, нормативно-правовому, нормативно-методичному рівнях з урахуванням міжнародних принципів. Запропоновано концептуально-методологічні й технологічні підходи щодо відновлення пошкоджених ґрунтів і ґрунтового покриву шляхом оптимізації структури земельних угідь, консервації деградованих і малопродуктивних земель, впровадження технологій із рекультивациі та ремедіації пошкоджених бойовими діями ґрунтів, а також технології точного землеробства тощо. Наголошено на необхідності проведення агрохімічного оцінювання та інших заходів і подано пропозиції стосовно повоєнної відбудови аграрного сектору південних регіонів України.

За підсумками конференції ухвалено Резолюцію із обґрунтованими заходами її виконання, зокрема щодо кооперації з європейськими партнерами, яку (резолюцію) рекомендовано надіслати як звернення до Ради національної безпеки і оборони України, Кабінету Міністрів України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, Держекоінспекції України [12].

Проаналізувавши зміст запропонованих дієвих і змістовних пропозицій, переважна більшість яких уже була предметом діяльності Урядів та відповідних Міністерств і служб, ми впевнені, що рушійною силою їх реалізації може стати лише однозначна і повноцінна імплементація чинних земельних норм (імперативів) Основного Закону України як закону прямої дії, з одночасним механізмом невідвортної відповідальності перед справжнім власником.

Для цього вимагається першочергово здійснити облік і взяти на повноцінний баланс власника (громадянина України) природні об'єкти (ресурси) — всієї категорії землі, забезпечуючи роботу повноцінного функціонуючого Національного кадастру їх (природних ресурсів як природних об'єктів), зокрема Державного кадастру

ґрунтів в агроландшафтах України (Державний кадастр агросфери України), моніторингу і контролю... Водночас необхідно створити (трансформувати) відповідну позавідомчу Національну земельну установу України як загальнонаціональний інститут (Національна земельна комора України) — на кшталт Національного банку України. [13].

Такі заходи матимуть синергетичну властивість створення також передумов до безболісного усунення відомчої корумпованої монополії від прав володіння природними ресурсами, з одночасним правовим впорядкуванням кодексу про надра, лісового кодексу, водного кодексу тощо. Передбачається, що підняття на загальнонаціональний рівень врегулювання існуючих проблем, пов'язаних із експлуатацією «основного національного багатства», автоматично включатиме механізм невідвортної відповідальності перед абсолютним власником «основного капіталу нації» — «Українським народом», а не перед умовним «бюрократом». Це також дасть можливість ухвалити відповідні дієві закони, за якими на найвищому рівні врегулюватимуться відносини і наступатиме відповідальність «Іменем Українського народу», на зразок судового рішення «Іменем України» чи військової присяги «Українському народові».

Найважливішою гранню, в процесі наведення конституційного правового порядку і усвідомлення сутності громадянства (прав і обов'язків) як основи суспільних відносин і засад життєдіяльності, вважається рівень і змістовність набуття знань «про землю» на всіх етапах розвитку людини-громадянина.

Рушієм такого процесу стане реальне автоматичне набуття «статутної» (засновницької) частки кожним громадянином України (разом — Український народ), що є живим і має лише єдине громадянство (вимога ст. 4 КУ) як «співзасновником» держави «Україна» (вимога ст. 5 КУ) і повноправним «співвласником» землі та її природних ресурсів — основного національного багатства. Розмір частки спів-

власника становитиме, для початку (з моменту офіційного старту розробленої нами загальнонаціональної програми «Звершення земельної реформи в Україні: нова парадигма»), — в еквіваленті понад 200 тис. дол. США, що фіксується на спеціальному особистому рахунку кожного.

З огляду на це, потребують негайного «просвітлення» навчальні програми (підручники, лекції, семінари і роботи) — в усіх навчальних закладах України, в яких тиражуються знання пов'язані із «земельним» та «аграрним» правом, де замість конституційної норми «земля, її надра...» продовжують звужено застосовувати чинник «земельний ресурс», «аграрний ресурс», а фактично мається на увазі «грунт» (можливо «педосфера») чи «родючі угіддя».

До того ж ми не знайшли жодного навчального курсу, особливо в аграрних закладах вищої освіти, який би чітко і однозначно розвінчував роль, запровадженої прокомуністичною владою в 1992 р., «колективної власності на землю» і розкривав би справжню сутність української конституційної норми «земля та її природні ресурси» (стисло «земля») як об'єкта права власності Українського народу і основного національного багатства. В цьому разі, викладачі та студенти залишаються в полоні впливу «комуни» і «вірять» у те, що лише «грунт» декларується «основним національним багатством», а «надра», водні та інші природні ресурси не є таким «багатством», бо ж конституційна норма (ч. 1 ст. 14 КУ) звучить: «земля є основним національним багатством...».

Виклики сьогодення вимагають, насамперед, цілеспрямованого втілення правдивих знань, що ґрунтуються на чинному конституційному «праві», оскільки «скалічене» суспільство, особливо активна молодь, яка захищає українську землю, прагне відчутти цю гарантовану національну істину.

На жаль, не знаходимо жодного налятку на таку потребу в наукових працях науковців-педагогів, навіть провідного в Україні Національного університету біоресурсів і природокористування України,

зокрема в фундаментальній статті «Вища аграрна освіта в Україні: виклики часу». В останній автори дійшли висновку: «Досвід, здобутий у вітчизняних аграрних закладах освіти, свідчить, що система ступеневої підготовки надає широкі можливості для задоволення освітніх потреб людини, вихідців з села, підвищує гнучкість і всебічність підготовки фахівців, рівень їхнього соціального захисту відповідно до економічних змін та потреб ринку праці, забезпечує здобуття бажаної кваліфікації або її підвищення за обраним напрямом професійного спрямування.

Ці та інші виклики науково-педагогічна громадськість, уряд, парламент, академії наук мусять ураховувати в повсякденному житті. Потрібно посилити якість мереж Інтернету, сконцентруватися на побудові соціальних науково-освітніх програм, платформ, на створенні віртуальних технологій та ін. Взаємодія Президії Національної академії аграрних наук України з Асоціацією аграрних закладів освіти, колективами університетів і науково-дослідних інститутів здатна помітно поліпшити якість освітнього процесу, спільної науково-дослідної, інноваційної діяльності.

Аграрний сектор економіки, природоохоронна, екологічна діяльність потребують реальної уваги та переосмислення, серйозної підтримки як з боку держави, науковців, так і вітчизняного бізнесу. Це одне з першочергових завдань» [14].

Щодо нашого переконання, в такому існуючому гібридному середовищі невігластва, деградації, безправності та протистояння цивілізованому розвитку конституційної держави з боку антиукраїнської олігархічної системи, виникла потреба в розблокуванні спротиву, саме в конституційний спосіб, — шляхом надання чесним Конституційним Судом України справедливого офіційного тлумачення (очікуваного рішення) сутності положень чинних статей 13 і 14 КУ в системному зв'язку з іншими нормами статей Основного Закону України. На жаль, такого роз'яснення наразі немає дотепер, що гальмує прискорене прозоре правове виправлення наявних

фальшувань «українськими законотворцями» конституційних прав, починаючи з абсолютної власності Українського народу на землю та її природні ресурси як на природні об'єкти, зокрема й застосованої в Земельному (ст. 79) [15] та Цивільному (ст. 373) [16] кодексах України надуманої антиконституційної норми «поширення»...

Дивує й те, що для виправдання такого «узаконеного» фальшу, більшість чиновників органів державної влади (законодавча, виконавча, судова) та органів місцевого самоврядування, разом з окремими вченими і їхніми вчителями, посилаючись лише на фрагмент статті 68 КУ: «Незнання законів не звільняє від юридичної відповідальності», забувають про принцип презумпції знання норм права, за якими норми Основного Закону України — є нормами прямої дії. До речі, ця сама 68-ма стаття КУ спочатку декларує: «Кожен зобов'язаний неухильно додержуватися Конституції України та законів України, не посягати на права і свободи, честь і гідність інших людей».

Тому, на сучасному етапі потреби повоєнного відновлення і становлення на шлях євроінтеграції та подальшого розвитку українського суспільства, — система управління збалансованим природокористуванням, яка охоплює майже всі сфери життєдіяльності, повинна базуватися на комплексному соціально орієнтованому еколого-екологічному принципі взаємодії суспільства і природи. Критерієм ефективності такої взаємодії як сталої господарської діяльності, в результаті державного управління і контролю має фігурувати ефект одержання максимально можливої вигоди, насамперед, на користь національних інтересів, — при обов'язковому і повноцінному практичному функціонуванні динамічної рівноваги всіх екосистем у конкретних умовах і всієї держави — загалом. Механізм такого логічного алгоритму криється в першорядній системній та повноцінній інституалізації чинних конституційних земельних правах Українського народу [17], на базі правдивих знань конституційного земельного прагматизму як основи сталого природокористування в Україні.

## ВИСНОВКИ

Першопричиною багаторічного блукання української «еліти» в пошуку шляхів і методів формування сталого розвитку нової суверенної української держави, серед цивілізованих народів світу, виявилась гібридна маніпулятивна прорадянська система знань «відомчої монополії», яка укорінилась в науковому і педагогічному середовищі України і плавно переросла в «корумповано-олігархічну» систему заінтересованості в усьому просторі суспільних відносин. На такій базі комуністична більшість Верховної Ради України ще в 1992 р. (у доконституційний період) у гібридний спосіб (розділяй і володарюй) самочинно розчленувала землю та її природні ресурси, яка є абсолютну власність Українського народу, — на три різні форми власності «на землю» (державну, колективну і приватну). На жаль, здійснена так звана земельна реформа в Україні на базі «колективної власності на землю» не введена в конституційне поле до цього часу, а навпаки продовжується в антиконституційний спосіб шляхом запровадження обігу земель сільськогосподарського призначення (до 10 тис. га в одні руки).

Для подолання наявних внутрішніх проблем у сферах пов'язаних із земле-природокористуванням як основою формування і функціонування комфортної життєдіяльності українців, вимагалось і вимагається невідкладно і однозначно здійснити повноцінну імплементацію чинних земельних норм Основного Закону України як закону прямої дії. Одночасно необхідно здійснити облік і взяти на повноцінний баланс власника (громадян України) природні об'єкти (ресурси), зокрема ґрунти, — в загальнонаціональній земельній установі, створеній на кшталт Національного банку України.

Надважливою першочерговою дією (субстанцією) як чинником наведення правопорядку в українській дійсності є правдиві знання економіко-правової сутності конституційного земельного прагматизму, де автоматично набувається «статутна» (засновницька) частка кожним громадянином України (разом — Український народ), що

є живим і має лише єдине громадянство як «співзасновником» держави «Україна» і повноправним «співвласником» землі та її природних ресурсів — основного національного багатства. Розмір частки такого співвласника становитиме для початку в еквіваленті понад 200 тис. дол. США, що фіксується на спеціальному особистому рахунку кожного. Доведено, що наявність особистої частки в капіталі нації стане рушієм процесу проявлення громадянських прав — де-юре і де-факто.

Вимагається, щоб кожний освічений громадянин України як повноправний (де-

юра) співзасновник держави (республіки) і співвласник землі та її природних ресурсів, особливо студентська молодь, яка закінчує заклади вищої освіти, зокрема аграрні, (незалежно від фахового профілю освіти), — володіли знаннями про конституційні права стосовно «землі» як головного капіталу нації, що є незамінною основою цивілізованої і заможної життєдіяльності кожного. Адже, правдиві знання — згенеровані наукою, тиражовані освітою і загартовані практикою наближають цілковиту перемогу на нашому внутрішньому фронті, — також...

## ЛІТЕРАТУРА

- Butlin, John. Our common future. By World commission on environment and development. (London, Oxford University Press, 1987, pp. 383 £5.95.). *Journal of International Development*. 1989. Т. 1. № 2. Р. 284–287.
- Декларація про державний суверенітет України від 16.07.1990 р. № 55-XII. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/55-12>.
- Конституція України. *Відомості Верховної Ради України*. 1996. № 30.
- Ковалів О.І. Алгоритм методологічних аспектів природокористування в Україні як конституційно вмотивовані вимоги сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 15–27. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293634>.
- Ковалів О.І. Конституційні знання про власність «на землю» — базові засади заможної життєдіяльності в Україні. *Актуальні дослідження сусільних наук: матеріали Х Всеукр. наук.-прак. конф. (м. Умань, 28 берез. 2024 р.)*. Умань. С. 303–308.
- Концепції загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель: розпорядження від 19.01.2022 р. № 70-р. Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/70-2022-%D1%80#Text>.
- Камінський В.Ф., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Надикто В.Т. Агроінженерні підходи щодо збереження родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 11 (824). С. 5–16. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-01>.
- Балюк С.А., Шимель В.В., Соловей В.Б. Про стан та завдання відновлення, охорони і управління ґрунтовими ресурсами України. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 2 (851). С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-01>.
- 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>.
- Ковалів О.І. Дискурс стану наукових досліджень із питань врегулювання земельних відносин в агросфері України. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 1. С. 12–22. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2024.302615>.
- Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обігу земель сільськогосподарського призначення: Закон України від 31.03.2020 р. № 552-IX. *Відомості Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-20#top>.
- Балюк С.А., Шимель В.В. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 1 (850). С. 79–82.
- Ковалів О.І. Синтез правових аспектів як методологічних засад земель-природокористування, 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>.
- Ніколаєнко С.М., Ніколаєнко М.С. Вища аграрна освіта в Україні: виклики часу. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12 (825). С. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-01>.
- Земельний кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III. *Відомості Верховної Ради України*. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
- Цивільний кодекс України від 16.01.2003 р. № 435-IV. *Відомості Верховної Ради України*. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/435-15/page>.
- Ковалів О.І. Особливості конституційних імперативів збалансованого користування природними об'єктами в агросфері України. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 26–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292712>.

## REFERENCES

- Butlin, John (1989). Our common future. By World commission on environment and development. (London, Oxford University Press, 1987, pp. 383 £5.95.).

- Journal of International Development*, 1, 2, 284–287 [in English].
- Deklaracija pro derzhavnyj suverenitet Ukrainy № 55-XII vid 16 lypnja 1990 roku [Declaration on State Sovereignty of Ukraine № 55-XII of July 16, 1990]. (1991). URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/55-12> [in Ukrainian].
  - Konstytucija Ukrainy [The Constitution of Ukraine]. (1996). *Vidomosti Verkhovnoi Rady — Information of the Supreme Council of Ukraine*, 30 [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O.I. (2023). Alghorytm metodologichnykh aspektiv pryrodokorystuvannja v Ukraini jak konstytucijno vmotyvovani vymogyh sjoghodennja [Algorithm of methodological aspects of nature management in Ukraine as constitutionally motivated requirements of today]. *Aghroekologichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 4, 15–27. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293634> [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O. (2023). Konstytucijni znannja pro vlasnistj «na zemlju» — bazovi zasady zamozhnoji zhyttjedijalnosti v Ukraini [Constitutional knowledge about property «on land» is the basic principles of a prosperous life in Ukraine]. *Aktualjni doslidzhennja: materialy X vseukrains'koyi naukovy-praktychnoi konferentsii [Aktualjni doslidzhennja suspilnykh nauk: X All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]*. (pp. 303–308). Umanj [in Ukrainian].
  - Koncepciji zaghaljnoderzhavnoji ciljovoji prohramy vykorystannja ta okhorony zemelj: rozporjadzhennja vid 19.01.2022 [Concepts of the national target program of land use and protection: order of 19.01.2022]. (2022). *Kabinet Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers of Ukraine*, 70-p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/70-2022-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
  - Kaminsky, V.F., Adamchuk, V.V., Bulgakov, V.M. & Nadykto, V.T. (2021). Aghroinzhenerni pidkholdy shhodo zberezhennja rodjuchosti gruntiv [Agroengineering approaches to preserving soil fertility]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Herald of Agrarian Science*, 11 (824), 5–16. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-01> [in Ukrainian].
  - Balyuk, S.A., Shimel, V.V. & Solovej, V.B. (2024). Pro stan ta zavdannja vidnovlennja, okhorony i upravlinnja gruntovymy resursamy Ukrainy [About the state and tasks of restoration, protection and management of soil resources of Ukraine]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Herald of Agrarian Science*, 2 (851), 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-01> [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O. (2020). Gholovna nevrehuljovana v Ukraini peredumova poghishennja jakisnogho stanu pryrodnykh ob'ektiv [The main unregulated in Ukraine prerequisite for the deterioration of the quality of natural objects]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced Nature Management*, 4, 5–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.226618> [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O.I. (2024). Dyskurs stanu naukovykh doslidzhenj Iz pytanj vrehuljuvannja zemeljnykh vidnosyn v aghrosferi Ukrainy [Discourse on the state of scientific research on the regulation of land relations in the agricultural sphere of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced Nature Management*, 1, 12–22. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2024.302615> [in Ukrainian].
  - Pro vnesennja zmin do dejakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shhodo obighu zemelj siljsjoghospodarsjckogho pryznachennja: Zakon Ukrainy vid 31.03.2020 [On amendments to some legislative acts of Ukraine regarding the circulation of agricultural land: Law of Ukraine from March 31<sup>st</sup>, 2020]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 552-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-20#top> (дата звернення: 14.04.2024) [in Ukrainian].
  - Balyuk, S.A. & Shimel, V.V. (2024). Gruntovij pokryv Ukrainy v umovakh vojenykh dij [Soil cover of Ukraine in the conditions of military operations]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Herald of Agrarian Science*, 1 (850), 79–82 [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O.I. (2023). Syntez pravovykh aspektiv jak metodologichnykh zasad zemle-pryrodo-korystuvannja, shho gruntujutsja na chynnykh zemeljnykh normakh Konstytuciji Ukrainy [Synthesis of legal aspects as methodological foundations of land-nature-use, based on the current land norms of the Constitution of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced Nature Management*, 1, 18–27. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278534> [in Ukrainian].
  - Nikolayenko, S.M. & Nikolayenko, M.S. (2021). Vyshha aghrarna osvita v Ukraini: vyklyky chasu [Higher agricultural education in Ukraine: challenges of the times]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Herald of Agrarian Science*, 12 (825), 5–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-01> [in Ukrainian].
  - Zemelnyj kodeks Ukrainy vid 25.10.2001 [Land Code of Ukraine from October 25<sup>th</sup>, 2001]. (2021). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 2768-III. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> [in Ukrainian].
  - Cyvilnyj kodeks Ukrainy vid 16.01.2003 [Civil Code of Ukraine from January 16<sup>th</sup>, 2003]. (2003). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 435-IV. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/435-15/page> [in Ukrainian].
  - Kovaliv, O.I. (2023) Osoblyvosti konstytucijnykh imperatyviv zbalansovanogho korystuvannja pryrodnymy ob'ektamy v aghrosferi Ukrainy [Peculiarities of the constitutional imperatives of balanced use of natural objects in the agricultural sector of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced Nature Management*, 4, 26–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292712> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 27.04.2024

## АТРИБУТИВНИЙ АНАЛІЗ ФРАКЦІЇ АНТРОПОФІТІВ У СКЛАДІ УРБАНОФЛОРИ КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ (КЛІМАМОРФОТИП, ЧАС, СПОСІБ ІММІГРАЦІЇ, ГЕОГРАФІЧНЕ ПОХОДЖЕННЯ)

С.М. Конякін, Р.І. Бурда, В.В. Буджак

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України» (м. Київ, Україна)

e-mail: ser681@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6715-5707

e-mail: riburda@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7440-9218

e-mail: budzhaky@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7754-6437

Істотне світове зростання вторгень, розповсюдження і натуралізації чужорідних судинних рослин потребує чітких знань стосовно обсягу, таксономічної та типологічної різноманітності фітоінвазій в Україні в цілях їх контролю і стримування. Викладено скринінг чотирьох ознак фракції чужорідних видів урбанofлори КМА: клімаморфотип, час, спосіб імміграції та географічне походження. За нашими даними, таксономічна різноманітність фракції висока. Вона містить 718 таксонів видового рівня, що належать до 357 родів, 97 родин, 6 класів та 3 відділів. Атрибутивний аналіз спирається на категорії інвазійної ботаніки. Клімаморфотип представляють фанерофіти — 127 видів, або 17,7% їх загальної кількості, хамефіти — 13 (1,8%), гемікриптофіти — 84 (11,7%), криптофіти — 80 (11,7%), терофіти — 395 (55,0%) та гідрофіти — 9 (1,3%), інші категорії — 10 видів. За часом імміграції присутні: археофіти — 112 видів, або 15,6% їх загальної кількості, кенофіти — 198 (27,6%) та евкенонофіти — 407 (56,7%) та 1 невизначений таксон. За способом імміграції фракція містить аколотофіти — 149 видів, або 21% їх загальної кількості, ергазіофіти — 332 (46,1%), ксенофіти — 206 (28,6%) та ксено-ергазіофіти — 29 (4,0%) та 2 інших. Відмічена безсумівна тенденція зростання ролі іммігрантів-ергазіофітів — «біженців з культури». Скринінг географічного розповсюдження фіксує широку просторову амплітуду: присутні рослини-іммігранти з п'яти континентів. Панують іммігранти середземноморського походження — 231 види, або 32,2% їх загальної кількості, американські — 181 (25,2%), та азійські — 155 (21,6%), представлені паритетно, європейські — 51 вид (7,1%). Географічне походження не виявлено для 41 виду, або 5,7% їх загальної кількості. Привертають увагу «види антропогенного походження» — 23 види, 3,2%, як і висока наявність гібридних комбінацій видового рівня — 16 гібридів, 2,2% тощо. Підтверджено наразі прогнозовані на початку 2000-х років тенденції зростання в урбанofлорі КМА участі американських і східноазійських видів-іммігрантів. Загалом, таксономічно багата фракція антропофітів урбанofлори КМА за результатами скринінгу демонструє різноманітність типологічних ознак. Втім, кожна з означених властивостей потребує постійного, детального вивчення в цілях надійного моніторингу фітоінвазій.

**Ключові слова:** вторгнення, розповсюдження, натуралізація, скринінг, судинні рослини, фітоінвазії, чужорідні види, Україна.

### ВСТУП

Світова практика досліджень з івазійної ботаніки опирається на принципи виконання вимог Конвенції ООН Про біотичне різноманіття. Нещодавно Комісія Європейського парламенту запровадила Регламент стосовно оцінок ризику щодо інвазійних чужорідних видів [1]. Урбанofлора одна із форм антропогенної трансформації флори,

що вирізняються високою участю антропофітів (чужорідних видів). Дві властивості урбанofлори, динамічної і мінливої в часі і просторі — безперервність і дискретність — надають їй своєрідності як явище природи. Ця обставина спонукала авторів під час вивчення урбанofлори Києва просторово вийти за адміністративні межі міста. Повсякчасний розвиток урбанofлори, особливо фракції антропофітів, зумовлений

природними, абіотичними та антропогенними чинниками. Втім, наразі це стало світовою практикою. В Європі, очевидно, першою була досліджена на просторовому рівні агломерації Б. Саднік-Войціковською [2] у 1988 р. урбанофлора Варшави. Отже, надаємо результати вивчення фракції антропофітів урбанофлори Київської міської агломерації (далі КМА). Просторовий обсяг КМА прийнято в офіційних межах обширного селітебно-техногенного комплексу площею 13534 км<sup>2</sup> [3].

**Мета роботи** — проаналізувати атрибути різноманітності фракції антропофітів у складі урбанофлори КМА за клімаморфотипом, часом, способом імміграції та географічним походженням.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Виявлення та вивчення чужорідних видів у міських агломераціях є важливим напрямом інвазійної ботаніки. За останнє двадцятиріччя, до прикладу, оприлюднена цікава інформація щодо урбанофлор декількох столичних агломерацій. Услід за Варшавською урбанофлорою викладені природоохоронні аспекти урбанофлор Берліна і Потсдама [4]; вивчені зміни флори Метрополії Нью-Йорку [5]. Дещо пізніше постали гострі питання імміграції судинних рослин в урбаністичному середовищі, подані моделі, що розкривають процеси, впливи та виклики [6; 7].

Вивчення фракції чужорідних видів урбанофлори Києва триває впродовж декількох століть, власне, після створення Київського університету Святого Володимира. Узагальнююча праця з детальним конспектом і його аналізом була оприлюднена лише на початку ХХІ ст. [8]. Вона стала підставою для цієї спроби аналізу поповненої за останнє 20-річчя інформації про розвиток фракції антропофітів урбанофлори КМА. Саме тоді досліджені популяції *Amorpha fruticosa* L., *Impatiens parviflora* DC., спонтанне поширення деревних іммігрантів: ліани *Aristolochia macrophylla* Lam., дерев, кущів і деревних ліан. Цікаві факти відмічені також під час вивчення

звичавіння і самостабілізуючі популяції 6 видів роду *Juglans* L. у парках і приміських лісах Києва [9]. Короткий історичний опис дослідження київської урбанофлори викладено у статті про новітній елемент урбанофлори КМА [10]. Дещо пізніше наводяться дані щодо експансії *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier та *H. sosnowskyi* Manden., які спільно з *Impatiens glandulifera* Royle активно трансформують прибережно-водні ценози одного із витоків струмка Віта та Сирецького струмка, а також лісові екосистеми Національного комплексу «Ексоцентр України» [11; 12]. Водночас, безпосередньо в межах КМА дослідження антропофітів проводили С.Л. Мосякін [8; 13], О.Г. Яворська [8; 14] тощо. Окремий напрям — «рослинобіженці» з ботанічних садів, розвивають О.І. Шиндер, В.П. Коломійчук [15–17] та ін. Гідробіонти-іммігранти вивчають М.С. Прокопук, Ю.В. Погорелова, Л.М. Зуб [18]. У працях, що стосувалися фракції антропофітів флори України, автори не оминають увагою урбанофлору КМА [19; 20].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Характеристика чотирьох атрибутів подана за комплексною методичною схемою авторів видання «Екофлора України» [21]. Клімаморфотип визначено відповідно до класифікації життєвих форм К. Раункієра [22]. За часом імміграції антропофіти поділено на: археофіти — прибули в Україну до кінця XV ст.; кенофіти — між XVI і кінцем XIX ст.; евкенофіти — від початку ХХ ст. (після Першої світової війни) донині. Серед останніх: евкенофіти-а, рослини, що іммігрували в першій половині ХХ ст., евкенофіти-б — ті, що іммігрували після Другої світової війни до кінця 70-х років попереднього сторіччя та евкенофіти-с — ті, що іммігрували в останні 40 років. За способом імміграції розрізняємо: акоютофіти — занесені людиною неумисно, напівприродні та антропогенні екосистеми є для них найсприятливішими для поширення; ергазіофіти — занесені людиною умисно в певних цілях, дичавіють у різних



типах антропогенних флор, не лише поблизу місць культивування; ксенофіти — занесені людиною неумисно, випадково, значного поширення не отримали та ксеноергазіофіти — рослини, культивовані поза межами КМА, неумисно занесені на територію, що вивчається. Залучені 30 центрів географічного походження антропофітів за їх ареалами подані у таких п'яти просторових об'єднаннях: азійське, американське, європейське, середземноморське. Враховано додатково види гібридного походження, антропогенні, є види, ареал яких не визначено, та види, таксономічний статус і первинний ареал котрих достеменно не встановлено. Вони ввійшли до групи «інші». У такий спосіб, під час дослідження дотримано вимоги згаданого Регламенту стосовно оцінок ризику щодо інвазійних чужорідних видів Комісії Європейського парламенту відповідно до детального опису загальних елементів, наведених у додатку цього документа [1].

За нашими даними таксономічну різноманітність фракції чужорідних видів урбанofлори КМА становлять 718 таксонів видового рівня, які належать до 357 родів, 97 родин, 6 класів, 3 відділів. Верифікація таксонів проведена за загальними флористичними зведеннями, що стосуються флори України [10]. Повні наукові назви видів прийняті за POWO 2024 March 26 (The Plant of the World Online (URL: <https://powo.science.kew.org/>) [23].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З-поміж чотирьох атрибутів, підданих скринінгу, найінформативнішою щодо габітусу антропофіту й адаптації його до нового місцевого середовища, є кліматоморфотип. На відміну від зонального спектра кліматоморфотипів із переважанням трав'янистих полікарпиків, у фракції урбанofлори КМА, закономірно панують терофіти — трав'янисті монокарпіки, що характерно для урбанofлор [14]. Дещо своєрідна риса урбанofлори КМА — підвищена частка фанерофітів, зокрема, участі деревних ліан, які у місцевій флорі відсутніх взага-

лі (табл. 1). До слова, на початку ХХІ ст. частка дерев урбанofлори КМА становила 5,2% [14]. Зазначимо, що порівняння не зовсім коректне, згаданим автором аналізована флора обсягом 598 видових таксонів, а життєві форми визначені в іншій класифікаційній системі. Втім, за той самий час на-

Таблиця 1. Різноманітність фракції антропофітів у складі урбанofлори КМА за кліматоморфотипом, часом і способом імміграції

Атрибути	Чисельність видів	%
<i>Кліматоморфотип</i>		
Фанерофіти в т. ч.:	127	17,7
мегафанерофіти	13	1,8
мезофанерофіти	37	5,2
мікрофанерофіти	40	5,6
нанофанерофіти	23	3,2
деревні ліани	14	1,9
Хамефіти	13	1,8
Гемікриптофіти	84	11,7
Криптофіти	80	11,1
Гідрофіти	9	1,3
Терофіти в т. ч.:	395	55,0
ліани	6	0,8
Паразити	2	0,3
Не визначено	2	0,3
<b>Разом</b>	<b>718</b>	<b>100</b>
<i>Час імміграції</i>		
Археофіти	112	15,6
Кенофіти	198	27,6
Евкенофіти в т. ч.:	407	56,7
евкенофіти-а	37	5,2
евкенофіти-б	74	10,3
евкенофіти-с	296	41,2
Не визначено	1	0,1
<b>Разом</b>	<b>718</b>	<b>100</b>
<i>Спосіб імміграції</i>		
Аколотофіти	149	21,0
Ергазіофіти	332	46,1
Ксенофіти	206	28,6
Ксеноергазіофіти	29	4,0
Не визначено	2	0,3
<b>Разом</b>	<b>718</b>	<b>100</b>

очне зростання чисельності ліан — від 8 до 20 видів і гідрофітів — від 8 до 20 видів [8].

Тенденція посилення ролі неофітів урбанofлори КМА зростає. На початку на-

шого століття за часом імміграції в урбанofлорі КМА фіксовано рівнозначність участі сумарно археофітів із кенофітами проти евкенофітів: 50,6% : 49,4% [8]. Водночас, для урбанofлори Києва подано співвідношення між стабільним і нестабільним елементами як 182 види: 262 видів, або 1:1,1 [19]. У наведеному нами спектрі це співвідношення становить 310 видів: 407 видів або 43,2% : 56,7%; 41,2% серед евкенофітів, саме евкенофіти-с, які іммігрували в останні сорок років (див. *табл. 1*).

У спектрі за способом імміграції переважають ергазіофіти та ксенофіти (див. *табл. 1*). Загалом, тенденція помітного зростання у фракції чужорідних видів урбанofлори Києва «утікачів з культури» відстежується ботаніками здавна [10]. За частотою повідомлень про флористичні знахідки у межах міста і в його околицях переважають перші. Цей стан зумовлений як різноманітністю еко-топів, динамічністю міських економічних і транспортних зв'язків, так і наявністю постійних кваліфікованих спостерігачів. В аналізованому переліку урбанofлори 33 знахідки чужорідних видів, які підтверджені фотографіями з громадських проєктів iNaturalist, UkrBIN.

Географічний спектр урбанofлори демонструє переважання за походженням іммігрантів, пов'язаних зі Середземномор'ям, іммігранти з Америки на другому місці, азійські види — на третьому, антропофітів європейського походження значно менше, виокремлених кавказьких ще менше (*табл. 2*). Серед виділених об'єднань ареалів панують Північноамериканське, Східноазійське, Середземноморсько-Центральноазійське. Автори прагнули найбільшого географічного скринінгу. Втім, значна різноманітність ареалів за обсягом і конфігурацією, наявність видів, поширених одночасно

Таблиця 2. Різноманітність фракції антропофітів у складі урбанofлори КМА за географічним походженням

Географічне походження	Чисельність таксонів	%
<b>Азійське</b>	<b>155</b>	<b>21,6</b>
Алтайське	1	0,1
Ірано-Анатолійське	1	0,1
Ірано-Туранське	40	5,6
Малоазійське	2	0,3
Південноазійське	6	0,8
Південно-східноазійське	9	1,3
Сибірське	12	1,7
Східноазійське	54	7,5
Східноазійсько-австралійське	1	0,1
Центральноазійське	7	1,0
Японо-Китайське	12	1,7
<b>Американське</b>	<b>181</b>	<b>25,2</b>
Західноамериканське	1	0,1
Мексиканське	2	0,3
Південноамериканське	15	2,1
Північноамериканське	150	21,0
Центральноамериканське	13	1,7
<b>Середземноморське</b>	<b>231</b>	<b>32,2</b>
Західносередземноморське	9	1,3
Північносередземноморське	5	0,7
Південносередземноморсько-Африканське	4	0,6
Середземноморсько-Центральноазійське	63	8,8
Східносередземноморське	21	3,0
<b>Європейське</b>	<b>51</b>	<b>7,1</b>
Балканське	1	0,1
Західноєвропейське	15	2,1
Кримське	1	0,1
Південноєвропейське	9	1,3
Понтичне	9	1,3
Центральноєвропейське	5	0,7
<b>Кавказьке</b>	<b>13</b>	<b>1,8</b>
<b>Інше</b>	<b>82</b>	<b>11,4</b>
Антропогенне	23	3,2
Гібридне	16	2,2
Географічне походження не визначено	41	5,7
Таксономічний статус і первинний ареал достеменно не встановлено	2	0,3

в декількох близьких або ж віддалених виділених хоріонах, дещо ускладнювали проведення географічної диференціації. Ареали всього 5 видів-антропофітів урбанofлори КМА включають Африку: південноафриканський *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, африкансько-південноазійські *Eleusine indica* (L.) Gaertn. та *Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov., євроазійсько-середземноморсько-африканський *Phragmites australis* subsp. *isiacus* (Arcang.) ined. та вид з африканськими зв'язками *Dysphania schraderiana* (Schult.) Mosyakin & Clemants. Евнеофіт *Coleus scutellarioides* (L.) Benth. має південносхідноазійсько-австралійський ареал. Слід зазначити, наведений географічний спектр розкриває високий ступінь антропогенних змін рослин-іммігрантів. Додатково довелося виділити види гібридного походження, серед батьківських пар яких є віддалені за ареалами антропофіти. Такі, до прикладу, *Chenopodium ucrainicum* Mosyakin & Mandak; *Populus* × *canadensis* Moench гібрид північноамериканського *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall з місцевим європейсько-північноафрикансько-азійським *P. nigra* L.; *Reynoutria* × *bohemica* Chrtek & Chrtková, приклад європейського гібриду двох антропофітів східноазійського походження *R. japonica* Houtt. × *R. sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai; *Epilobium pseudorubescens* A.K. Skvortsov, вочевидь, європейського походження з первинно американської групи *E. ciliatum* Raf. тощо.

Група антропогенних видів, що давно культивуються: *Agrostemma githago* L., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl, *Lepidium sativum* L., *Linum usitatissimum* L. тощо. Окремо згадаємо *Hedera helix* L. — європейсько-середземноморсько-малоазійський вид, нині у межах КМА натуралізується в природних і антропогенних екотопах. Серед видів із невизначеним з різних причин первинним ареалом, наприклад, *Arosyrum cannabinum* L., *Bellis perennis* L., *Carum carvi* L., *Coreopsis lanceolata* L., *Vinca minor* L. тощо. Два види в переліку, таксономічний статус і первинний ареал котрих достеменно не встановлено: *Mesem-*

*bryanthemum* × *vascosilvae* (Gideon F. Sm., E. Laguna, F. Verloove & P.P. Ferrer) Sàez & Aumerix та *Salvia yangii* B.T. Drew., вочевидь, азійського походження [8]. Наголосимо, прогнозовані тенденції зростання частки американських зокрема, північноамериканських видів-іммігрантів, як і часті східноазійських антропофітів в урбанofлорі КМА [10] наразі підтверджено.

## ВИСНОВКИ

Головним результатом нашого дослідження є власне скринінг типологічної структури чітко просторово визначеної урбанofлори на певний проміжок часу. Слід відзначити, що фракція чужорідних видів урбанofлори КМА за два останні десятиліття постійно змінювалась. На тлі поповнення новими видами-іммігрантами, змінювалась її атрибутивна структура.

Скринінг видового складу фракції чужорідних видів урбанofлори КМА за чотири типиологічними ознаками демонструє їх різноманітність, стабільність, певну динамічність і мінливість. За часом імміграції панують рослини, що проникли і оселилися в межах України впродовж останніх двох століть — евкенофіти. Переважним шляхом проникнення і поширення антропофітів урбанofлори КМА виявилось дичавіння з культури: частка ергазіофітів сягає 46,1%, аколофітів, занесених людиною неумисно, вполовину менше.

За географічним походженням антропофіти найрізноманітніші — їх первинні ареали лежать на п'яти континентах, хоча переважають види-іммігранти, пов'язані з Середземномор'ям; обширною є географічна група видів з американським первинним ареалом. Зазначаємо помітну частку іммігрантів антропогенного походження, зокрема, гібридів географічно віддалених батьківських пар. Стабільність і динамічність пояснюється зумовленістю між різними типологічними рисами флори.

Виявлені особливості урбанofлори, її динамічність, мінливість і певна стабільність підтверджують необхідність постійного моніторингу в цілях контролю і управління фітоінвазій у КМА.

## ЛІТЕРАТУРА

- European Parliament. Commission Delegated Regulation (EU) 2018/968 of 30 April 2018 Supplementing Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council with Regard to Risk Assessments in Relation to Invasive Alien Species. 2018. URL: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2018.174.01.0005.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.174.01.0005.01.ENG).
- Sudnik-Wójcikowska B. Flora Synanthropization and Anthropopressure Zones in a Large Urban Agglomeration (Exemplified by Warsaw). *Flora*. 1988. Vol. 180. № 3–4. P. 259–265.
- Агломерації: міжнародний досвід, тенденції, висновки для України. Аналітична записка / за ред. Н. Наталенко. Київ, 2017. 136 с.
- Maurer U., Peschel T. and Schmitz S. The flora of selected urban landuse types in Berlin and Potsdam with regard to nature conservation in cities. *Landscape Urban Planning*. 2000. Vol. 46. № 4. P. 209–215.
- Clemants S. and Moore G. The changing flora of the New York Metropolitan Region. *Urban Habitats*. 2005. Vol. 3. № 1. P. 1–8.
- Gaertner M., Wilson J.U., Cadotte M. et al. Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19. № 12. P. 3461–3469.
- Rigó A., Malatinszky Á. and Barina Z. Inventory of the urban flora of Budapest (Hungary) highlighting new and noteworthy floristic records. *Biodiversity Data Journal*. 2023. Vol. 1., e110450.
- Mosyakin S.L. and Yavorska O.G. The nonnative flora of the Kiev (Kyiv) Urban Area, Ukraine: A checklist and brief analysis. *Urban Habitats*. 2002. Vol. 1. № 1. P. 45–65.
- Burda R.I. and Koniakin S.N. Spontaneous dispersion of species of the genus *Juglans* L. in the forests and parks of Kyiv. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2018. Vol. 9. № 2. P. 95–107. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2075111718020029>.
- Конякін С.М., Бурда Р.І., Буджак В.В. Чужорідні види в урбанофлорі Київської міської агломерації, 2003–2022: попередні нотатки. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2023. Т. 19. № 2. С. 200–225. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2023-19-2-4>.
- Goncharenko I., Koniakin S. and Leshcheniuk O. Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskii*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotic features. *Folia Oecologica*. 2024. Vol. 51. № 1. P. 93–107. DOI: <https://doi.org/10.2478/foecol-2024-0010>.
- Koniakin S.M., Gubar L.M. and Budzhak V.V. *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) in Ukraine: its current distribution, ecological and coenotic features. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2022. Vol. 10. № 4. P. 46–58. DOI: <https://doi.org/10.2478/envi-ron-2022-0023>.
- Mosyakin S.L. and Mosyakin A.S. Lockdown botany 2020: some noteworthy of alien plants in Kyiv City and Kyiv Region. *Ukrainian Botanical Journal*. 2021. Vol. 78. № 2. P. 96–111. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.02.96>.
- Яворська О.Г. Біоекологічна структура сучасної адвентивної флори Київської агломерації. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Екологія і Біотехнологія*. 2001. Т. 12. № 1. С. 71–75.
- Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 3. Адвентивні види: Ерґазіофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 3. С. 14–29. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3404102>.
- Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 4. Адвентивні види: Ксе-нофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 4. С. 18–33. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3566608>.
- Shynder O.I., Kolomyichuk V.P. and Melezhyk O.V. Spontaneous flora of O.V. Fomin Botanical Garden of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2022. Vol. 10. № 1. P. 38–56. DOI: <https://doi.org/10.2478/envi-ron-2022-0004>.
- Zub L.M., Pohorielova Yu.V. and Prokopuk M.S. Species Richness of Higher Aquatic Plants of Flood-plain Complexes of the Dnieper River within the City of Kyiv. *Hydrobiological Journal*. 2022. Vol. 58. № 4. P. 3–17. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v58.i4.10>.
- Protopopova V.V. Phytogeographical characteristic of stable and unstable components of the Kyiv adventive flora. Phytogeographical problems of synanthropic plants. 2003. Cracow: Institute of Botany, Jagiellonian University. P. 41–46.
- Konishchuk V.V., Solomakha I.V., Mudrak O.V. et al. Ecological impact of phytovasions in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. № 3. P. 69–75. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_135](https://doi.org/10.15421/2020_135).
- Дідух Я.П., Плюта П.Г., Протопопова В.В. та ін. Екофлора України. Загальна частина. *Lyso-podiophyta — Pinophyta*. Т. 1. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 283 с.
- Raunkiaer C. The Life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon press, 1934. 632 p.
- The Plant of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/>.

## REFERENCES

- European Parliament. Commission Delegated Regulation (EU) 2018/968 of 30 April 2018 Supplementing Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council with Regard to Risk Assessments in Relation to Invasive Alien Species. (2018). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/>

- EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\_.2018.174.01.0005.01.ENG [in English].
- Sudnik-Wójcikowska, B. (1988). Flora Synanthropization and Anthropopressure Zones in a Large Urban Agglomeration (Exemplified by Warsaw). *Flora*, 180, 3–4, 259–265 [in English].
  - Natalenko, N. (Ed.). (2017). *Ahlomeratsii: mizhnarodnyi dosvid, tendentsii, vysnovky dlia Ukrainy: analitychna zapyska [Agglomerations: international experience, trends, conclusions for Ukraine: analytical note]*. Kyiv [in Ukrainian].
  - Maurer, U., Peschel, T. & Schmitz, S. (2000). The flora of selected urban landuse types in Berlin and Potsdam with regard to nature conservation in cities. *Landscape Urban Planning*, 46, 4, 209–215 [in English].
  - Clemants, S. & Moore, G. (2005). The changing flora of the New York Metropolitan Region. *Urban Habitats*, 3, 192–218 [in English].
  - Gaertner, M., Wilson, J.U., Cadotte, M. et al. (2017). Nonnative species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*, 19, 12, 3461–3469 [in English].
  - Rigó, A., Malatinszky, Á. & Barina, Z. (2023). Inventory of the urban flora of Budapest (Hungary) highlighting new and noteworthy floristic records. *Biodiversity Data Journal*, 11, e110450 [in English].
  - Mosyakin, S.L. & Yavorska, O.G. (2002). The nonnative flora of the Kiev (Kyiv) Urban Area, Ukraine: A checklist and brief analysis. *Urban Habitats*, 1, 1 [in English].
  - Burda, R.I. & Koniakin, S.N. (2018). Spontaneous dispersion of species of the genus *Juglans* L. in the forests and parks of Kyiv. *Russian Journal of Biological Invasions*, 9, 2, 95–107. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2075111718020029> [in English].
  - Koniakin, S.M., Burda, R.I. & Budzhak, V.V. (2023). Chuzhoridni vydy v urbanoflori Kyivskoi miskoï ahlomeratsii, 2003–2022: poperedni notatky [The Alien Flora of the Kyiv Urban Area, 2003–2022: Prelude notes]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal — Chornomorski Botanical Journal*, 19, 2, 200–225 [in Ukrainian].
  - Goncharenko, I., Koniakin, S. & Leshcheniuk, O. (2024). Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. *Folia Oecologica*, 51, 1, 93–107. DOI: <https://doi.org/10.2478/foecol-2024-0010> [in English].
  - Koniakin, S.M., Gubar, L.M. & Budzhak, V.V. (2022). *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) in Ukraine: its current distribution, ecological and coenotic features. *Environmental & Socio-economic Studies*, 10, 4, 46–58. DOI: <https://doi.org/10.2478/envirom-2022-0023> [in English].
  - Mosyakin, S.L. & Mosyakin, A.S. (2021). Lockdown botany 2020: some noteworthy records of alien plants in Kyiv City and Kyiv Region. *Ukrainian Botanical Journal*, 78, 2, 96–111. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.02.96> [in English].
  - Javorska, O.G. (2001). Bioekologichna struktura suchasnoi adventyvnoi flory Kyivskoi ahlomeratsii [Bioecological structure of modern alien flora of the Kiev cites area]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Ekolohiia i biotekhnolohiia — Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Ecology and Biotechnology*, 12, 1, 71–75 [in Ukrainian].
  - Shynder, O.I. (2019). Spontanna flora Natsionalnoho botanichnoho sadu im. M.M. Hryshka NAN Ukrainy (m. Kyiv). Povidomlennia 3. Adventyvni vydy: Erhaziofity [Spontaneous flora of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine (Kyiv). 3. Escaped plants]. *Introduktsiia roslyn — Plant Introduction*, 3, 14–29 [in Ukrainian].
  - Shynder, O.I. (2019). Spontanna flora Natsionalnoho botanichnoho sadu im. M.M. Hryshka NAN Ukrainy (m. Kyiv). Povidomlennia 4. Adventyvni vydy: Ksenofity. Introduktsiia roslyn [Spontaneous flora of the M.M. Gryshko National Botanical Garden National Academy of NAS of Ukraine (Kyiv). 4. Aliens plants: xenophytes]. *Introduktsiia roslyn — Plant Introduction*, 4, 18–33 [in Ukrainian].
  - Shynder, O.I., Kolomyichuk, V.P. & Melezhyk, O.V. (2022). Spontaneous flora of O.V. Fomin Botanical Garden of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 10, 1, 38–56. DOI: <https://doi.org/10.2478/envirom-2022-0004> [in English].
  - Zub, L.M., Pohorielova, Yu.V. & Prokopuk, M.S. (2022). Species Richness of Higher Aquatic Plants of Floodplain Complexes of the Dnieper River within the City of Kyiv. *Hydrobiological Journal*, 58, 4, 3–17. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v58.14.10> [in English].
  - Protopopova, V.V. (2003). Phytogeographical characteristic of stable and unstable components of the Kyiv adventive flora. *Phytogeographical problems of synanthropic plants*, 41–46. Cracow [in English].
  - Konishchuk, V.V., Solomakha, I.V., Mudrak, O.V. et al. (2020). Ecological impact of phytoinvasions in Ukraine. *Ukrainian journal of Ecology*, 10, 3, 69–75. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_135](https://doi.org/10.15421/2020_135) [in English].
  - Didukh, Y., Plyuta, P., Protopopova, V. et al. (2000). *Ekoflora Ukrainy. Zahalna chastyna. Lycopodiophyta — Pinophyta [Ecoflora of Ukraine. The general part. Lycopodiophyta — Pinophyta]*. Kyiv [in Ukrainian].
  - Raunkiaer, C. (1934). The Life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon press [in English].
  - The Plant of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.03.2024

## ПРЕДСТАВНИКИ РОДУ *EUPHORBIA* (*EUPHORBIACEAE*) У ФЛОРИ ПОНИЗЗЯ МЕЖИРІЧЧЯ ДНІСТЕР — ТИЛІГУЛ

О.Ю. Бондаренко<sup>1</sup>, В.В. Мартиненко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І.І. Мечникова (м. Одеса, Україна)  
e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2383-6615

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2526-6732

Комплексні дослідження окремих систематичних груп дають можливість провести сучасну інвентаризацію, визначити особливості натуралізації, адаптації видів рослин, виявити їх екологічні риси за умов антропогенної трансформації інтра-, екстра- та зональних ценозів певних територій. Одеський регіон — це область, де природна і спонтанна фракції флори перебувають у постійній взаємодії, спричиненій впливом людини, внаслідок якої сформувався широкий спектр екоотопів: від техногенних до природних. Метою було встановити сучасний перелік видів роду *Euphorbia* у пониззі межиріччя Дністер — Тилігул. Використано літературні джерела, гербарні матеріали MSUD, багаторічні власні дослідження території. Виявлено 16 видів *Euphorbia*; найпоширенішими є види петрофітних та степових ценозів: *E. agraria*, *E. sequierana*, *E. stepposa*, а також — *E. virgultosa*. Порівняно малою кількістю посилань та локалітетів представлено: *E. chamaesyce*, *E. falcata*, *E. esula*. Зрідка трапляються: *E. humifusa*, *E. davidii*, *E. lucida*, *E. replis*, *E. replus*. Рудеральними видами, які, однак, культивують є: *E. surarissias*, *E. variegata* та *E. lingulata*. Останній вид як рудеральна рослина наводимо вперше. Єдиний локалітет на території має *E. valdevillosocarpa* (созофіт державного рівня охорони, ЧКУ). Всі знайдені види, переважно, гемікриптофіти (62,50% видів роду в регіоні), геліофіти (87,50%), ксеромезофіти (62,50%), представники лучних (25,00%) та рудеральних (31,255%) еколого-ценотичних груп. Вісім видів належать до синантропної фракції флори (п'ять із них — це елементи адвентивної фракції флори). Вид *E. davidii* є інвазійним видом. Ще два види — це созофіти. Для Одеського регіону, у гербарних колекціях MSUD або наявних літературних джерелах представлена низка видів та форм роду *Euphorbia*. Частина з переглянутих нами гербарних матеріалів видів у історичних колекціях MSUD, вочевидь, потребує перевизначення спеціалістами.

**Ключові слова:** Одеський регіон, молочай, гербарні колекції.

### ВСТУП

Південна частина території України має свою специфічність у формуванні флори як природної, так і спонтанної. Значний вплив на обидві фракції має дія антропогенного чинника. У регіоні представлені всі типи антропогенно трансформованих екоотопів — від техногенних до природних; останні, втім, збереглися у невеликій кількості. Екологічні параметри видів регіональних флор півдня, зокрема Одещини, закладаються за умов різноманіття природних ценозів (псамофітних, галофітних, степових, прибережно-водних та ін.), а також широкого спектра діяльності людини щодо цих ценозів. Більша частина таких екоотопів є досить екстремальними

для видів рослин, що сприяє формуванню специфічної флори, як, наприклад, на природних псамофітних ділянках, де наявна підвищена інсоляція, значний дренаж. Подібні умови утворюються на антропогенно перетворених узбіччях асфальтових шляхів регіону, де до основних несприятливих чинників додається також і фактор впливу дорожніх служб (повторювані скошування вегетативних та генеративних частин рослин, їх забруднення бензином і мастилами, використання протижелезидцевих засобів, вітрові коливання від швидкісного транспорту тощо).

Як природна, так і спонтанна фракції флори регіону перебувають у постійній взаємодії через надзвичайно розвинені, свого часу, всі галузі промислової, транс-

портної, сільськогосподарської діяльності людини. Це істотним чином сприяло появи та натуралізації нових видів у регіоні, адаптації видів природної флори до видозмін екотопів [1]. Окрім того, значний вплив на регіональну флору мало й має привнесення нових видів із корисними властивостями (декоративні, харчові, лікарські тощо). Це стало причиною появи та закріплення тут таких видів, які, свого часу, використовувалися як декоративні: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Lycium barbarum* L., *Robinia pseudoacacia* L. [2]. Або, наприклад, такий вид, як *Brassica napus* L. (вирощують на полях як жиролійну рослину), але через втрату насіння під час перевезення — рослини виду часто трапляються, за нашими спостереженнями, на узбіччі головних транспортних шляхів в околицях м. Одеси.

Комплексні дослідження окремих систематичних груп дають змогу, на нашу думку, провести сучасну інвентаризацію видів на певних територіях, окреслити шляхи натуралізації чи адаптації видів рослин за умов екотопів із різним антропогенним навантаженням, виявити екологічні особливості видів для розуміння загальних тенденцій, які існують у певній систематичній групі на вказаній території тощо.

**Метою** було окреслити сучасний спектр видів роду *Euphorbia* для пониззя межиріччя Дністер — Тилігул, базуючись на літературних джерелах, гербарних матеріалах MSUD, а також — багаторічних власних дослідженнях території.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Комплексні дослідження родини *Euphorbiaceae* для флор окремих територій є актуальними, викликають інтерес [3].

За літературними даними [4], для флори України представлено 58 видів роду Молочай. З них: 13 видів є елементами лише кримської флори, ще сім — зустрічаються тільки у Карпатському регіоні. Два види — культивують.

Загалом, рід *Euphorbia* — доволі велика та, у систематичному відношенні, — до-

сить складна група, в якій відбуваються перебудови [5]. Серед вітчизняних науковців види цього роду, що систематизували Шиян Н.Б. [5] та Калашник С.О. [6], нові знахідки, крім публікацій Васильєвої Т.В., відмічені у працях Двірної Т.С. [7] та Орлова О.О. [8], а нові види з високою інвазійною спроможністю — у статтях Мосякіна С.А. [9], Звягінцевої К.А. [10], Мойсієнка І.І. [11].

Багато видів родини *Euphorbiaceae* є заносними, синантропними видами [12; 13]. Такі рослини потрапляють у ґрунт із насінням декоративних культур, або ж — з насипними вантажами [14; 15]. Деякі з таких видів досить легко, завдяки своїм екологічним особливостям, навіть — аелопатичній активності, стають елементами різних, зокрема і природних, флорокомплексів [14].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота ґрунтується на багаторічному (2000–2024 рр.) дослідженні флори пониззя межиріччя Дністер–Тилігул; використано маршрутний метод вивчення флори, частково — геоботанічні описи. Види визначено за [4], для уточнення видової назви окремих рослин застосовано матеріали MSUD та KW. Номенклатурні назви видів наведено за [16]. Для уточнення екологічних, біоморфологічних та ін. характеристик видів використано літературні джерела [4; 17]. Созологічний статус зазначено за [18]. Якщо вид рослин є діагностичним видом для певного типу рослинності — це також вказано як додаткова інформація [19].

У процесі дослідження працювали з матеріалами гербарного фонду Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (акронім — MSUD), його історичними колекціями та колекцією видів рослин Одеської обл. (сформовану переважно на основі зборів студентів та співробітників кафедри ботаніки, фізіології рослин та садово-паркового господарства). Використано літературні джерела, які характеризують, переважно, регіональну флору [2; 20–23].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Одеському регіоні нами виявлено 16 видів роду *Euphorbia*. Вони представляють всі типи екотопів: від природних до техногенних. Частина видів мають значне поширення, окремі — є рідкісними елементами для півдня Одещини. Їх конспект, у порядку латинського алфавіту описано нижче. В описі до виду подано еколого-біоморфологічну характеристику видів, відомі господарські якості, вказано (якщо є) відношення до фракцій синантропної флори України, а також — созологічний статус. Наведено інформацію щодо поширення цих видів із різних джерел: літературних, гербарних даних MSUD, авторських знахідок.

■ *Euphorbia agraria* M. Bieb. [*Tithymalus agrarius* (M. Bieb.) Klotzsch & Garcke] — молочай польовий. Зустрічається на ділянках із петрофітною рослинністю, звичайна рослина для степових схилів; гемікриптофіт; ксеромезофіт; геліофіт; кормова, лікарська, бур'янова рослина; синантропна рослина апофітної фракції (евапофіт) [17]. Є діагностичним видом для порядку *Pinetalia pallasianae-kochianae* Korzhenevsky 1998, а також для асоціації *Erythraea repandi-Descurainietum sophiae* Solomakha 1988 (з союзу *Erythraea repandi-Lycopsion orientalis* Solomakha 1996) [20].

За даними гербарних матеріалів з колекції Вищих Жіночих Педагогічних Курсів (ВЖПК, MSUD) — вид представлений у прилеглих регіонах: суч. Кропивницький (1909), Херсон (1907) а також — Молдова (1915). Територія Молдови, як локалітет, вказана також колектором Е.Е. Ліндеманом (Кишинів, 1876, 1893, 1895 рр.). Поблизу Бендер вид зустрічається і за даними Й.К. Пачоського (*Flora Bessarabica exsiccata*; 1909) та колектора (?) Eismond; поблизу м. Херсона — за даними Й.К. Пачоського (Гербарій Херсонської флори) та N. Sredinsky. За гербарними матеріалами П.С. Шестерикова з околиць м. Одеса — вид можна знайти «на полях» (1890 р.).

Відповідно до даних гербарної колекції видів рослин Одеської обл., *Euphorbia*

*agraria* зібрано в околицях Сухого (1986, 2003 рр.), Хаджибейського (2014), Дністровського (1998, 2022, 2014), М. Аджаликського (2005), В. Аджаликського (2003), Будацького (2002), Тилігульського (1983, 2017) лиманів; м. Кілії (1987), с-ща За тиштя (1955), в околицях м. Одеса (1920; 2003, 2004, 2010, 2018), на узбережжі Придунайських озер (2001).

За літературними даними *Euphorbia agraria* притаманний практично всій території Херсонської губернії (її частиною була й нинішня територія Одеської обл.), до того ж вид зустрічається «доволі часто» [20]. У визначнику флори околиць м. Одеси вид вказано для Ланжерону (нині м. Одеса) та Горобчанської коси [2].

За нашими даними — вид широко представлений у регіоні: узбережжя всіх регіональних лиманів; характерний для ценозів на узбережжі малих і середніх річок регіону, а також — р. Дністер; часто трапляється на ділянках природних та напівприродних ценозів вододілу.

■ *Euphorbia chamaesyce* L. — молочай дрібносмоковник. Є компонентом сегетальних екотопів; терофіт; мезофіт; геліофіт; кормова, бур'янова, смолоносна, лікарська рослина; синантропна рослина Середземноморського походження, за часом занесення на територію України — кенофіт, за ступенем натуралізації — епекофіт [17].

За даними гербарної колекції видів рослин Одеської обл. вид зібрано в околицях м. Одеси (Татарка. 1920. А. Кратінов).

За літературними даними Й.К. Пачоського [20], зростання виду відмічено колекторами П.С. Шестериковим, Е.Е. Ліндеманом — в околицях м. Одеси «на сухих місцях». У визначнику П.С. Шестерикова [2] вид також вказується для околиць м. Одеса. У MSUD зберігаються збори цього колектора (без дати збору).

Знайдено Бондаренко О.Ю. на оброблених полях узбережжя правого відрозу Хаджибейського лиману (2019); як сегетальний бур'ян поблизу с-ща Роша (обабіч шосе Одеса–Рені, М-15) у 2018 р.; на ділянках агроценозів с-щ В. Дальник (М-15) та Мирне (М-15).



■ *Euphorbia cyparissias* L. [*Tithymalus cyparissias* (L.) Hill] — молочай кипарисовидний. Вид використовують у культурі, також є елементом лучних ценозів. Автором рослини виду знайдено у міжколійному просторі та на узбіччі залізничних колій (Дністровський пересип); трапляється на смітниках (насіння, рослинні рештки потрапляють сюди разом із побутовим сміттям) у населених пунктах; гемікриптофіт; ксеромезофіт; геліофіт; бур'янова рослина; є синантропною рослиною апофітної фракції, за ступенем адаптації — геміапофіт [17]. Є діагностичним видом для класу степової рослинності *Festuco-brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947, для порядку *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933, класу *Erico-pinetea* Horvat 1959; класу *Sedo-scleranthetea* Br.-Bl. 1955 [19].

За даними історичних колекцій MSUD, трапляється на прилеглих територіях (Чорна поблизу Резини на Дністрі. 1909. I. Paczoski. Flora Bessarabica exsiccata). За матеріалами гербарної колекції видів рослин Одеської обл. вид відмічено як культивований у 2000 р. у с. Маяки (узбережжя р. Дністер); також — у м. Одеса (2018). Додатково — на схилах поблизу В. Аджалицького лиману (2005) (рудералізована ділянка сміттєзвалища).

Щодо літературних джерел — посилання відсутні.

■ *Euphorbia davidii* Subils. (*E. dentata* agg.) — молочай Давида. Компонента флори рудеральних екоотопів; терофіт; мезоксерофіт; геліофіт; елемент адвентивної фракції синантропної флори України (ефемерофіт), за хронотипом — кенофіт; важливо, що вид має високу інвазійну здатність [15; 16].

У MSUD зберігаються матеріали щодо знаходження рослин виду на території порту м. Одеса (1990, 2000, 2001 рр.). Вид тут визначено як *E. dentata*. Також рослини виду знайдено автором у міжколійному просторі та поблизу від залізничних колій Дністровського пересипу у 2019, 2021 рр.

■ *Euphorbia esula* L. — молочай гострий. Зустрічається на ділянках із лучною, петрофітною флорою; гемікриптофіт; ксе-

ромезофіт; геліофіт; отруйна, лікарська, фарбувальна, інсектицидна, жиросіюча рослина [4]. Є діагностичною рослиною для асоціацій *Carici liparicarpo-Centaureetum adpressae* Korzhenevsky et Klyukin 1990 nom. inval. (art. 2a) (з порядку *Ephedro distachyae-Medicaginetalia romanicae* Dubyna et Dziuba ord. nov. hoc loco) [19].

За даними MSUD — наводиться для суміжних областей: Тираспіль, у посівах. 1907. I. Paczoski. Herbarium Florae Chersonensis. Для Бессарабії (Чорна поблизу Резини на Дністрі; Ustie ad Tyrn). 1909. I. Paczoski. Flora Bessarabica exsiccata. Для Херсону — знайдено колектором Sredinsky. Як елемент Херсонської флори — зібрано Й.К. Пачоським (1907). А також — поблизу м. Ананьєв (нині Одеська обл.) у 1907 р. Є екземпляр з с. Акерман (нині м. Білгород-Дністровський), без вказівки дати та місця збору (за побічними ознаками етикетки, до 1900 р.).

У гербарній колекції П.С. Шестерикова вид наводиться як такий, що зростає у лісах, на полях, при дорогах в околицях м. Одеса, без конкретних вказівок місцезростає [23]. У матеріалах гербарної колекції видів рослин Одеської обл. є посилення на збір рослин цього виду у м. Одеса в районі порту (1990 р.).

Пачоський Й.К. [20] звертає увагу, що описи цього виду у різних авторів дещо різняться. Відтак — різняться і локалітети гербарних зборів.

Автором вид *Euphorbia esula* відмічено на петрофітних схилах в околицях с. Єгорівка, Роздільнянського р-ну. На схилах Карагольської затоки Дністровського лиману (поблизу с. Миколаївка, 2020). На схилах біля залізничної станції «Вікторівка», Березівського р-ну (2018).

■ *Euphorbia falcata* L. — молочай серповидний. Компонент рудералізованих, сеgetальних ценозів, автором його знайдено також на узбіччі асфальтової дороги з вапняку; терофіт; ксеромезофіт; геліофіт; бур'янова, смолоносна, вітаміноносна, жиросіюча, лікарська, дубильна рослина; є елементом адвентивної фракції синантропної флори України, за ступенем нату-

ралізації – епекофіт Середземноморсько-ірано-туранського походження. За часом занесення на територію України – археофіт [17]. Є діагностичним видом для союзу *Caucalidion Tx. ex von Rochow* 1951 та асоціації цього союзу *Lathyro tuberoso-Adonidetum aestivalis* Крорáĉ et Nadaĉ in Крорáĉ et al. 1971 [20].

У деяких історичних колекціях MSUD вид наводиться лише для території Криму. Однак П.Є. Куликом (1936) екземпляри *Euphorbia falcata* знайдені біля с. Бринівка, Роздільнянського р-ну, Одеської обл.

За літературними даними вид представлено Й.К. Пачоським [20] для Одеського повіту, як такий, що знайдено 1906 р. у посівах ячменю. П.С. Шестериковим [4] ця знахідка розглядається як випадкова для території.

Рослини *Euphorbia falcata* знайдені автором у 2019 р. у районі с. Кошари (узбережжя Тилігульського лиману). На узбережжі р. Балай. А також – на вапняковому відкосі відремонтованої ділянки дороги Одеса–Рені (М-15) між населеними пунктами Розселенець та Петродолинське (2017, 2018, 2020). На узбіччі асфальтового шосе (М-15) державного значення між пунктами с. Маяки (Одеського р-ну) та пропускним прикордонним пунктом до с. Паланка (Молдова) у 2019 р. Також у 2019 р. – між сс. Шеметове–Єгорівка, та між сс. Болгарка–Єгорівка, Роздільнянського р-ну.

■ *Euphorbia humifusa* Willd. ex Schlecht. [*Chamaesyce humifusa* (Willd. ex Schlecht.) Prokh.] – молочай простертий. Притаманний рудеральним ценозам; знайдено автором на Дністровському пересипі на щаблясто-черепашковому ґрунті узбіччя залізничних колій; терофіт; ксеромезофіт; геліофіт; бур'янова рослина; є елементом адвентивної фракції синантропної флори України. Це – ефемерофіт, та кенофіт Середземноморського походження [17]. Є діагностичним видом асоціації *Anisantho tectorum-Glycyrrhizetum glabrae* Dubyna, Dziuba et Vakarenko in Dubyna et al. 2017 (з порядку *Glycyrrhizetalia glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995) [20].

За даними MSUD, у гербарній колекції ВЖПК Й.К. Пачоським наводиться для Херсонського повіту (1908). У колекції П.С. Шестерикова містяться дані: Nicolaiew. 8/VII. 1888. Peczoski. У гербарній колекції видів рослин Одеської обл. зберігається екземпляр: № 14655. Околиці Одеси, Преображенське с-ще [нині вже м. Одеса], серед посівів кукурудзи. 25.08. 1920. А. Кратінов.

Пачоський Й.К. [20] – представив вид для Херсонського повіту. За П.С. Шестериковим [2] – вид зустрічається на полях та в околицях сс. Северинівка та Гнилякове.

Вид *Euphorbia humifusa* знайдено автором на піщанисто-щербенистому субстраті узбіччя залізничної колії Дністровського пересипу між залізничними станціями Морська та Дружба (11.08.2021).

■ *Euphorbia lingulata* W.K. – молочай язичковий. Культивована рослина, що є «втікачем» із місць культивування; поширюється у притінених, мезофітизованих ділянках. Наразі, на нашу думку, не є «агресивним» видом; гемікриптофіт; мезоксерофіт; сциогеліофіт; декоративна рослина.

За гербарними даними MSUD, а також регіональними літературними даними – для регіону, в якості спонтанного елементу флори – не наводиться.

Вид *Euphorbia lingulata* автором зафіксовано як культивовану рослину, яка «втекла» з культури у с. Маяки, Одеського р-ну. Нові рослини, численними проростками, з'являються на ділянках із домінуванням *Poa angustifolia* L. поблизу місць культивування на притінених ділянках, навіть за умов відсутності регулярного поливу. Частина з молодих проростків добре ростуть, можуть сягати заввишки до 30 см, мають багато стебел (до 10), активно квітнуть та плодоносять. Також спостерігається проростання насіння під час використання землі із переприми (два роки) рослинними рештками з *Euphorbia lingulata*.

■ *Euphorbia lucida* Waldst. & Kit. [*Tithymalus lucidus* (Waldst. & Kit) Klotzsch ex Garcke] – молочай глясுவатий. Є елементом прибережно-водних ценозів (зок-

рема у дельті Дністра); гемікриптофіт; ксеромезофіт; геліофіт; смолоносна, дубильна, лікарська рослина.

У межах України, за гербарними даними MSUD представлені для долини Дунаю (Рені, 1909). У матеріалах гербарної колекції видів рослин Одеської обл. MSUD — є екземпляри з Придунайських озер (Васильєва, 2001) та пониззя Дністра (Бондаренко, 2007). Трапляється зрідка.

За літературними даними [14] — вид відмічено лише у плавнях Дністра, поблизу с. Маяки. А також — у Тираспольському повіті.

Автором *Euphorbia lucida* візуалізовано для дельти Дністра, Дністровського лиману (06.2019) на ділянці між с. Маяки до прикордонного пункту «Паланка» (Молдова).

■ ***Euphorbia peplis* L.** — молочай щербриковидний. Є компонентом приморських лучних, прибережно-водних ценозів; гемікриптофіт; мезофіт; геліофіт; лікарська, жиролійна, медоносна, дубильна, смолоносна, отруйна рослина; внесений до переліку созофітів Одеської обл., має категорію «недостатньо вивчений» [18]. Є діагностичним видом для класу літоральної рослинності: *Cakiletea maritima* Tx. et Preisling in Tx. ex Bg.-Bl. et Tx. 1952, також — порядку *Thero-Atriplicetalia* Pignatti 1953. До того ж є діагностичним видом для двох асоціацій: *Cakilo euxinae-Euphorbietum peplidis* Dubyna, Neuhäuslová et Shelyag-Sosonko 1994 (союзу *Cakilion euxinae* Géhu et al. 1994), додатково — асоціації *Cakilo euxinae-Salsoletum ruthenicae* Vicherek 1971 (союзу *Cakilion euxinae* Géhu et al. 1994) [19].

За гербарними даними вид фіксовано для околиць м. Одеса (№ 9405. Odessa. Sredinsky. HUNR.) У колекції П.С. Шестерикова флори околиць м. Одеса, вид наводиться як такий, що зростає біля моря (без конкретної вказівки локалітету). За відомостями гербарної колекції Г.Й. Потапенка (15.09.1910) вид зустрічається часто на суглинному чорноземі поблизу Хаджибейського лиману, Одеської округи. А також — на пісках пересипу Куяльницького лиману (14.08.1923).

У MSUD наявні гербарні екземпляри *Euphorbia peplis*, які характеризують збори з Tauria, Kinburg. Sredinsky. Herb. Ed. Lindemann (№ 3801, у гербарній колекції Е.Е. Ліндемана). Наводиться А. Кратіновим (08.1920) з околиць м. Одеси, Преображенське с-ще [нині м. Одеса]. Рослини зібрано з насипу піщаної дороги.

За літературними відомостями — вид зростає на приморських пісках між морем та Сухим лиманом, біля Люстдорфу (нині м. Одеса) [2].

Автором знайдено вид поза межами пониззя межиріччя Дністер–Тилігул: на території НПП «Тузлівські лимани», на косі оз. Алібей — до оз. Карачаус. 25.07.2012 р.

Зважаючи на істотну антропогенну трансформацію прибережної зони — цілком логічно, що сучасні знахідки цього виду стають дедалі більш рідкісними.

■ ***Euphorbia peplus* L. [*Tithymalus peplus* (L.) Hill]** — молочай городній. Є рудеральною рослиною, яка, загалом, не притаманна для півдня України, проте трапляється у затінених та зволжених ділянках міської забудови Одеси; терофіт; ксеромезофіт; геліофіт; бур'янова рослина; є елементом адвентивної фракції синантропної флори України: епекофіт Середземноморського походження; за хроно-типом — археофіт [11]. Є діагностичним видом союзу *Galeopsion bifidae* Abramova in Mirkin et al. 1985 та асоціації *Euphorbio pepli-Chenopodietum albi* Solomakha 1988 цього союзу [13].

За даними гербарної колекції видів рослин Одеської обл. — вид зустрічається в околицях с. Сербка (1993), в м. Одеса (1997, 2001, 2004, 2008, 2010, 2015 рр.). З околиць м. Одеси — є знахідки біля с. Розселенець (2004), поблизу с. Маяки (2004).

За даними Й.К. Пачоського [20] вид знайдено в Одеському повіті, в т. ч. у м. Одесі (за даними П.С. Шестерикова, І. І. Шмальгаузена, Eichwald), поблизу Сухого лиману (П.С. Шестериков), на косі поблизу Кароліно-Бугазу (гирло Дністровського лиману).

Автором рослин виду зібрані у Приморському р-ні м. Одеса у 2021, 2022, 2023 рр.

■ *Euphorbia sequierana* Neck. [*Tithymalus sequieranus* (Neck.) Prokh.] — молочай Сегієрів. Типова рослина для степових та петрофітних ценозів регіону; гемікриптофіт; ксеромезофіт; геліофіт. Є діагностичним видом для класу *Festucetea vaginatae* Соб ex Vicherek 1972 та асоціації цього класу: *Centaureo odessanae-Stipetum capillatae* Dubyna, Neuhäuslová et Shelyag-Sosonko 1995. А також — союзу *Sileno supinae-Artemision hololeuceae* Didukh 1989 (з порядку *Thymo cretaceae-Hyssopetalia cretacei* Didukh 1989) [19].

Оскільки рослина — дуже поширена, зокрема і на Одещині, є діагностичним видом і для низки інших асоціацій: *Anisantho tectorum-Helichrysetum arenarii* Tyshchenko 1999 порядку (з порядку *Ephedro distachyae-Medicaginetalia romanicae* Dubyna et Dziuba ord. nov. hoc loco); асоціації *Stipo pulcherrimae-Pinetum sylvestris* Didukh 2003 (союзу *Libanotido intermediae-Pinion sylvestris* Didukh 2003); асоціації *Roso vosagiatae-Coryletum* Oberd. 1957 (з союзу *Berberidion vulgaris* Br.-Bl. ex Tx. 1952); асоціації *Buglossoido-Aperetum spicae-venti* Solomakha 1988 (з союзу *Anthemido ruthe-nicae-Sisymbrium orientalis* Solomakha 1990) [19].

Відповідно до матеріалів іменних гербарних колекцій MSUD рослини цього виду — визначалися як *Euphorbia gerardiana* Jacq. 1778. Який дуже часто наводиться для території нинішньої Молдови (тоді — Бессарабська губернія, 1915), для околиць м. Херсона (1907, Й. К. Пачоський). Згадується цей вид також для околиць м. Одеси П.С. Шестериковим, Г.Й. Потапенком (1923, 1925 рр.). У гербарній колекції Е.Е. Ліндемана — вказано «Одеса» (1894 р.). За даними матеріалів MSUD — рослина трапляється в Одеському регіоні дуже часто: у гербарній колекції видів рослин Одеської обл. наявні 53 гербарні зразки, зібрані у м. Одеса та на території Одеської обл. Є численні авторські збори (як оформлені у MSUD, так і ще не оформлені, з пониззя межиріччя Дністер–Тилігул).

За літературними даними Й.К. Пачоського [20] — зростає дуже часто по цілин-

них ділянках, які сильно випасаються, та зрідка — на природних степових схилах, часто — по схилах балок, пустирях. Він зазначає, що у південній частині — це одна з найзвичайніших рослин.

Шестериков П.С. [2] пише, що *Euphorbia sequierana* зростає на приморських пісках між м. Одеса та Сухим лиманом: «весьма обыкновенное на пустырях, щебнистой почве и полусолончаковых местах» (мова оригіналу).

■ *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. [*Tithymalus stepposus* (Zoz ex Prokh.) Prokh.] — молочай степовий. Є елементом петрофітних, степових ценозів; гемікриптофіт; ксерофіт; геліофіт; отруйна, лікарська рослина [2]. Цей вид є діагностичною рослиною для низки асоціацій: *Lembotropido nigricantis-Potentilletum arenariae* Kukovitsa et al. ex Kukovitsa in Solomakha 1995 порядку *Festucetalia valesiatae* Соб 1947; асоціації *Veronico prostratae-Potentilletum obscurae* Smetana et Derpoliuk 1999 (порядку *Festucetalia valesiatae* Соб 1947); асоціації *Achilleo setaceae-Poetum angustifoliae* Solomakha ex Mariushkina et Solomakha 1986; асоціації *Astragalo austriaci-Salvietum nutantis* Korotchenko et Didukh 1997 (союзу *Stipo lessingiana-Salvion nutantis* Vynokurov 2014). Додатково є діагностичним видом асоціації *Anisantho tectorum-Glycyrrhizetum glabrae* Dubyna, Dziuba et Vakarenko in Dubyna et al. 2017 (з порядку *Glycyrrhizetalia glabrae* Golub et Mirkin in Golub 1995), а також — асоціації *Roso lapidosae-Prunetum stepposae* Fitsailo 2006 (союзу *Prunion spinosae* Соб (1931) 1940) [19].

У гербарній колекції видів рослин Одеської обл. — понад 25 екземплярів, зібраних у м. Одеса та Одеській обл. Є численні авторські збори (як оформлені у MSUD, так і не оформлені: з пониззя межиріччя Дністер–Тилігул). Це типова рослина для сучасних природних степових ділянок на схилах лиманів регіону, особливо у віддалені від населених пунктів. Несприятливим є випас худоби, за збільшення пасквального навантаження — рослини виду зникають.

■ *Euphorbia valdevillosocarpa* Arvat & Nyár. — молочай густоволохатоплодий. Представляє лучні ценози; гемікриптофіт; мезофіт; геліофіт; є созофітом державного рівня охорони, внесений до ЧКУ (2009) та має категорію «зникаючий»; відповідну категорію — також і у переліку рідкісних видів Одеської обл. [19].

У літературних даних та гербарних колекціях MSUD відомостей про локалізацію виду в Одеському регіоні — не виявлено. Автором екземпляри рослин виду знайдено на ділянці відрому зниження балки під старим вапняковим кар'єром, серед чагарників. Локалітет знаходиться між залізничною станцією Карпове до с. Єгорівка (Хаджибейський лиман), Роздільнянського р-ну [18]. Дата знахідки 05.2018. Наявність виду підтверджено у 2019, 2021, 2023 рр.

■ *Euphorbia variegata* Sims — молочай строкатий; культивована рослина, яка разом із рослинним рештками потрапляє на смітники, де нормально вегетує та здатна до формування повноцінних плодів; ксеромезофіт; геліофіт; декоративна рослина північно-американського походження [4].

У літературних даних та гербарних колекціях MSUD відомостей про локалізацію виду в Одеському регіоні — не виявлено.

Знайдено автором як випадковий елемент на засміченій ділянці поблизу м. Біляївка, на узбережжі р. Дністер (16.08.2021). Рослини були нормально розвинені, квітували та плодоносили. За нашими спостереженнями, іноді рослини виду ростуть спонтанно, безпосередньо біля місць культивування, проте здатність до захоплення нових ділянок — не виявляють. Аналогічні висновки робимо і для сусідньої, Миколаївської обл., де також рослини цього виду зафіксовано на засмічених ділянках із побутовим сміттям (Арбузинський р-н, 2023 р). Рослини були нормально розвинені; тенденцій до поширення поза меж ділянки — також не виявлено.

■ *Euphorbia virgultosa* Klokov — молочай прутувидний. Є елементом рудеральних та чагарникових ценозів, трапляється на природних і рудералізованих

прибережно-водних ділянках; гемікриптофіт; ксеромезофіт; сциогеліофіт; бур'янова рослина; елемент апофітної фракції синантропної флори України, за ступенем адаптації є геміапофітом [17].

В історичних (іменних) гербарних колекціях MSUD вид не виявлено, проте за відомостями автора — рослини виду зустрічаються на узбережжі всіх лиманів та невеликих річок пониззя межириччя Дністер–Тилігул. У період з 2004 по 2023 рр. рослини виду регулярно зафіксовано в авторських зборах із ділянок різного ступеня антропогенної трансформації: від узбіч асфальтових доріг із помірним рухом до цілком природних із мезофітними умовами.

Вид — добре представлений у Одеському регіоні. У гербарній колекції видів рослин Одеської обл. наявно 47 екземплярів рослин *Euphorbia virgultosa*, зібраних у різні роки в м. Одеса та Одеській обл.

Отже, наразі, підтверджено зростання 16 видів з роду *Euphorbia*. Це, переважно, гемікриптофіти — 10 видів (62,50% видів). Інші шість видів — терофіти (37,50%). Щодо освітлення 87,50% (14 видів) є геліофітами; щодо зволоження — більшість видів належить до мезофітної фракції: ксеромезофіти — 10 видів (62,50%) та мезофіти — три (18,75%). Видами ксерофітної фракції є два мезоксерофіти (12,50%) та один ксерофіт (6,25%).

В еколого-ценотичному відношенні спостерігається широкий спектр груп: степових, псамофітних, прибережно-водних — по одному (по 6,25%), петрофітних та культивованих — по два (по 12,50%), найбільше — лучних: чотири (25,00%) та рудеральних — п'ять видів (31,25%).

Лише вісім видів — елементи синантропної флори [17]. З них — п'ять належать до адвентивної фракції: два види (12,50%) видів є ефемерофітами, три (18,75%) — епекофітами. До апофітної фракції флори належать три види: один (6,25%) евапофіт та два (12,5%) геміапофіти.

Один вид: *Euphorbia davidii* є видом із високою інвазійною спроможністю [9]. Ще два види є созофітами. Вид *Euphorbia peplis* внесено до переліку рідкісних видів Оде-

щини. Вид *Euphorbia valdevillosocarpa* — до Червоної книги України з категорією «зникаючий» [18].

Для Одеського регіону, у гербарних колекціях MSUD або наявних літературних джерелах наводиться ще низка видів роду *Euphorbia* (розміщені у порядку латинського алфавіту):

■ ***Euphorbia amygdaloides* L.** У тінистих лісах, Ананіївський повіт: Петрівка поблизу Балти (зрідка), Байтальська лісова дача [20]. У гербарній колекції П.С. Шестерикова наявний зразок № «1207. В тіні лісів. Floret: квітень, травень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis».

■ ***Euphorbia angulata* Jacq.** Вказано «лише для околиць м. Одеси Бесером у Ліндемана. Цієї рослини більше ніхто не знаходив, що є природно, оскільки це — лісова рослина, а лісів під Одесою немає» [2; 20]. Однак, у гербарній колекції П.С. Шестерикова є екземпляр № «1208. Серед чагарників. Floret: травень, червень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis». Втім, за [4] *Euphorbia angulata* є кримським видом.

■ ***Euphorbia glareosa* Pall. ex M.Bieb.** Інформація про наявність цього виду з терен Одещини зберігається у Гербарії інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (KW). Вид наводиться як такий, що зростає на узбережжі р. Дністер, на вапнякових схилах. «22.VI.1952. М. Котов, Г. Кузнецова»; є також екземпляр: «*Euphorbia pseudoglareosa* Klokov. 6.VIII.1958. М. Klokov», KW 000022229. Про цей вид М. Клоков зазначав, що «зустрічається, очевидно, і далі на захід в Одеській обл., відомий із суміжних районів Молдавської РСР...» (Klokov, 1955 за [5]).

Додатково, як *Euphorbia glareosa* Pall. ex M.Bieb. [16] інтерпретують *Euphorbia nicaeensis* All. 1785 β *glareosa* Ledeb. Він наявний у гербарній колекції П.С. Шестерикова: «№ 1214.1. В степах. Floret: липень, серпень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis». У KW зберігається Holotypus: «*Euphorbia nicaeensis* All. var. *glareosa* MB. [forma] foliis latioribus. Бессарабія. Криничка. 18.VI 1886. В. Липський для виду *Euphorbia bessarabica* Klokov. [5].

■ ***Euphorbia klokoviana* Railjan.** У гербарній колекції видів рослин Одеської обл. зберігається екземпляр № 5237. Одеська обл., Ширяївський р-н, с. Миколаївка. 4.06.2016. Студ. збори.

■ ***Euphorbia leptocaula* Boiss.** Для цього виду є посилання у літературних джерелах: «Одеський повіт за Шмальгаузенном: новими дослідниками не знайдено»; поблизу Сичавки (на кургані), Коблеве (цілинне пасовище, ґрунт глинистий, зрідка) та ін. [2; 20]. За матеріалами гербарної колекції видів рослин Одеської обл.: № 14654. Околиці Одеси, Архірейський хутір, Застава 1.07.1920. А. Крапинов [нині територія м. Одеса].

■ **\**Euphorbia nicaeensis* All. var. *mucronata* Lndm.** За даними гербарної колекції П.С. Шестерикова: № 1214.2. В степах. Floret: липень, серпень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis.

■ **\**Euphorbia nicaeensis* All. var. *serotina* Host. (sp).** За даними гербарної колекції П.С. Шестерикова: № 1214.3. В степах. Floret: липень, серпень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis.

■ ***Euphorbia palustris* L. [*Tithymalus palustris* (L.) Garsault].** За матеріалами гербарної колекції видів рослин Одеської обл.: № 5240. Одеська обл., Ізмаїльський р-н, о-в Малий Татару, заплашний ліс. 07.07.2002. Студ. збори; 5241. Оз. Кагул, Ренійський р-н. 28.06.2013. Студ. збори; 5242. Дунайські озера, околиці с. Кислиці. 20.05.2001. Васильєва Т.В.; 14652. [окол. Одеси]. [1909]. К.В. Владіміров. Отже, лише один гербарний зразок, сторічної давнини, вказує на локалізацію цього виду в околицях м. Одеси.

■ ***Euphorbia procera* M. Bieb [25].** Як *Euphorbia procera* MB., за даними гербарної колекції П.С. Шестерикова: № 1218. У степах та на полях. Floret: з квітня по червень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis. Інформація є і у гербарній колекції видів рослин Одеської обл.: 5255. Роздільнянський р-н, с. Фрейдерове, на схилах пасовищ. 9.06.1936. П.Е. Кулік.

\* Тут і далі — інтерпретувати види за [10; 19] — не вдалося.

■ ***Euphorbia pseudoglareosa* Klokov.** Інформація є у гербарній колекції видів рослин Одеської обл.: 5256. Кароліно-Бугаз. Б.-Дністровський р-н. 17.07.2007. Студ. збори.

■ ***Euphorbia salicifolia* Host.** Вид наводиться загалом для Ананьївського повіту [10]. У гербарній колекції П.С. Шестерикова представлено матеріали № 1219. На полях та при дорогах. Floret: травень, червень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis.

■ ***Euphorbia subtilis* Prokh.** В матеріалах гербарної колекції видів рослин Одеської обл. № 5324. Савранський р-н, с. Ольшанське. 07.07.2011. Студ. збори.

■ ***Euphorbia szovitsii* Fisch. & C.A. Mey [19].** Як *Euphorbia szovitsii* F. et Mey. 1835. у одній з історичних колекцій є матеріали № 9442. Cult. H. Odessa. Hb. Nordmann. HUNR.

■ ***Euphorbia tenuifolia* Lam.** У гербарній колекції П.С. Шестерикова є матеріали під № 1786 (1220). На полях. Floret: червень, липень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis.

■ ***Euphorbia villosa* Waldst & Kit. форма *E. semivillosa* Prokh.** — представлено як такий, що зростає поблизу нинішньої території Одещини: близько Бугу (Рябков у Шестерикова), а також — у Тираспольському повіті [20]. Це території на схід на та захід від Одещини, тому, ймовірно, вид міг бути знайдений і в Одеському регіоні. У [16] — це окремих вид *Euphorbia semivillosa* Prokh.

■ ***Euphorbia virgata* Waldst. & Kit. (*Euphorbia waldsteinii* (Soják) Czerep.).** У гербарній колекції П.С. Шестерикова є екземпляри № 1221.а. В степах і при дорогах. Floret: з травня по серпень. P. Schesterikow. Flora Chersonensis. А також № 1221.б. Ільїнка. 3/VI. У гербарній колекції Г. Й. Потапенка: № 498. а. Губернія Одеська. Повіт Одеський: Лузанівка, Топографічні умови: пересип. Ґрунт: піщаний. 9 червня 1924 г. Зібрав та визначив Г. Потапенко. Гербарій Г. І. Потапенко. Також ще один екземпляр № 498. б. Лузанівка, піски. м. Одеса. 9/VII 1924 г. Leg. Det. Г. Потапенко. Herbarium Universitatis Respublicanae

Odessanae [21]. У гербарній колекції Е.Е. Ліндемана зразок № 3777. Odessa. 1890. P. Schesterikow. Herb. Ed. Lindemann. У матеріалах гербарної колекції видів рослин Одеської обл.: 5325. Роздільнянський р-н, с. Поташенкове, на схилах пасовищ. 3.06.1936. П.Е. Кулик.

За літературними відомостями вид можна знайти на полях в околицях Одеси, Ільїнки, Горобчанської коси [2].

На нашу думку, певна частка гербарних зборів колекції MSUD потребує перевизначення за допомогою спеціалістів. На жаль, деякі з екземплярів точно інтерпретувати вже не можна, через втрату ознак, які необхідні для визначення.

## ВИСНОВКИ

У пониззі межириччя Дністер–Тилігул виявлено 16 видів роду *Euphorbia*, які представлені в ектопах різного антропогенного навантаження: від техногенних до природних. Найпоширенішими, за результатами власних досліджень, матеріалів гербарної колекції MSUD та регіональних літературних джерел є види: *E. agraria*, *E. sequierana*, *E. stepposa*, *E. virgultosa*. Порівняно малою кількістю посилянь та локалітетів описано *E. chamaesyce*, *E. falcata*, *E. esula*. Зрідка трапляються: *E. humifusa*, *E. davidii*, *E. lucida*, *E. pepelis*, *E. pephus*. Як рудеральні види можна навести види, які, втім, культивують у регіоні як-от декоративні рослини: *E. cyparissias*, *E. variegata* та *E. lingulata* (як рудеральна рослина вид наводимо вперше). Єдиний локалітет у пониззі межириччя Дністер — Тилігул має *E. valdevillosocarpa* Arvat & Nyár. — созофіт державного рівня охорони (ЧКУ).

Знайдені види, переважно, — гемікриптофіти (62,50% видів роду в регіоні), геліофіти (87,50%), ксеромезофітами (62,50%), представники лучних (25,00%) та рудеральних (31,255) еколого-ценотичних груп. Вісім видів є синантропними (п'ять з них відносяться до адвентивної фракції). Вид *E. davidii* є інвазійним видом. Ще два види є созофітами.

Для Одеського регіону, в гербарних колекції MSUD або наявних літературних

джерелах додатково є низка видів та форм роду *Euphorbia*. Окремі з них — це елементи флори на північ від пониззя межиріччя Дністер–Тилігул. Частина — представлена поодинокими знахідками, вказаними у

літературі; вони не мають підтвердження гербарними матеріалами. Частина з переглянутих нами гербарних зборів видів (з історичних колекцій MSUD), вочевидь, потребує перевизначення спеціалістами.

## ЛІТЕРАТУРА

- Бондаренко О.Ю. Інвазійні види флори трансформованих ділянок залізничних колій у пониззі межиріччя Дністер–Тилігул. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273246>.
- Шестериков П.С. Определитель растений окрестностей Одессы. Одесса, 1912. 539 с.
- Яворівський Р.Л., Романишин К.Ю. Видовий склад родини *Euphorbiaceae* Klok. у флорі Буцацького (нині Чортківського) району Тернопільської області. *Modern research in world science. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International scientific and practical conference* (November 28–30, 2022). Lviv: SPC «Sci-conf.com.ua», 2022. P. 163–169. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-28-30-11-2022-lviv-ukrayina-arhiv/>.
- Определитель высших растений Украины / под ред. Ю.Н. Прокудина. Київ: Наук. думка, 1987. 548 с.
- Шиян Н.М., Бойко Г.В. Типи таксонів роду *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*), описаних із території України, що зберігаються у Національному гербарії України (KW). *Український ботанічний журнал*. 2016. № 73(5). С. 516–521. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj73.05.516>.
- Двірна Т.С. Звягінцева К.О. Знахідка *Euphorbia Davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) на території Лівобережного Лісостепу України. *Український ботанічний журнал*. 2013. № 70 (3). С. 351–353. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.03.351>.
- Калашник С.О., Гайдаржи М.М. Систематика, морфологія та біохімічні особливості рослин роду *Euphorbia* L. (*Euphorbiaceae*). *Інтродукція рослин*. 2008. № 4. С. 66–71.
- Орлов О.О., Шиндер О.І., Коломійчук В.П. Нові флористичні знахідки у лісостеповій частині Житомирської області. Повідомлення II. *Український ботанічний журнал*. 2023. № 80 (4). С. 323–336. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj80.04.323>.
- Мосякін А.С. Судинні рослини флори України, високоінвазійні в Північній Америці: таксономічний аналіз. *Український ботанічний журнал*. 2014. № 71 (6). С. 665–672. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj71.06.665>.
- Звягінцева К.А. Нові знахідки чужорідних рослин у флорі Харкова. *Український ботанічний журнал*. 2013. № 70 (6). С. 772–775. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.06.772>.
- Мойсієнко І.І., Скобель Н.О., Мельник Р.П. Нові знахідки чужорідних видів з роду *Euphorbia* L. на півдні України. *Чорноморський ботанічний жур-*
- нал*. 2020. № 16 (3). С. 191–198. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-3-2>.
- Гузік Я., Протопопова В.В., Кагало О.О. та ін. Нові локалітети карантинного бур'яну *Euphorbia dentate* Michx. в Україні. *Український ботанічний журнал*. 1997. № 54 (3). С. 280–282. URL: <https://www.botany.kiev.ua/doc/shevera33.pdf>.
- Лісовець О.І. Перші знахідки *Acalypha australis* L. та *Euphorbia maculata* L. (*Euphorbiaceae*) на Дніпропетровщині. *Ecology and noospherology*. 2016. № 27 (1–2). С. 42–48. DOI: <https://doi.org/10.15421/031605>.
- Васильєва Т.В., Коваленко С.Г., Ружицька І.П. та ін. Біологічні особливості нових для Причорномор'я видів родини *Euphorbiaceae* Juss. *Вісник ОНУ. Сер.: Біологія*. 2004. № 9 (5). С. 55–62.
- Протопопова В.В. та ін. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.
- Mosyakin S.L. and Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev, 1999. 345 p.
- Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути её развития. Київ: Наук. думка, 1991. 192 с.
- Андрієнко Т.Л., Перегрим М.М. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України: довідк. вид. Київ: Альтерпрес, 2012. С. 76–91. URL: [https://www.botany.kiev.ua/doc/of\\_reg\\_sp.pdf](https://www.botany.kiev.ua/doc/of_reg_sp.pdf)
- Продромус рослинності України. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с. URL: [https://geobot.org.ua/files/publication/2106/prodr\\_roslinn\\_ukr\\_2019.pdf](https://geobot.org.ua/files/publication/2106/prodr_roslinn_ukr_2019.pdf).
- Paczoski Józef. Flora Chersonsyzczyzny. Том II. *Rósliny dwuliścienne*. Poznań, 2008. 505 stron.
- Коваленко С.Г. та ін. Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція Г.Й. Потапенка. Одеса: Освіта України, 2014. 112 с.
- Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція Й.К. Пачоського. Одеса: Освіта України, 2013. 331 с.
- Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція П.С. Шестерикова. Одеса: Освіта України, 2014. 196 с.
- Бондаренко О.Ю. Про знахідку *Euphorbia valdevillosocarpa* Arvat & Nyár. (*Euphorbiaceae*) в пониззі межиріччя Дністер–Тилігул. *Вісник ОНУ. Сер.: Біологія*. 2021. Т. 26. вип. 1(48). С. 127–134. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.1\(48\).232854](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.1(48).232854).
- International Plant Names Index. URL: <https://www.ipni.org/>.



## REFERENCES

- Bondarenko, O.Iu. (2022). Invaziini vydy flory transformovanykh dilianok zaliznychnykh kolii u ponyzzy mezhyrichchia Dniester–Tylilul [Invasive species of the flora of transformed sections of railway tracks in the lower reaches of the Dniester–Tilgul interfluve]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273246> [in Ukrainian].
- Shesterikov, P.S. (1912). *Opredelitel rastenyi okresnos-tyey Odessa [Key to plants in the environs of Odessa]*. Odessa [in Russian].
- Iavorivskiy, R.L. & Romanyshyn, K.Iu. (2022). Vydovyi sklad rodyny *Euphorbiaceae* Klok. u flori Buchatskoho (nyni Chortkivskoho) raionu Ternopilskoi oblasti [The species composition of the family *Euphorbiaceae* Klok. in the flora of Buchatskyi (now Chortkivskiy) district of Ternopil region]. *Modern research in world science*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International scientific and practical conference (pp. 163–169). Lviv: SPC «Sci-conf.com.ua». URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-28-30-11-2022-lviv-ukrayina-arhiv/> [in Ukrainian].
- Prokudin, Yu.N. (Ed.). (1987). *Opredelitel vyisshih rastenyi Ukrainy [Key to higher plants of Ukraine]*. Kyiv [in Russian].
- Shyian, N.M. & Boiko, H.V. (2016). Typy taksoniv rodu *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*), opysanykh iz terytorii Ukrainy, shcho zberihaiutsia u Natsionalnomu herbarii Ukrainy (KW) [Types of taxa of the genus *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*), described from the territory of Ukraine, stored in the National Herbarium of Ukraine (KW)]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 73 (5), 516–521. URL: <https://ukrbotj.co.ua/pdf/73/5/ukrbotj-2016-73-5.pdf> [in Ukrainian].
- Dvirna, T.S. & Zvyagintseva, K.O. (2013). Znaxidka *Euphorbia Davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) na terytorii Livoberezhnogo lisostepu Ukrainy [Finding of *Euphorbia Davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) on the territory of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 70 (3), 351–353. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.03.351> [in Ukrainian].
- Kalashnyk, S.O. & Gaidarzhii, M.M. (2008). Systematyka, morfologiya ta bioximichni osoblyvosti roslin rodu *Euphorbia* L. (*Euphorbiaceae*) [Systematics, morphology and biochemical features of plants of the genus *Euphorbia* L. (*Euphorbiaceae*)]. *Introdukciya roslin — Introduction of plant*, 4, 66–71 [in Ukrainian].
- Orlov, O.O., Shinder, O.I. & Kolomiichuk, V.P. (2023). Novi florystychni znaxidky u lisostepovii chastyni Zhytomyrskoyi oblasti. Povidomlennya II [New floristic finds in the forest-steppe part of Zhytomyr region. Report II]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 80 (4), 323–336. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj80.04.323> [in Ukrainian].
- Mosiakin, A.S. (2014). Sudynni rosliny flory Ukrainy, vysokoinvaziini v Pivnichnii Amerytsi: taksonomychnyi analiz [Vascular plants of the flora of Ukraine, highly invasive in North America: taxonomic analysis]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 71 (6), 665–672. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj71.06.665> [in Ukrainian].
- Zvyaginceva, K.A. (2013). Novi znaxidky chuzhoridnykh roslin u flori Kharkova [New findings of alien plants in the flora of Kharkiv]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 70 (6), 772–775. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.06.772> [in Ukrainian].
- Moysienko, I.I., Skobel, N.O. & Melnyk, R.P. (2020). Novi znaxidky chuzhoridnykh vydiv z rodu *Euphorbia* L. na pivdni Ukrainy [New finds of alien species of the genus *Euphorbia* L. in the south of Ukraine]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal — Black Sea Botanical Journal*, 16 (3), 191–198. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-3-2> [in Ukrainian].
- Huzik, Ya., Protopopova, V.V., Kahalo, O.O. et al. (1997). Novi lokaliteti karantynnoho burianu *Euphorbia dentate* Michx. v Ukraini [New localities of the quarantine weed *Euphorbia dentate* Michx. in Ukraine]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 54 (3), 280–282. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj73.05.516> [in Ukrainian].
- Lisovets, O.I. (2016). Pershi znakhidky *Acalypha australis* L. ta *Euphorbia maculata* L. (*Euphorbiaceae*) na Dnipropetrovshchyni [The first finds of *Acalypha australis* L. and *Euphorbia maculata* L. (*Euphorbiaceae*) in Dnipropetrovsk Oblast]. *Ecology and noospherology*, 27 (1–2), 42–48. DOI: <https://doi.org/10.15421/031605> [in Ukrainian].
- Vasylieva, T.V., Kovalenko, S.H., Ruzhytska, I.P., Nemertsalov, V.V. & Nemertsalova, S.V. (2004). Biologichni osoblyvosti novykh dlia Prychornomoria vydiv rodyny *Euphorbiaceae* Juss. family new to the Black Sea region]. *Visnyk ONU. Seriya: Biologiya — Bulletin of ONU. Series: Biology*, 9 (5), 55–62 [in Ukrainian].
- Protopopova, V.V. et al. (2009). *Invaziini vydy u flori Pynichnogo Prychornomor'ya [Invasive species in the flora of the Northern Black Sea coast]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev [in English].
- Protopopova, V.V. (1991). *Sinantropnaya flora Ukrainy i puti yoy razvitiya [Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development]*. Kyiv [in Russian].
- Andrienko, T.L. & Perehrym, M.M. (2012). Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisykh roslin administratyvnykh terytorii Ukrainy (dovidkove vydannia) [Official list of regionally rare plants of the administrative territories of Ukraine (reference edition)]. Kyiv. URL: [https://www.botany.kiev.ua/doc/of\\_reg\\_sp.pdf](https://www.botany.kiev.ua/doc/of_reg_sp.pdf) [in Ukrainian].
- Prodromus roslynnosti Ukrainy [Prodromus vegetation of Ukraine]*. (2019). Kyiv [in Ukrainian].

20. Paczoski, J. (2008). Flora Chersonszczyzny. T. II. Rósliny dwuliścienne. Poznań [in Polish].
21. Kovalenko, S.H. et al. (2014). *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna koleksiia H.I. Potapenka [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of G.Y. Potapenka]*. Odesa [in Ukrainian].
22. *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna koleksiia Y.K. Pachoskoho [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of Y.K. Pachoskyi]*. (2013). Odesa [in Ukrainian].
23. *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna koleksiia P.S. Shesterykova [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of P.S. Shesterikova]*. (2014). Odesa [in Ukrainian].
24. Bondarenko, O.Iu. (2012). Pro znakhidku *Euphorbia valdevillosocarpa* Arvat & Nyár. (*Euphorbiaceae*) v ponyzzi mezhyrichchia Dnister–Tylahul [About the discovery of *Euphorbia valdevillosocarpa* Arvat & Nyár. (*Euphorbiaceae*) in the lower reaches of the Dniester–Tiligul interfluve]. *Visnyk ONU. Seriya: Biolohiia — Bulletin of ONU. Series: Biology*, 26 (1 (48)), 127–134. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.1\(48\).232854](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.1(48).232854) [in Ukrainian].
25. International Plant Names Index. URL: <https://www.ipni.org/> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.03.2024

---

## ДИНАМІКА ВМІСТУ $^{137}\text{CS}$ У ВИЩИХ ВОДЯНИХ РОСЛИНАХ КИЇВСЬКОГО ТА КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩ

О.М. Волкова<sup>1</sup>, В.В. Беляєв<sup>1</sup>, С.П. Пришляк<sup>1</sup>,  
В.В. Скиба<sup>2</sup>, Н.М. Присяжнюк<sup>2</sup>, О.М. Нагорнюк<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут гідробіології НАН України (м. Київ, Україна)  
e-mail: 2volkovaen@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5868-4842  
e-mail: belyaev-vv@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4465-7816  
e-mail: ceregasp@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3838-3073

<sup>2</sup> Білоцерківський національний аграрний університет (м. Біла Церква, Україна)  
e-mail: volly2005@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3605-1147

<sup>3</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: onagornuk@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6694-9142

Метою дослідження було визначення часових параметрів питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах Київського та Канівського водосховищ. Параметри, що характеризують динаміку вмісту  $^{137}\text{Cs}$ , визначали для *Potamogeton perfoliatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Phragmites australis* та *Typha angustifolia* на основі даних щодо питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у надземних органах рослин, які були відібрані у 1989–2021 рр. на полігонній ділянці верхньої частини Київського водосховища й у 2000–2021 рр. на полігонній ділянці середньої частини Канівського водосховища. Для вищих водяних рослин Київського водосховища виявлено два часових інтервали, які характеризуються різною інтенсивністю зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$ . Упродовж 1989–1996(1998) рр. питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у досліджуваних видів зменшувалася вдвічі приблизно за два роки; за інтервал часу 2011(2012) — 2021 рр. період напівзменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у *Potamogeton perfoliatus* та *Ceratophyllum demersum* збільшився у середньому до 12 років. Для *Phragmites australis* відзначена тенденція до уповільнення швидкості зниження питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у досліджуваних видів зменшувалася вдвічі приблизно за два роки; за інтервал часу 2011(2012) — 2021 рр. період напівзменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у *Potamogeton perfoliatus* та *Ceratophyllum demersum* Канівського водосховища у середньому відповідала періоду напівзменшення близько 20 років. Для *Phragmites australis* та *Typha angustifolia* відзначена лише тенденція до зниження активності  $^{137}\text{Cs}$ , яка відповідає періоду напівзменшення близько 40 років. У часі величина періоду напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Київського та Канівського водосховищ збільшується, що пояснюється уповільненням швидкості зменшенням об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  у воді р. Дніпро та Прип'ять. Визначені параметри моделі, що описують динаміку питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  можуть бути використані для прогнозних оцінок вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах при аварійному надходженні радіонуклідів до екосистем великих річкових водосховищ.

**Ключові слова:** гідросфера, моделювання, радіоактивне забруднення, вищі водяні рослини, водосховища.

### ВСТУП

Радіоактивне забруднення екосистем Київського та Канівського водосховищ вважається одним з основних наслідків Чорнобильської аварії 1986 р., оскільки Дніпровський каскад — це основне джерело водозабезпечення України і може транспортувати радіоактивні речовини на

значну відстань від забруднених територій північних регіонів [1].

Важливою складовою оцінки віддалених наслідків радіоактивного забруднення водних екосистем є визначення часових параметрів вмісту радіонуклідів, які існують в організмі гідробіонтів тривалий час. Такі параметри дають можливість здійснити ретроспективну оцінку рівнів вмісту радіонуклідів у біотичних компонентах водойм,

© О.М. Волкова, В.В. Беляєв, С.П. Пришляк, В.В. Скиба, Н.М. Присяжнюк, О.М. Нагорнюк, 2024

де радіоекологічні дослідження виконувалися епізодично, та прогнозувати динаміку формування радіонуклідного забруднення водних організмів у випадку надходження штучних радіонуклідів у водні екосистеми внаслідок аварійних ситуацій.

Тому, **метою дослідження** було визначення часових параметрів питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах Київського та Канівського водосховищ.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Після аварії на Чорнобильській АЕС дослідженнями закономірностей формування радіонуклідного забруднення різних угруповань гідробіонтів показано, що вищі водяні рослини, які належать до автотрофних гідробіонтів, визнані одними з домінуючих за біомасою компонентом прісноводних екосистем та мають високий продуктивний потенціал, швидко реагують на зміну радіоекологічної ситуації у водних екосистемах і здатні накопичувати багато зареєстрованих у водних масах радіоактивних елементів [2–5]. Зокрема, у травні-червні 1986 р. у вищих водяних рослинах Київського та Канівського водосховищ зареєстровано 13 радіонуклідів, до того ж найбільші показники питомої активності були характерні для короткоіснуючих  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{131}\text{I}$  з періодом напіврозпаду 64, 12,8 та 8,06 діб, відповідно, а сумарна активність рослин досягала 670 кБк/кг. Максимальні величини питомої активності тривалоіснуючих  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах Київського водосховища — 2400 і 67000 Бк/кг, відповідно, спостерігали у 1986–1987 рр., водночас зазначені величини перевищували доаварійні рівні відповідно у 220 та 20000 разів [6]. Починаючи з 1989 р. радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин Київського та Канівського водосховищ формували  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , за цих умов внесок  $^{137}\text{Cs}$  до сумарної активності був домінуючим [3; 5].

Подальші багаторічні дослідження показали, що динаміка питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах верхньої частини Київського водосховища дали

зможу формалізувати отримані закономірності для деяких видів занурених рослин (гідатофітів) [3; 7]. Визначено, що період напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів для часового інтервалу з 1989 по 1996 рр. становив  $1,9 \pm 0,7$  р., а для часового інтервалу з 1989 по 2012 рр. період збільшився до  $5,0 \pm 0,8$  р. Отже, було встановлено, що із плином часу швидкість зменшення питомої активності радіонукліда у рослин Київського водосховища уповільнилася. Період напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітах Канівського водосховища були визначені лише для часового інтервалу 2000–2006 рр. [3] і становив  $3,4 \pm 1,0$  р.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час моделювання процесів зниження питомої активності радіонуклідів у вищих водяних рослинах використовували експоненціальну модель, яку показано у [3; 7; 8].

Параметри, які характеризують динаміку вмісту  $^{137}\text{Cs}$  для гідатофітів (рдесник пронизанолистий — *Potamogeton perfoliatus* L. і кушир занурений — *Ceratophyllum demersum* L.) та гелофітів (очерет звичайний — *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. і рогіз вузьколистий — *Typha angustifolia* L.) визначали на основі результатів досліджень рівнів вмісту радіонукліда у надземних органах рослин. У роботі використані дані щодо питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у пробах рослин, які були відібрані у 1989–2021 рр. на полігонній ділянці верхньої частини Київського водосховища (мілководдя біля с. Страхолісся) та у 2000–2021 рр. на полігонній ділянці середньої частини Канівського водосховища (мілководдя біля м. Ржищів та Бориспільських островів) [3; 4; 7; 9; 10].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Часові закономірності накопичення радіонуклідів гідробіонтами описують різними математичними моделями. Для опису процесів обміну радіонуклідів між

рослинним організмом і середовищем було обрано кібернетичну модель, яка представляє організм у вигляді серії камер, що знаходяться в стані взаємодії з водним середовищем — так звана «камерна» модель. Для однокамерної моделі обмін радіонукліда між живим організмом і зовнішнім середовищем описується рівнянням:

$$dA_h/dt = V(t) - pA_h, \quad (1)$$

де  $A_h$  — радіоактивність організму, Бк/кг;  $V(t)$  — надходження радіонукліда до організму за час  $dt$ , Бк/(с·кг);  $p$  — швидкість виведення радіонукліда внаслідок його радіоактивного розпаду та біологічного виведення з організму,  $\text{с}^{-1}$ .

Розв'язання рівняння (1) з початковими умовами ( $t_0, A_0$ ) має вигляд:

$$A_h(t) = \exp(-p(t-t_0)) \times (A_0 + \int V(t) \exp(p(t-t_0)) dt) \quad (2)$$

(інтегрування в межах  $[t_0, t]$ ).

У загальному випадку  $V(t)$  змінюється у часі, якщо припустити, що

$$V(t) = V_0 \exp(-p_v t),$$

розв'язання рівняння (2) матиме такий вигляд:

$$A_h(t) = A_v \exp(-p_v t), \quad (3)$$

$$p_v = \ln 2 / T_{1/2},$$

де  $A_v$  — стала;  $p_v$  — швидкість зменшення надходження радіонукліда до організму.

З рівняння (3) витікає, що  $p_v$  дорівнює швидкості зменшення питомої активності організму, тоді  $T_{1/2}$  — період напівзменшення питомої активності організму.

У роботі під  $T_{1/2}$  розуміється період результуючого зменшення питомої активності рослин удвічі за рахунок зниження концентрації радіонукліда у воді, його незворотної фіксації у донних відкладах, яке призводить до зменшення потоків радіонукліда у рослину та радіоактивного розпаду. Маючи часовий ряд питомої активності для організмів одного виду, після його логарифмування методом найменших квадратів можна знайти числове значення швидкості зниження питомої активності.

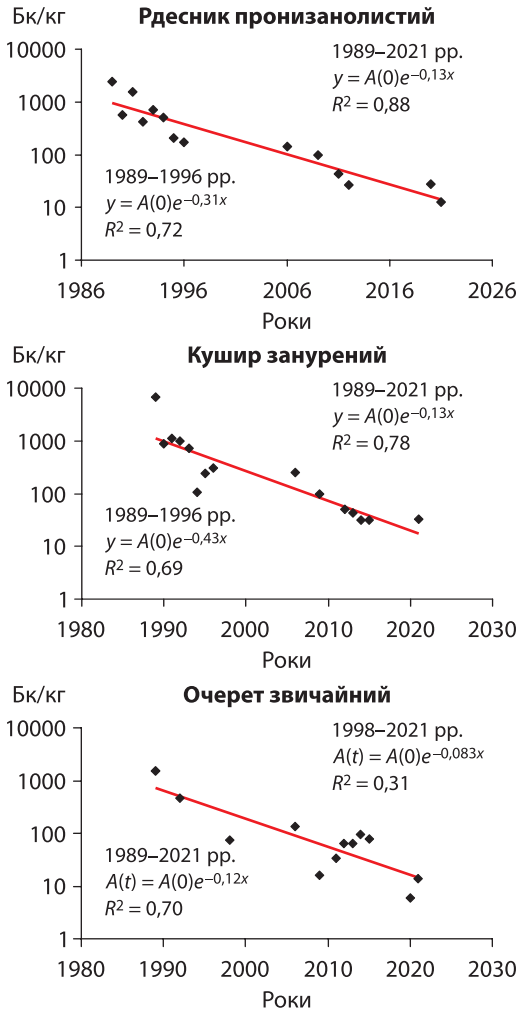
Отриманий вигляд розв'язання рівняння (3) підтверджується багатьма науковими публікаціями, в яких показано, що динаміка зниження радіоактивності живих організмів, зокрема гідробіонтів, добре описується експоненційною залежністю [3; 11–13].

Результати проведених раніше досліджень [2; 7] виявили складний характер формування радіонуклідного забруднення рослин на мілководдях Київського водосховища, що пов'язано з надходженням до екосистеми водних мас р. Дніпра та Прип'яті, які характеризуються різною концентрацією радіонуклідів. Зазначене свідчить про те, що будь-яке усереднення показників питомої активності радіонуклідів у рослинах, які відібрані на різних ділянках водосховища, не можна вважати коректним. Тому, у роботі використаний репрезентативний набір даних щодо питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у представників рослин різних екологічних груп з однієї полігонної ділянки Київського водосховища (рис. 1).

Параметри моделі динаміки питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Канівського водосховища визначені за репрезентативним набором даних, які були одержані у 2000–2021 рр. на мілководдях середньої частини водойми (рис. 2).

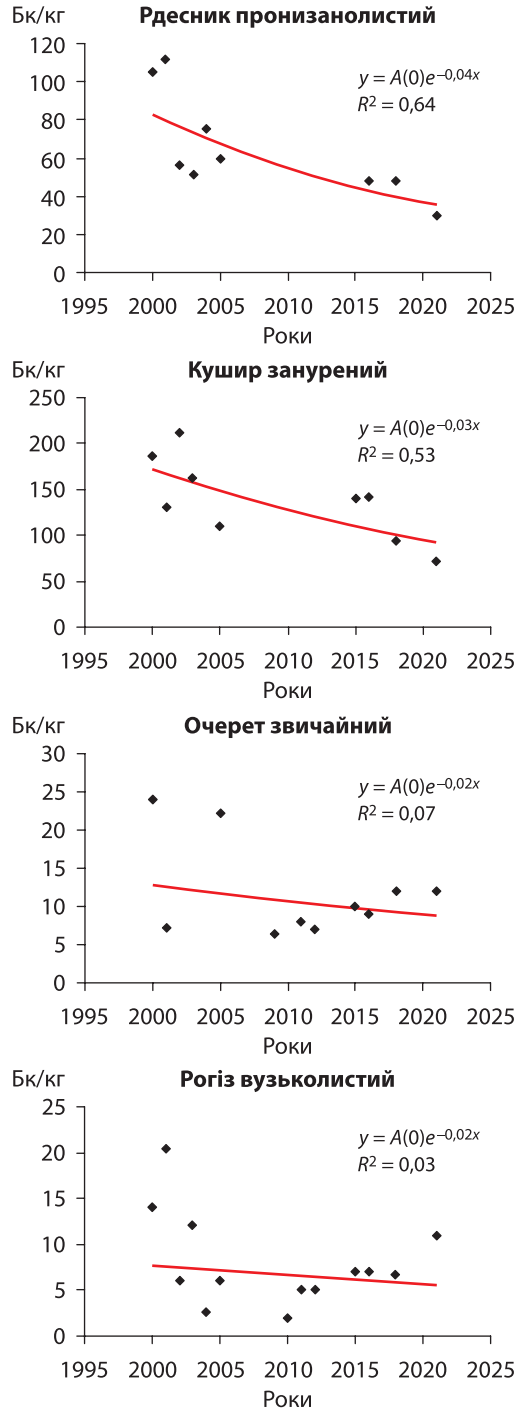
Розрахунки показали, що впродовж 1989–2021 рр. період напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у рдесника пронизанололистого, куширу зануреного та очерету звичайного Київського водосховища вірогідно не відрізнявся (табл.) і у середньому становив 5,4 р. У той самий час, для досліджених рослин можна відокремити два часових інтервали, які характеризуються різною інтенсивністю зниження вмісту радіонукліда. Упродовж періодів 1989–1996 (1998) рр. питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у досліджених видів рослин зменшувалася вдвічі приблизно за 2 р.

Подальші результати щодо рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  рослинами Київського водосховища були одержані у 2006 р., до того ж питома активність радіонукліда у гідатофітів вірогідно не відрізнялася від величин,



**Рис. 1.** Динаміка  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Київського водосховища

зареєстрованих у 1996 р., а в очерету звичайного була навіть вищою, ніж наприкінці попереднього періоду. Однак, ми не вважаємо за можливе оцінювати швидкість зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах за період з 1996 по 2006 рр. лише за даними 2006 р., оскільки саме у 2006 р. відзначено збільшення, порівняно з попередніми роками, об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  у р. Прип'ять та Дніпро [14; 15], що безумовно вплинуло на рівні його накопичення рослинами. Аналіз репрезентативного набору даних за інтер-



**Рис. 2.** Динаміка  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Канівського водосховища

Параметри моделі динаміки  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах,  $T_{1/2}$  – період напівзменшення

Види	Період досліджень, роки	Параметри моделі	
		$T_{1/2}$ , роки	$R^2$
<i>Київське водосховище</i>			
Рдесник пронизанолістий	1989–2021	5,2±1,4	0,88
	1989–1996	2,2±0,6	0,72
	2011–2021	9,3±5,8	0,56
Кушир занурений	1989–2021	5,3±0,8	0,78
	1989–1996	1,6±0,4	0,69
	2012–2021	15,0±10,0	0,44
Очерет звичайний	1989–2021	5,7±1,2	0,70
	1989–1998	2,1±0,2	0,99
	1998–2021	8,4±4,4	0,31
<i>Канівське водосховище</i>			
Рдесник пронизанолістий	2000–2021	17,0±5,0	0,64
Кушир занурений	2000–2021	23,0±8,0	0,53
Очерет звичайний	2000–2021	—*	—
Рогіз вузьколистий	2000–2021	—	—

Примітка: \* вірогідних змін не відзначено.

вал часу 2011(2012) – 2021 рр. засвідчив, що період напівзменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів підвищився у середньому до 12 років. Для очерету звичайного можна відзначити лише тенденцію до уповільнення швидкості зменшення питомої активності, яка спостерігалася з 1998 р.

Упродовж першого десятиріччя після аварії на Чорнобильській АЕС проби вищих водяних рослин у різні роки відбирали на територіях різних ділянок верхньої, середньої та нижньої частин акваторії Канівського водосховища, а у наукових публікаціях наведені усереднені результати [3–5]. За оцінкою швидкості зниження рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  вищими водяними рослинами Канівського водосховища (назви видів та розташування ділянок відбору не наведені) [16] у 1987–1996 рр. період напівзменшення максимальної питомої активності сягав 2,1 р. Отже, є підстави вважати, що впродовж першого після аварійного десятиріччя величини швидкості зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах Київського та Канівського водосховища не відрізнялися.

У 2000–2021 рр. швидкість зменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів Канівського водосховища відповідала періоду напівзменшення близько 20 р. Аналіз даних щодо динаміки накопичення впродовж зазначеного періоду  $^{137}\text{Cs}$  гелофітами показав відсутність вірогідних змін величин його питомої активності. Спостерігалася лише тенденція до зниження активності  $^{137}\text{Cs}$ , яка відповідає періоду напівзменшення близько 40 років.

Отже, можна відзначити, що із плином часу величина періоду напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Київського та Канівського водосховищ збільшується. Оскільки накопичення  $^{137}\text{Cs}$  водними рослинами пропорційне об'ємній активності радіонукліда у водних масах, то підвищення величини  $T_{1/2}$  у водних рослин можливо пояснити теоретично обґрунтованим і експериментально зареєстрованим [15] уповільненням швидкості зменшенням об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  у воді р. Дніпро та Прип'ять.

Багаторічну динаміку питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для окремих видів вищих во-

дських рослин Київського та Канівського водосховищ можна описати таким аналітичним виразом:

$$A_h(t) = A_1 \exp(-p_1 t) + A_2 \exp(-p_2 t); \quad (4)$$

$$A_1 = A_h(0) - A_2;$$

$$A_{h\max}(t_1) \geq A_h(t_2), t_1 \geq t_2;$$

$$A_h(t_2) = A_h(0),$$

де  $A_{h\max}(t_1)$  — максимальна питома активність певного виду рослин, Бк/кг;  $A_h(0)$  — усереднена питома активність певного виду рослин у водоймі чи на окремий ділянці при  $t=0$ , Бк/кг;  $p_1$  — відповідає періоду напівзменшення питомої активності, який визначений для 1989–1996 (1998) рр.,  $p_2$  — для 2000(12)–2021 рр. (див. *табл.*).

Визначені параметри моделі (4) можуть бути використані для прогнозних оцінок питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  вищих водяних рослин у випадках аварійного надходження радіонуклідів до екосистем великих рівнинних водосховищ.

## ВИСНОВКИ

Для вищих водяних рослин Київського водосховища виявлено два часових інтервали, які характеризуються різною інтенсивністю зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$ . Упродовж 1989–1996(1998) рр. питома

активність  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів та очерету звичайного зменшувалася вдвічі приблизно за 2 роки; за інтервал часу 2011 (2012) – 2021 рр. період напівзменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів збільшився у середньому до 12 років. Для очерету звичайного відзначено тенденцію до уповільнення швидкості зменшення питомої активності.

У 2000–2021 рр. швидкість зниження питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітів Канівського водосховища у середньому відповідала періоду напівзменшення близько 20 р. Для гелофітів виявлено тенденцію до зниження активності  $^{137}\text{Cs}$ , яка відповідає періоду напівзменшення близько 40 років.

У часі величина періоду напівзменшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин Київського та Канівського водосховищ підвищується, що пояснюється уповільненням швидкості зменшенням об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  у воді р. Дніпро та Прип'ять.

Визначені параметри моделі, що описують динаміку питомої активності  $^{137}\text{Cs}$ , можуть бути використані для прогнозних оцінок вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах при аварійному надходженні радіонуклідів до екосистем великих рівнинних водосховищ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Модування та вивчення механізмів переносу радіоактивних речовин з наземних екосистем до водних об'єктів в зоні впливу Чорнобильської аварії / за ред. В. Сансоне та О. Войцеховича. Чорнобиль: Чорнобильінтерінформ, 1996. 196 с.
2. Кузьменко М.І., Гудков Д.І., Кіреєв С.І. та ін. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах. Київ: Наук. думка, 2010. 262 с.
3. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. Київ, 2008. 348 с.
4. Романко В.Д., Кузьменко М.І., Євтушенко Н.Ю. та ін. Радіоактивне та хімічне забруднення Дніпра та його водосховищ після аварії на Чорнобильській АЕС. Київ: Наукова думка, 1992. 194 с.
5. Кузьменко М.І., Романенко В.Д., Деревець В.В. Радіонукліди у водних екосистемах України. Київ: Чорнобильінтерінформ, 2001. 318 с.
6. Паньков І.В., Волкова О.М., Широка З.О. Радіо-екологічні дослідження в зоні літоралі Київського водосховища до та після аварії на Чорнобильській АЕС. *Гідробіологічний журнал*. 1993. Вип. 29. № 3. С. 100–109.
7. Пришляк С.П. Радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин та роль гелофітів у міграції  $^{137}\text{Cs}$  у прісноводних водоймах: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.17. Київ, 2019. 23 с.
8. Belyaev V.V., Volkova O.M., Gudkov D.I. et al. Radiation dose reconstruction for higher aquatic plants and fish in Glyboke Lake during the early phase of the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2023. № 263. P. 107169 (Q2). DOI: 10.1016/j.jenvrad.2023.107169.
9. Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П. та ін. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм півночі України. *Гідробіологічний журнал*. 2023. Т. 59(6). С. 100–119.
10. Скиба В.В. Екологічний моніторинг міграції техногенних радіонуклідів між абіотичними компонентами та водними рослинами екосистеми Канівського водосховища. *Агробіологія*. 2023. С. 196–204.
11. Беляєв В.В., Волкова О.М., Пришляк С.П. Модування динаміки формування радіоактивності водних рослин. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2015. № 1 (5). С. 44–49.



12. Дзюба Н.Н., Тодосієнко С.В. Валідація математичних моделей міграції радіоцезію в екосистемі Київського водосховища. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 298–309.
13. Насвіт О.І., Буянов Н.І., Кузьменко М.І. Визначення кінетичних параметрів процесу накопичення радіонуклідів компонентами екосистем за рівноважними значеннями коефіцієнтів концентрування. *Гідробіологічний журнал*. 1986. Т. 22. № 5. С. 97–100.
14. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: Національна доповідь України. Київ: КІМ, 2011. 356 с.
15. Konopliov O., Kato Kenji and Kalmykov S. Behavior of Radionuclides in the Environment II. London: Springer Singapore. 2020. 443 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3568-0>.
16. Радіоекологія водних об'єктів зони впливу аварії на ЧАЕС / за ред. О.В. Войсеховича. Київ: Чорнобильінтерінформ, 1997. Т. 1. 308 с.

## REFERENCES

1. Sansone, V. & Voitsekhovalycha, O. (Eds.). (1996). *Modeliuvannia ta vyvchennia mekhanizmv perenosu radioaktyvnykh rechoyvn z nazemnykh ekosystem do vodnykh ob'iektiv v zoni vplyvu Chornobyl'skoi avarii [Modeling and study of the mechanisms of transfer of radioactive substances from terrestrial ecosystems to water bodies in the zone of influence of the Chernobyl accident]*. Chornobyl: Chornobylinterinform [in Ukrainian].
2. Kuzmenko, M.I., Gudkov, D.I., Kireyev, S.I. et al. (2010). *Tekhnohenni radionuklidy u presnovodnykh ekosystemakh [Man-made radionuclides in freshwater ecosystems]*. Kyiv: Nauk. dumka [in Ukrainian].
3. Volkova, O.M. (2008). *Tekhnohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoyom riznoho typu [Man-made radionuclides in hydrobionts of water bodies of different types]*. Doctor's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
4. Romaneko, V.D., Kuzmenko, M.I., Yevtushenko, N.Iu. et al. (1992). *Radioaktyvne ta khimichne zabrudnennia Dnipra ta yoho vodoshkhyvshch pislia avarii na Chornobyl'skii AES [Radioactive and chemical pollution of the Dnipro and its reservoirs after the accident at the Chernobyl nuclear power plant]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
5. Kuzmenko, M.I. Romanenko, V.D. & Derevets, V.V. (2001). *Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy [Radionuclides in water ecosystems of Ukraine]*. Kyiv: Chornobylinterinform [in Ukrainian].
6. Pankov, I.V., Volkova, O.M. & Shyroka, Z.O. (1993). *Radioekologichni doslidzhennia v zoni litorali Kyiv'skoho vodoshkhyvshcha do ta pislia avarii na Chornobyl'skii AES [Radioecological studies in the littoral zone of the Kyiv Reservoir before and after the accident at the Chernobyl NPP]*. *Hidrobiologichnyi zhurnal*, 29, 3, 100–109 [in Ukrainian].
7. Pryshliak, S.P. (2019). *Radionuklidne zabrudnennia vyshchykh vodnykh roslyn ta rol helofituv u mihratsii  $^{137}\text{Cs}$  u prisnovodnykh vodoimakh [Radionuclide contamination of higher aquatic plants and the role of helophytes in the migration of  $^{137}\text{Cs}$  in freshwater bodies]*. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Gudkov, D.I. et al. (2023). Radiation dose reconstruction for higher aquatic plants and fish in Glyboke Lake during the early phase of the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 263, 107169 (Q2). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107169> [in English].
9. Volkova, O.M., Beliaiev, V.V., Pryshliak, S.P. et al. (2023). *Tekhnohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoim pivnochi Ukrainy [Man-made radionuclides in hydrobionts of reservoirs in northern Ukraine]*. *Hidrobiologichnyi zhurnal — Hydrobiological journal*, 59 (6), 100–119 [in Ukrainian].
10. Skyba, V.V. (2023). *Ekologichni monitorynh mihratsii tekhnohennykh radionuklidiv mizh abiotychnymy komponentamy ta vodnyamy roslynamy ekosystemy Kaniv'skoho vodoshkhyvshcha [Ecological monitoring of the migration of man-made radionuclides between abiotic components and aquatic plants of the Kaniv Reservoir ecosystem]*. *Ahrobiologhiia — Argobiological*, 196–204 [in Ukrainian].
11. Beliaiev, V.V., Volkova, O.M. & Pryshliak, S.P. (2015). *Modeliuvannia dynamiky formuvannia radioaktyvnosti vodnykh roslyn [Modeling the dynamics of radioactivity formation in aquatic plants]*. *Yaderna enerhetyka ta dovkilia — Nuclear power and the environment*, 1 (5), 44–49 [in Ukrainian].
12. Dziuba, N.N. & Todosienko, S.V. (2002). *Validatsiia matematychnykh modelei mihratsii radiotseziuu v ekosystemi Kyiv'skoho vodoshkhyvshcha [Validation of mathematical models of radiocesium migration in the ecosystem of the Kyiv Reservoir]*. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific papers UKRNDHMI*, 250, 298–309 [in Ukrainian].
13. Nasvit, O.I., Buianov, N.I. & Kuzmenko, M.I. (1986). *Vyznachennia kinetychnykh parametrov protsesu nakopychennia radionuklidiv komponentamy ekosystem za rivnovazhnyamy znachenniamy koefitsientiv kontsentruvannia [Determination of kinetic parameters of the process of accumulation of radionuclides by components of ecosystems according to equilibrium values of concentration coefficients]*. *Hidrobiologichnyi zhurnal — Hydrobiological journal*, 22, 5, 97–100 [in Ukrainian].
14. *25 rokiv Chornobyl'skoi katastrofy. Bezpeka maibutnioho: Natsionalna dopovid Ukrainy [25 years of the Chernobyl disaster. Safety of the future: National report of Ukraine]*. (2011). Kyiv [in Ukrainian].
15. Konopliov, O., Kato, Kenji & Kalmykov, S. (2020). Behavior of Radionuclides in the Environment II. London. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3568-0> [in English].
16. Voitsekhovalycha, O.V. (Ed.). (1997). *Radioheoekologhiia vodnykh ob'iektiv zony vplyvu avarii na CHAES [Radioecology of water bodies in the zone affected by the accident at the Chernobyl nuclear power plant]*. Kyiv: Chornobylinterinform [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 04.04.2024

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЙОДУ В ПАСТОРАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

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\\_tudrak@ukr.net](mailto:ov_tudrak@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

Проблема йододефіциту актуальна в багатьох країнах світу, включаючи Україну, і має серйозні наслідки для здоров'я через недостатній вміст йоду у харчових продуктах. Для подолання йододефіциту важливо базуватися на моніторингу вмісту йоду у харчових продуктах та воді на відповідній території. Надмірне збільшення вмісту йоду в солі може спричинити гіпертиреоз. Моніторинг територій з йододефіцитом у сільських районах стає особливо важливим, оскільки рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, можуть містити недостатню кількість цього елемента, що може зумовити серйозний дефіцит йоду серед місцевого населення. Йод також важливий для здоров'я тварин, оскільки може покращувати їх продуктивність. Деякі рослини накопичують йод із ґрунту, що може поліпшувати їхню стійкість до хвороб та негативних чинників, важлива також взаємодія йоду з іншими хімічними елементами. У статті здійснено узагальнення наукових даних щодо особливостей колобігу йоду в ланцюгу ґрунт–рослина–тварина в пасторальних екосистемах, розроблено рекомендації щодо оцінки та подолання йододефіциту в екосистемах такого типу. Вміст йоду визначали за методикою, принцип якої полягає в окислюванні йодиду до йоду із подальшим додаванням  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  для руйнування надлишку нітриту. Предметом дослідження слугували ґрунти, рослини пасторальних екосистем та молоко. У гірській зоні пасторальних екосистем виявлено значний дефіцит йоду в ґрунтах, обумовлений йододефіцитною природою території. Подібний, але менш виражений дефіцит спостерігається на передгірських і рівнинних територіях Північної Буковини. Вміст йоду в зеленій масі рослин не має загальних закономірностей та не приурочений до природних зон. Найменший вміст йоду виявлено у *Plantago major* L. Дефіцит йоду у молоці більш виражений і зменшується від рівнинної до гірської зони. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в ґрунті та щільністю худоби, а також показниками пасовищної дигресії. Виявлено високий кореляційний зв'язок між вмістом йоду в молоці та його вмістом у рослинах. Сільськогосподарські культури, адаптовані до умов дефіциту йоду, не витримують впливу рекомендованих концентрацій йоду, що може негативно вплинути на врожайність. Однак нижчі концентрації йоду можуть стимулювати проростання насіння.

**Ключові слова:** йододефіцитні захворювання, модельні види рослин, біогеохімічна провінція, біогеохімічний ланцюг, нижнє порогове значення.

### ВСТУП

Йод, як есенціальний мікроелемент, відіграє ключову роль у синтезі тиреоїдних гормонів, які регулюють різноманітні функції організму, включаючи ріст, розвиток і терморегуляцію. Проблема йододефіциту є критично важливою для багатьох країн у всьому світі, оскільки недостатній вміст цього мікроелемента у харчуванні призводить до розвитку різноманітних захворювань, спричинених дефіцитом йоду

[1; 2]. Термін «йододефіцитні захворювання» охоплює різноманітні стани і порушення, які можуть виникати через дефіцит йоду [3; 4]. Серед них, ендемічний зоб є одним із найпоширеніших, особливо в гірських місцевостях на всіх континентах. Організми мають здатність до селективного поглинання та акумуляції певних хімічних елементів, а також їх елімінації [5]. Ця здатність реалізується через процеси обміну речовин із довкіллям, які здійснюються за допомогою біогеохімічних харчових

ланцюгів. Мікроелементи, що містяться у гірських породах, ґрунті, повітрі та воді, потрапляють до організму людини через їжу рослинного й тваринного походження, а також через питну воду [6].

Місцевість вважається ендемічною, якщо 10% населення мають ознаки зобу. Другим за значущістю у спектрі йододефіцитних розладів є порушення інтелектуального розвитку населення, що проживає в регіонах із нестачею йоду. Україна, через особливості географічного розташування, як-от наявність гірських місцевостей віддалених від моря, з частими повеннями та інші природні умови, має значні території з дефіцитом йоду. Ці регіони можна вважати ендемічними з точки зору ризику розвитку йододефіцитних станів, що може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям населення.

Північна Буковина входить до складу Al-F-I-Se біогеохімічної провінції [7], яка характеризується недостатнім вмістом йоду. Дефіцит цього мікроелемента в довкіллі становить загальну біологічну і медичну проблему. Тварини, що перебувають в єдиному трофічному ланцюгу з людиною, особливо відчують геохімічні та екологічні впливи. Це проявляється у зниженні функціональної активності щитоподібної залози, що зумовлено низьким вмістом йоду у ґрунтах і, відповідно, у кормах [8].

**Мета роботи** — дослідження особливостей колообігу йоду в пасторальних екосистемах.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Упродовж десятиліть фахівці активно досліджують вплив чинників навколишнього середовища на організм людини. Особливу увагу приділяють фізіологічним аспектам, пов'язаним із нестачею, надлишком, чи дисбалансом мікроелементів. Вітчизняні та зарубіжні дослідники, як-от В.Г. Бардов, Е.М. Беліцька, Ю.В. Бардик, А.І. Горова, О.П. Вітовська, Н.І. Коцур, О.І. Тимченко, О.В. Линчак, В.І. Федоренко досліджують вплив екологічних чинників на здоров'я людини, дозволяючи зрозуміти

характер екологічно зумовлених захворювань [4], С.Н. Вадзюк [9] вивчає медико-екологічні проблеми, пов'язані з захворюваністю дитячого населення. Незважаючи на значну кількість публікацій щодо поширення ендемічних хвороб у біогеохімічних провінціях України, деякі аспекти цієї проблематики залишаються недостатньо дослідженими. Проблема йододефіциту залишається актуальною, особливо в Україні, де недостатній вміст йоду в харчових продуктах має серйозні наслідки для здоров'я. Дослідники шукають способи розв'язання цієї проблеми, включаючи використання йодонасичених рослин та органічних сполук для виготовлення препаратів. Однак, використання мікроелементів у лікувальних цілях має базуватися на моніторингу їх вмісту у харчових продуктах та воді на відповідній території [10].

Дослідження австрійських вчених показали, що збільшення вмісту йоду в солі може спричинити збільшення кількості захворювань щитоподібної залози, таких як гіпертиреоз [11]. Моніторинг територій із йододефіцитом у сільських районах, де основним джерелом харчування є натуральне господарство, стає важливим, оскільки рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, можуть містити недостатню кількість цього елемента. Це може зумовити серйозний дефіцит йоду серед населення, що споживає продукти цих районів. Йод є важливим для забезпечення здоров'я тварин, сприяючи збільшенню виробництва молока у корів, активному росту шерсті в овець, а також поліпшенню продуктивності птиці та приросту свиней [12–14]. Деякі рослини можуть накопичувати йод із ґрунту, що сприяє їхній стійкості до хвороб та негативного впливу зовнішніх чинників. Однак важливо враховувати взаємодію йоду з іншими хімічними елементами, яка може впливати на розвиток рослин. Вміст йоду в ґрунті залежить від типу ґрунту, кліматичних умов і геологічної структури території. Ґрунти з високим вмістом гумусу містять більше йоду, у закислених ґрунтах спостерігається інтенсивніша іммобілізація йоду, а оксиди

заліза і алюмінію відіграють роль у забезпеченні абсорбції йодат-іонів. Для тварин основним джерелом йоду є їжа, з якої більшість йоду надходить із рослинних кормів, а решта — з води і повітря. Рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, містять його менше [1; 2; 10].

Проблема йододефіциту виникає внаслідок як природних, так і антропогенних чинників. Деякі речовини (нітрит-, нітрат-, тиоціанат-йони та деякі глікозиди) можуть інгібувати засвоєння йоду, а антропогенні дії, як-от випас худоби та ерозійні процеси, можуть впливати на вміст йоду в ґрунтах [15]. У більшості країн молоко є основним джерелом йоду для людини, особливо в йододефіцитних регіонах, як-от Чернівецька обл. Тому важливо дослідити вміст йоду в молоці з пасторальних екосистем.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінка йодного статусу територій нашоується на проблему добору ефективної та уніфікованої методики. Це особливо стосується визначення йоду в твердофазних об'єктах. Зокрема, через відсутність такої методики, дані щодо вмісту йоду в лучних рослинах одних і тих територій відрізняються на порядок. Методи ідентифікації та кількісного визначення йодовмісних сполук визначаються хімічними формами йоду в досліджуваних об'єктах. Для визначення вмісту йоду застосовують різні методи: титриметричні, потенціометричні, спектрофотометричні, хроматографічні, атомно-абсорбційні, мас-спектрометричні, нейтронно-активаційні, тест-методи, які дають змогу проводити вірогідне визначення йоду [16]. Останній у рослинних об'єктах міститься в органічній та неорганічній формах. Одним із найбільш поширених методів визначення кількісного вмісту йоду в об'єктах середовища є титриметричний. Міжнародною асоціацією офіційних хіміків-аналітиків цей метод рекомендовано як офіційний метод визначення вільного йоду у стандартних розчинах, у харчових продуктах, за оцінювання рівня йодування солі, аналізі йоду в лікарських

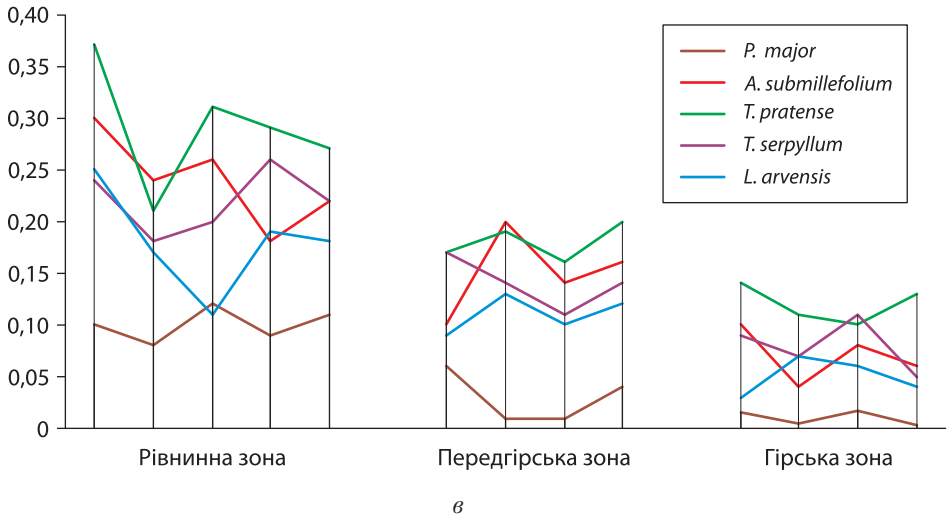
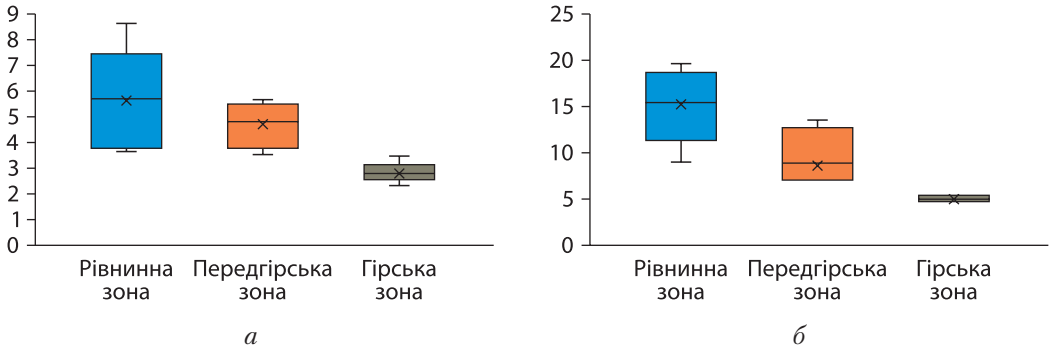
засобах, що містять йод, тощо. Крім того, титриметричний метод має високу чутливість під час визначення всіх форм йоду — молекулярного, неорганічних форм йоду (йодидів, йодатів) та органічно зв'язаного. Для визначення сполук йоду були обрані аналітичні методи, що застосовують в аналізі об'єктів рослинного походження, є достатньо експресними під час виконання, дають можливість отримувати відтворювані й вірогідні результати аналізу та мають високу чутливість.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Вміст йоду в ґрунтах пасторальних екосистем різних природних зон.** Термін «пасторальна екосистема» описує природні середовища, що переважно використовуються для бджолярства або випасання худоби [17]. Ці екосистеми зазвичай відрізняються великими просторами, де переважають рослини, як-от *Medicago*, трави та інша рослинність, придатна для пасовищ. Вони розташовані як у сільських місцевостях, так і в сільськогосподарських областях, відіграючи важливу роль у забезпеченні харчування тварин і підтриманні біорізноманіття.

Середній вміст йоду в ґрунтах знижувався (*рис.*) у міру переходу від рівнинної до передгірської та гірської зон (5,61–4,70–2,83 мг/кг).

Встановлено, що вміст йоду в ґрунтах рівнинної і передгірської зон наближався до мінімально допустимого рівня, визначеного В.В. Ковальським (5 мг/кг). Водночас середні показники вмісту йоду в ґрунтах гірської зони виявилися набагато нижчими — в 1,98 і 1,66 раза, відповідно, порівняно з рівнинними і передгірськими зонами. Для оцінки йодного статусу території порівнювали вміст йоду в ґрунтах різних природних зон із даними з інших йододефіцитних регіонів. У літературі наводять дані, що на висоті 920 м н. м. уміст йоду в ґрунті становив 0,45–0,96 мг/кг, а з пониженням висоти місцевості у ґрунтах пасторальних екосистем у молоці великої рогатої худоби у зеленій масі модельних рослин.



Вміст йоду в компонентах пасторальних екосистем:

*а* – у ґрунтах пасторальних екосистем; *б* – у молоці великої рогатої худоби;  
*в* – у зеленій масі модельних рослин

Вміст йоду в компонентах пасторальних екосистем його концентрація збільшувалася: у передгір'ях (450 м н. м.) – 0,9–3,2 мг/кг, на рівнинній місцевості (250 м н. м.) – 3,2–6,3 мг/кг, у чорноземах – 5,3 мг/кг, в дерново-підзолистих ґрунтах – 2,5 мг/кг, в червоноземах і торф'янистих ґрунтах – 10–12 мг/кг. Дослідження, проведені Р.В. Гунчаком та його колегами [14], показали, що ґрунти Волинського Полісся відносяться до категорії низького рівня забезпеченості йодом, так, вміст йоду у дерново-підзолистих ґрунтах сягав 7,48 мг/кг, у глинисто-піщаних –

5,16 мг/кг, у глеювато-піщаних – 5,96 мг/кг. Отже, вміст йоду в ґрунтах пасторальних екосистем гірської зони Північної Буковини свідчить про йодний дефіцит та вказує на те, що ця територія належить до йододефіцитної біогеохімічної провінції, куди можна віднести і передгірську й рівнинну території, але з менш вираженим йодним дефіцитом.

**Вміст йоду в зеленій масі модельних рослин пасторальних екосистем.** Проаналізувавши видовий склад фітоценозів пасторальних екосистем, визначили види, присутні в екосистемах в усіх природних

зонах Чернівецької обл.: подорожник великий (*Plantago major* L.), деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka), конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), чебрець звичайний (*Thymus serpyllum* L.), ляденець польовий (*Lotus arvensis* Pers.), ці види використовували для аналізу специфіки акумуляції йоду та зональності. Вміст йоду в зеленій масі модельних рослин різних природних зон коливається в межах: 0,08–0,37 мг/кг сухої маси (рівнинна зона), 0,06–0,20 мг/кг сухої маси (передгірська зона) та – 0,015–0,14 мг/кг сухої маси (гірська зона).

Виявлено чітку зональну залежність вмісту йоду в зеленій масі для *A. submillefolium* та *T. serpyllum* (див. *рис.*). Лише *T. pratense* не показав залежності акумуляції йоду від природної зональності, натомість *P. major* та *L. arvensis* демонстрували таку залежність. Вміст йоду в зеленій масі *P. major* на рівнинній зоні значно відрізнявся від передгірської і гірської зон. Вміст йоду в зеленій масі *P. major* виявився в 2–8 разів нижчим, ніж у зеленій масі інших модельних видів. *L. arvensis* мав майже однаковий вміст йоду в зеленій масі рослин рівнинної і передгірської зон, але значно нижчий порівняно з гірською. Достовірної різниці між видами у вмісті йоду в зеленій масі рослин не виявлено, ймовірно, через значний розкид даних. Однак різниця у вмісті йоду між зеленою масою рослин гірської і рівнинної зон була достовірною. Для оцінки статусу йоду в рослинах різних зон порівнювали його вміст із нижнім пороговим значенням для кормів великої рогатої худоби (0,3 мг/кг сухої маси). Результати показали, що вміст йоду в рослинах нижчий за встановлений поріг: у рівнинній – на 30%, передгірській – на 60, а гірській – на 77%.

Порівняльний аналіз даних щодо вмісту йоду в рослинах різних регіонів України показує схожість результатів для Північної Буковини і Львівської обл. Середні значення вмісту йоду в зеленій масі модельних рослин Північної Буковини становлять 0,07–0,21 мг/кг сухої маси. У Львівській обл. виявлено подібні показники: для сіна

*Phléum pratense* L. від 0,11 до 0,22 мг/кг та для сінажу від 0,08 до 0,18 мг/кг сухої маси. У рослинах Киргизії вміст йоду також варіюється залежно від місця зростання та виду культури, коливаючись від 0,03 до 0,19 мг/кг для кормів Чуйської долини та від 0,06 до 0,01 мг/кг у сіні *Festuca inarmata* Schur [16]. Отже, вміст йоду в рослинах пасторальних екосистем Північної Буковини відповідає йододефіцитним біогеохімічним провінціям, проте рівень йоду у трофічному ланцюзі для цієї території приблизно однаковий.

**Вміст йоду в молоці великої рогатої худоби пасторальних екосистем різних природних зон** виявився нижчим за нижній поріг (25 мкг/л). Різниця у середніх значеннях вмісту йоду між різними зонами підтвердилася як достовірні. Зокрема, в напрямі від рівнинної до передгірської та гірської зон вміст йоду в молоці великої рогатої худоби відхилявся від нижнього порога на 40%, 64% і 77%. А.А. Спиридонов і Е.В. Мурашова наводять дані про діапазон вмісту йоду в молоці великої рогатої худоби різних країн: для Італії – у межах 8–4226 мкг/л, Словаччини – 8–1791, Чехії – 53–1078, Польщі – 24–521 мкг/л [12]. Дослідження вказує на те, що в межах Північної Буковини середній вміст йоду в молоці тварин змінюється в напрямі рівнинної – передгірської – гірської зон у такій послідовності: 15,14 – 9,63 – 5,05 мкг/л. Порівнюючи з даними інших країн, стає зрозумілим, що рівень дефіциту йоду в молоці великої рогатої худоби на вивченій території виявився вищим. Однак моніторинг вмісту йоду в молоці тварин в Україні практично не проводився, що ускладнює оцінку йодного статусу молока великої рогатої худоби Чернівецької обл. порівняно з іншими регіонами України.

**Дослідження взаємозв'язку вмісту йоду в різних ланках біогеохімічного ланцюга та імперативних агроекологічних чинників пасторальних екосистем** дало можливість виявити такі закономірності. Можна стверджувати, що існує тісний достовірний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в рослинах та молоці великої рогатої

**Кореляційна матриця між вмістом йоду в ланках біогеохімічного ланцюга та агроекологічними показниками пасторальних екосистем**

Параметри	Середній вміст йоду		
	у рослинах	у молоці	у ґрунті
Щільність худоби	0,21	0,16	0,74
Агрохімічний бонітет	0,08	0,10	0,74
Агроекологічний бонітет	-0,15	-0,15	0,60
Географічні координати	Пн.ш. 0,53 Сх.д. -0,38	Пн.ш. 0,18 Сх.д. -0,45	Пн.ш. -0,48 Сх.д. -0,15
Середній вміст йоду в рослинах	1,00	0,88	-0,25
Середній вміст йоду в молоці	0,88	1,00	-0,11
Середній вміст йоду в ґрунті	-0,25	-0,11	1,00
Показник пасовищної дигресії	-0,43	-0,38	0,72

худоби (*табл.*), а також між вмістом йоду в ґрунтах і щільністю худоби, агрохімічним бонітетом ґрунтів і показником пасовищної дигресії. Останній відображає погіршення стану пасовищ через надмірний випас і витоптування, що призводить до зменшення вологості ґрунту, втрати органічної речовини та збіднення рослинності, визначає силу впливу худоби на пасторальні екосистеми.

Результати регресійного аналізу свідчать про тісний взаємозв'язок між агроекологічними показниками та вмістом йоду в різних ланках біогеохімічного ланцюга пасторальних екосистем. Перша модель виявила значущий вплив агрохімічного бонітету ґрунтів на вміст йоду в рослинах. Високий рівень агрохімічного бонітету корелює зі збільшенням вмісту йоду в рослинах, що підтверджується позитивним коефіцієнтом у відповідному рівнянні регресії. У другій моделі виявлено, що вміст йоду в молоці великої рогатої худоби відчутно залежить від його вмісту в рослинах, але не від вмісту в ґрунтах. Також виявлено, що щільність худоби і північна широта місцезнаходження пасовища мають істотний вплив на вміст йоду в ґрунті. У третій моделі показано, що показники агроекологічного стану пасовищ впливають на вміст йоду в ґрунті, зокрема, щільність худоби і північна широта. Отже, з отриманих рівнянь регресійного аналізу випливає, що агроекологічні умови пасовищ діють на

вміст йоду в рослинах і ґрунті, а також на вміст йоду в молоці тварин. Такі показники, як щільність худоби та північна широта, мають значний вплив на вміст йоду в ґрунті, тоді як агрохімічний бонітет ґрунтів найбільше чинить дію на вміст йоду в рослинах.

$Y_1$  – вміст йоду у рослинах;  $Y_2$  – вміст йоду в молоці;  $Y_3$  – вміст йоду у ґрунті;  $X_1$  – вміст йоду у рослинах;  $X_5$  – щільність худоби;  $X_7$  – агроекологічний бонітет;  $X_8$  – пн. ш;  $X_9$  – сх. д.

$$Y_1 = -6,39 + 0,52X_8 + 0,86X_6 - 0,59X_7 - 0,43X_5 + 0,42X_9;$$

$$R = 0,95, R^2 = 0,89; F(5,5) = 8,74, P < 0,02;$$

$$Y_2 = -0,09 + 0,97X_1 + 0,26X_5;$$

$$R = 0,89, R^2 = 0,79; F(2,8) = 15,34, P < 0,002;$$

$$Y_3 = -119,47 + 0,68X_8 + 0,52X_5;$$

$$R = 0,79, R^2 = 0,62; F(2,8) = 6,59, P < 0,02.$$

**Аналіз впливу йоду на проростання насіння злакових культур у модельному експерименті за різних способів його надходження.** Досліджено вплив йоду на проростання насіння злакових культур (*Zea mays* L., *Triticum durum* Dest., *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl), у модельному експерименті, де імітувалися різні шляхи надходження йоду (дощ, підземні води, передпосівна обробка). Застосовували методику

мікрокосмних моделей. Встановлено, що за надходження йоду з дощем або обробці насіння, незалежно від дози, йод повністю пригнічував проростання насіння усіх досліджених культур. Лише за імітації надходження йоду з підземних вод спостерігалися як негативні, так і позитивні результати. *Z. mays* виявилася стійкою до впливу йоду. Виявлено, що накопичення йоду відбувається в надземній частині рослини, що свідчить про значний вплив атмосферного йоду. Розчин KI (0,02%) збільшував проростання насіння певних видів рослин.

### ВИСНОВКИ

У гірській зоні пасторальних екосистем виявлено значний дефіцит йоду в ґрунтах, що є наслідком йододефіцитної природи цієї території. Подібний, але менш виражений дефіцит спостерігається і на передгірських та рівнинних територіях Північної

Буковини. Вміст йоду в зеленій масі рослин не має загальних закономірностей та не приурочений до природних зон. Найменший вміст йоду виявлено у *Plantago major* L. Дефіцит йоду у молоці більш виражений і зменшується від рівнинної до гірської зони.

Встановлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в ґрунті і щільністю худоби, а також показниками пасовищної дигресії. Виявлено високий кореляційний зв'язок між вмістом йоду в молоці та його вмістом у рослинах. Сільськогосподарські культури, адаптовані до йододефіцитних умов, не витримують впливу рекомендованих концентрацій йоду, що може негативно позначитись на врожайності. Однак, нижчі концентрації йоду можуть стимулювати проростання насіння, особливо якщо вони надходять з едафотопу.

### ЛІТЕРАТУРА

- Farebrother J., Zimmermann M.B., Andersson M. Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann. Ny. Acad. Sci.* 2019. Vol. 1446. P. 44–65.
- Bezner Kerr T., Hasegawa R., Lasco I. et. al. Food, Fibre and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. P. 713–906. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007>.
- Ткачук В.В., Величко В.І., Ткачук І.В. Йододефіцит та йододефіцитні захворювання. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. Т. 10. № 3. С. 45–50.
- Онищук І.П., Гарбар О.В., Остапчук Л.А. Динаміка та причини виникнення ендемічних хвороб людини в Україні. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 39–58. DOI: <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.39-58>.
- Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): наказ від 12.05.2010 № 400. *Міністерство охорони здоров'я України*.
- Бойчук Ю.Д. Загальна теорія здоров'я та здоров'я збереження. Харків, 2017. 488 с.
- Костишин С.С., Руденко С.С., Морозова Т.В. Біомоніторинг Чернівецької області. Чернівці: Рута, 2008. 238 с.
- Лігоміна І.П., Фурман С.В., Лісогурська Д.В. Вміст йоду в ґрунтах та зерні злаків у зоні Полісся Волині. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 174–177.
- Вадзюк С.Н., Федорців О.Є. Медико-екологічні проблеми в сучасних умовах. *Збалансований розвиток країни — шлях до здоров'я і добробуту нації*: матеріали Укр. еколог. конгресу. 2007. С. 41–44.
- Ma R., Yan M., Han P. et al. Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. *Nat Commun.* 2022. № 29. Т. 13 (1). P. 7354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35042-6>.
- Taylor P.N. et al. Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2018. No 14. P. 301–316. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2018.18>.
- Кравців Р.Й., Янович Д.О. Вміст йоду в кормах та вміст йодзв'язаного білка і тиреоїдних гормонів у крові великої рогатої худоби в різних зонах західного регіону України. *Біологія тварин*. 2003. Т. 5. № 1–2. С. 311–315.
- Янович Д.О. Вміст йоду і селену та метаболічний профіль у крові великої рогатої худоби в різних ландшафтних зонах західного регіону України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Чернівці, 2005. 18 с.
- Гунчак Р.В., Седіло Г.М., Вовк С.О. Вміст йоду в ґрунтах та зерні злаків у зоні Полісся Волині. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 77–80.
- Кравченко В.І. Основні етапи дослідження йодної недостатності та динаміка її ліквідації в Україні. Київ, 2007. 454 с.
- Петренко О.Д. Ефективний і надійний контроль вмісту йоду в об'єктах навколишнього середовища — актуальне завдання сьогодення. *Гігієна населених місць*. 2015. № 65. С. 200–203.



17. Gunnar M.S. Pastoral Ecosystems and the Issue of Scale AMBIO A. *Journal of the Human Environment*.

2003. Vol. 32 (2). P. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.2.113>.

## REFERENCES

- Farebrother, J., Zimmermann, M.B. & Andersson, M. (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann. Ny. Acad. Sci.*, 1446, 44–65 [in English].
- Bezner Kerr, T., Hasegawa, R., Lasco, I. et. al. (2022). Food, Fibre and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change*. Cambridge University Press, 713–906. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007> [in English].
- Tkachuk, V.V., Velichko, V.I. & Tkachuk, I.V. (2014). Yododefitsyt ta yododefitsytni zakhvoriuvannia [Iodine deficiency and iodine deficiency disorders]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal — Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 14, 5–15. URL: <http://surl.li/oldmb> [in Ukrainian].
- Onyshchuk, I.P., Garbar, O.V. & Ostapchuk, L.A. (2023). Dynamika ta prychny vynyknennia endemicnykh khvorob liudyny v Ukraini [Dynamics and causes of endemic human diseases in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk — Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 3, 39–58 [in Ukrainian].
- Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoi» (DSan PiN 2.2.4-171-10): nakaz vid 12.05.2010 [On the approval of the State Sanitary Norms and Rules «Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption» (DSanPiN 2.2.4-171-10): order of 12.05.2010]. *Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy — Ministry of Health of Ukraine*, 400 [in Ukrainian].
- Boychuk, YuD. (2017). *Zahalna teoriya zdorovia ta zdorov"yazberezhennya [The general theory of health and health care]*. Kharkiv [in Ukrainian].
- Kostyshyn, S.S., Rudenko, S.S. & Morozova, T.V. (2008). *Biomonitoring Chernivetskoj oblasti [Biomonitoring of Chernivtsi region]*. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Ligomina, I.P., Furman, S.V. & Lysogurska, D.V. (2016). Vmist yodu v gruntakh ta zerni zlakiv u zoni Polissia Volyni [Iodine content in soils and cereal grains in the Polissia zone of Volyn]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho — Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 3 (70), 174–177 [in Ukrainian].
- Vadzyuk, S.N. & Fedortsiv, O.E. (2007). Medyko-ekologichni problemy v suchasnykh umovakh [Medical and ecological problems in modern conditions]. *Zbalansovany rozvytok krayiny — shlyakh do zdorovia i dobrobutu natsiyi: materialy Ukrayins'koho ekolohichnoho konhresu [Balanced development of the country is the way to the health and well-being of the nation: materials of the Ukrainian Environmental Congress]*. (pp. 41–44) [in Ukrainian].
- Ma, R., Yan, M., Han, P. et al. (2022). Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. *Nat Commun.*, 29, 13 (1), 7354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35042-6> [in English].
- Taylor, P.N. et al. (2018). Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat. Rev. Endocrinol.*, 14, 301–316. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2018.18> [in English].
- Kravtsiv, R.Y. & Yanovych, D.O. (2003). Vmist yodu v kormakh ta vmist yodzviazanoho bilka i tyreoidnykh hormoniv u krovi velykoi rohatoi khudoby v riznykh zonakh zakhidnoho rehionu Ukrainy [Iodine content in feed and content of iodine-bound protein and thyroid hormones in the blood of cattle in different zones of the western region of Ukraine]. *Biolohiia tvaryn — Animal Biology*, 5 (1–2), 311–315 [in Ukrainian].
- Yanovych, D.O. (2005). Vmist yodu i selenu ta metaboliczny profil u krovi velykoi rohatoi khudoby v riznykh landshaftnykh zonakh zakhidnoho rehionu Ukrainy [Content of iodine and selenium and metabolic profile in the blood of cattle in different landscape zones of the western region of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Hunchak, R.V., Sedilo, H.M. & Vovk, S.O. (2016). Vmist yodu v gruntakh ta zerni zlakiv u zoni Polissia Volyni [The iodine content of the soil and cereals in the area of the Woodlands]. *Naukovyi visnyk LNU VMBT imeni S.Z. Gzhyts'koho — Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2 (67), 7780 [in Ukrainian].
- Kravchenko, V.I. (2007). *Osnovni etapy doslidzhennia yodnoi nedostatnosti ta dynamika yoi likvidatsii v Ukraini [Main stages of iodine insufficiency research and dynamics of its liquidation in Ukraine]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
- Petrenko, O.D. (2015). Efektyvnyi i nadiinyi kontrol vmistu yodu v ob'ektakh navkolyshnoho seredovyshcha — aktualne zavdannia sohodennia [Effective and reliable control of iodine content in the environment is an urgent task of today]. *Hihiiena naselenykh mist — Hygiene of populated areas*, 65, 200–203 [in Ukrainian].
- Gunnar, M.S. (2003). Pastoral Ecosystems and the Issue of Scale AMBIO A. *Journal of the Human Environment*, 32 (2), 113–117. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.2.113> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 16.03.2024

## КЛІМАТОСТАБІЛІЗУВАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЛІНІЙНОГО ТИПУ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

В.В. Мороз

Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)  
e-mail: [viramoroz001@gmail.com](mailto:viramoroz001@gmail.com); ORCID: 0000-0002-1258-1530

Питання обліку поглинання парникових газів, зокрема  $CO_2$ , є важливим питанням сьогодення і потребує ретельного вивчення, враховуючи різноманітні аспекти. Оцінено закономірності вуглецедепонуальної здатності деревини дубових лінійних насаджень у складі полезахисних лісових смугах Житомирського Полісся. Розраховано та проаналізовано низку математичних залежностей для визначення біопродуктивності дубових насаджень та вуглецепоглиальної здатності в Житомирському Поліссі. Встановлено рівень кліматостабілізуючої здатності дубових полезахисних лісових смуг в агроландшафтах Житомирського Полісся, а саме за розрахунком значення конверсійного коефіцієнта вуглецепоглиальної здатності. З'ясовано основні параметри ґрунтово-кліматичних умов зростання *Quercus robur* L. та їх вплив на об'єм сформованої фітомаси деревини. В результаті проведених комплексних досліджень було виявлено дві вікові категорії дубових полезахисних насаджень, а саме насаджень 35–40 років (середньовікові) та 60–71 років (присигаючі). Визначено, що за умови збільшення діаметра дерева всього на 1,94% і висоти на 1,0%, зростання фітомаси деревини дуба звичайного спостерігається в значних межах. Встановлено, що загальна фітомаса *Quercus robur* L. у полезахисних лісових насадженнях сягає 157,7–275,9 кг. За розрахованим значенням конверсійного коефіцієнта деревини виявлено, що навіть враховуючи лише вуглецепоглиальну здатність дубових полезахисних смуг, простежується зниження викидів  $CO_2$  в атмосферне повітря в Житомирському Поліссі щороку на 5%. Під час математичного моделювання за допомогою кореляційного та регресійного аналізу отримане рівняння конверсійного коефіцієнта деревини та визначено вуглецепоглиальну здатність деревних насаджень *Quercus robur* L. характеризується досить високим значенням детермінації. Вперше запропоновано рівняння залежності розвитку *Quercus robur* L. за лісогосподарськими параметрами з урахуванням параметрів вікової структури та фітомаси деревини. Створено рівняння фітомаси в абсолютно сухому стані для фракцій дерев (на прикладі деревини), а також зазначено рівень вуглецепоглиальної здатності дубових насаджень у різних лісогосподарських округах в умовах Житомирського Полісся.

**Ключові слова:** викиди  $CO_2$ , вуглецепоглиальна здатність, конверсійний коефіцієнт, агроландшафт.

### ВСТУП

Управління лісовими деревними насадженнями передбачає не лише застосування продукції лісу, але й створення умов збереження їх оптимальної продуктивності, посилення якісних екологічних функцій, а також покращання естетичних та рекреаційних цінностей. Лісові насадження є надійним стабілізатором навколишнього природного середовища в агроландшафтах, які мають здатність тривалий час депонувати вуглець з атмосфери у власній фітомасі та

генерувати кисень, що сприяє частковому запобіганню глобальних змін клімату.

Наразі досить багато уваги спрямовано на вдосконалення методів обліку і вивчення важливих екологічних функцій лісових деревних насаджень, проте мало зусиль зосереджено на вивченні полезахисних лісових смуг, зокрема дубових, що є одним з основних невід'ємних елементів структури аграрних ландшафтів. Визначення основних кліматостабілізуючих функцій полезахисних лісових насаджень *Quercus robur* L. в умовах Житомирського

Полісся поліпшить систему обліку даних насаджень та окреслить їх основні функціональні та екологічні ролі.

Отже, питання моніторингу облікових процесів поглинання парникових газів, оцінка рівня киснетвірної здатності та показник енергетичної ефективності росту дубових полезахисних лісосмуг Житомирського Полісся, є нині актуальним завданням, що потребує вивчення за допомогою сучасних лісівничо-таксаційних методів.

*Об'єкт дослідження* — закономірності вуглецедепонування, киснепродуктивної здатності та енергетичної ефективності росту дубових лінійних полезахисних насаджень Житомирського Полісся.

*Предмет дослідження* — методи і засоби депонування вуглецю, продукування кисню та енергетична ефективність росту дубових полезахисних лісосмуг у Житомирському Поліссі.

**Мета роботи** — встановлення клімато-стабілізувальної здатності дубових полезахисних лісових смуг в агроландшафтах Житомирського Полісся, а саме в оцінці запасів вуглецю.

Для досягнення зазначеної мети окреслено такі основні завдання дослідження: зазначити вікову належність лінійних захисних лісосмуг; встановити залежність від ґрунтово-кліматичних чинників середовища існування деревних насаджень; визначити запас вуглецю в фітомасі різновікових дубових лісосмуг; проаналізувати нормативно-інформаційні матеріали щодо оцінки екологічних функцій смугових насаджень.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Захисні лісові насадження є ефективним довгостроковим засобом боротьби з ерозією ґрунтів та універсальним екологічним стабілізатором навколишнього природного середовища [1].

Численними дослідженнями встановлено [2–6], що лісосмуги впливають на температуру приземного шару повітря, зменшують її влітку і підвищують взимку на 1–6°C, збільшують вологість повітря

на 2–3, а інколи на 10–12%, знижують фізичне випаровування з поверхні ґрунту на 30–40 і рослин на 20%, а на транспірацію 14%.

У працях багатьох дослідників [2; 3; 6–10] наведені теоретичні засади та напрацьований практичний та аналітичний матеріал щодо екологічної і функціональної ролі полезахисних смуг.

Полезахисне лісорозведення передбачає поліпшення ґрунтово-кліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур і захисту ґрунтів від ерозії в степових і лісостепових районах [6; 9–12].

Лісосмуги сприяють одержанню високих і сталих урожаїв навіть у несприятливих за погодно-кліматичними умовами роки [1; 13]. У разі тривалої дії лісових смуг (30–50 років і більше) в умовах чорноземного Степу інтегральне покращання ґрунту становить близько 25%, а на польових угіддях урожайність сільськогосподарських культур підвищується на 10–20%. Під впливом лісосмуг значно покращується ефективність агротехнічних заходів, зокрема і безвідвального обробітку ґрунту із збереженням стерні.

Науковцями Шевчук Н.І., Берташ Б.М., Микитин Т.М., Пастернак В.П. та ін. [1; 14; 15] визначено, що зі збільшенням полезахисних смуг до 3% їх агрокліматичний вплив сприяє підвищенню врожаю: по зернових культурах — 4,6 ц/га (32,8%), по соняшнику — 3,3 ц/га (40,4%), по кукурудзі на силос — 48 ц/га (64,7%).

За дослідженнями науковців в Україні рівень забруднення повітря у системі полезахисних лісових насаджень знижується на 7–35%, 1 га лісонасаджень за один рік очищує 50–70 т повітря від пилу, зменшуючи їх концентрацію на 30–40% [2; 3; 5; 8; 16; 17].

З огляду на обов'язки, які на сьогодні є перед Україною щодо Паризької угоди, є нагальна необхідність у проведенні регулярного обліку обсягу поглинання вуглецю та подальшого удосконалення методичних підходів щодо оцінки показників кліматостабілізаційної здатності деревних

насаджень [13]. Звісно, що зростання продуктивних площ під лісами сприяло б процесам уповільнення накопичення вуглецю, оскільки деревні лісові насадження є основним наземним поглиначем вуглекислого газу [2; 16]. Збільшення площ деревних насаджень і підвищення рівня їх продуктивності за умов раціонального ведення лісового господарства сприяло б загалом покращанню клімату на планеті.

За сучасних методик досліджень такими науковцями, як Гітарський М.Л., Іванов А.В., Краснов В.П., Шелест З.М., Давидов І.В. та ін. [2–6; 9; 16] визначено рівні вуглецепоглиняльної та киснетвірної здатності ялини європейської у віці 70 років на площі 1 га в Українських Карпатах, проте відсутні роботи щодо інших деревних порід та за інших ґрунтово-кліматичних умов.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати таку наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження* — вперше за лісогосподарськими параметрами запропоновано рівняння залежності розвитку *Quercus robur* L. з урахуванням параметрів вікової структури та фітомаси деревини. Створено рівняння фітомаси в абсолютно сухому стані для фракцій дерев (на прикладі деревини), встановлено рівень вуглецепоглиняльної здатності дубових насаджень у різних лісогосподарських округах в умовах Житомирського Полісся.

*Практична значущість результатів дослідження* — одержане емпіричне рівняння рекомендовано для впровадження у ДП «Житомирське лісове господарство» з метою моніторингу кліматостабілізуючої здатності дубових насаджень.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час планування експерименту використано методику наукових досліджень, яка базується на зборі досліджуваного матеріалу, його статистичній обробці з використанням середньоарифметичних величин та на методах аналізу і синтезу [18–21].

Польовий збір матеріалу містить таксацію модельних дерев і обробку дослідного матеріалу. Камеральне опрацювання зібраних емпіричних даних здійснено за допомогою систематизації, лісівничо-таксаційних методів, математичного моделювання біометричних показників, моделювання залежностей між таксаційними величинами та показниками фітомаси модельних дерев у насадженні [22–23].

За даними декількох модельних дерев охарактеризували сукупність усіх дерев на пробній площі, а за даними низки пробних площ — визначили сукупність однорідних насаджень.

28 пробних площ закладалися у 2016–2021 рр. у дубових полезахисних лісосмугах Житомирського Полісся, які розташовані поблизу населених пунктів с. Василівка, с. Рудківка, с. Садки, с. Березівка, с. Вільськ, с. Новопіль, с. Ксаверівка, с. Ялинівка, с. Івановичі, с. Піщанка, с. Іванівка, с. Левків, с. Клітчин, с. Калинівка, с. Глибочиця, с. Гадзинка, с. Городище, с. Пилипівка, с. Соснівка.

У ході проведення польових досліджень подеревного обліку використано висотомір ІУ1М, мірну вилку алюмінієву Haglof (Швеція). Для встановлення мікроклімату на дослідних об'єктах застосовано багатфункціональний прилад FLO 89000 (Польща), Люксметр GM 1030.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Було визначено основні ґрунтово-кліматичні показники і встановлено, що на більшості тимчасових пробних площ кислотність ґрунту становила рН=7,0 (нейтральне). Температура повітря під лісозахисними смугами була на 2°C нижчою, ніж в агроєкосистемах (полі), а температура ґрунту меншою на 8°C, ніж у агроєкосистемах. Вологість ґрунту була ідентичною.

На 28-ми закладених пробних площах здійснено детальний аналіз біометричних показників та виявлено, що діаметр дерев становив від 14,0–36,3 см, висота 14,0–26,0 м, вік дерев сягав від 25 до 71 років, бонітет насадження Іа, І, ІІ, ІІІ класів (табл. 1).

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ

№ з/п	Склад насадження	Вік, років	Середні показники		Запас стовбурів, м <sup>3</sup> ×га <sup>-1</sup>	Бонітет	Кількість рядів в смузі	Тип ґрунту
			висота, м	діаметр, см				
1	5Дз5Бп	65	16,8	23,9	335	II	2	дерново-підзол.
2	4Дз3Бп3Ос	68	17,3	24,9	144	II	3	дерново-підзол.
3	10Дз	67	20,0	28,4	122	I	5	дерново-підзол.
4	10Дз	67	20,3	29	374	I	3	дерново-підзол.
5	10Дз	70	17,3	24,9	387	II	3	дерново-підзол.
6	10Дз	70	17,1	24,5	306	II	12	дерново-підзол.
7	10Дз	55	18,6	25,6	296	I	10	дерново-підзол.
8	10Дз	50	17,3	26,3	339	I	6	дерново-підзол.
9	10Дз	65	16,8	23,8	312	II	12	дерново-підзол.
10	10Дз	60	19,4	27,1	294	I	3	дерново-підзол.
11	10Дз+Сз+Бп	70	17,3	24,9	358	II	3	дерново-підзол.
12	10Дз+Бп	58	19,0	26,4	306	I	3	дерново-підзол.
13	10Дз	70	17,2	24,7	358	II	3	дерново-підзол.
14	10Дз+Сз	58	18,8	26,1	304	I	3	дерново-підзол.
15	10Дз	58	19,1	27,1	352	I	3	дерново-підзол.
16	10Дз+Бп	64	16,6	23,8	360	II	3	дерново-слабо підзолистий
17	10Дз	60	19,4	27,1	292	I	3	дерново-підзол.
18	10Дз	60	19,3	26,9	358	I	3	дерново-підзол.
19	10Дз	35	14,0	18,3	352	I	4	дерново-підзол.
20	10Дз	35	13,9	18,1	240	I	3	дерново-підзол.
21	10Дз	40	15,2	21,1	232	I	3	дерново-підзол.
22	10Дз	45	16,4	23,7	267	I	3	дерново-підзол.
23	10Дз	68	17,1	24,4	291	II	3	дерново-підзол.
24	10Дз	55	18,6	25,6	306	I	3	дерново-підзол.
25	10Дз	60	16,3	22,7	339	II	3	дерново-підзол.
26	10Дз	60	16,1	23,0	280	II	3	дерново-підзол.
27	7Дз1Вз1Яс1Лп	65	16,9	24,1	280	II	3	дерново-підзол.
28	7Дз3Лп+Вз+Вл	65	16,7	23,8	208	II	3	дерново-підзол.

Під час досліджень було визначено, що дубові полезахисні насадження в зоні представлені за двома віковими категоріями: пристигаючі 60–71 років, середньовікові – 35–40 років.

Розрахунковим методом було встановлено об'єм стовбурів дерев, площа поперечного

перерізу стовбура, коефіцієнт повнодеревності стовбура, відсоток об'єму кори, фітомасу деревини (md), кори (mk), крони (mkr) в абсолютному сухому стані. На основі отриманих даних окреслені кореляційні залежності між основними таксаційними показниками і фракціями фітомаси (табл. 2).

Таблиця 2. Коефіцієнти кореляції між таксаційними показниками стовбура дуба і компонентами фітомаси

Показники	$m_d$ , кг	$m_k$ , кг	$m_{kr}$ , кг	$h$ (висота), м	$d$ (діаметр), см	$A$ (вік), роки
$m_d$ , кг	1,0	—	—	—	—	—
$m_k$ , кг	0,999	1,0	—	—	—	—
$m_{kr}$ , кг	0,985	0,978	1,0	—	—	—
$h$ (висота), м	0,926	0,938	0,849	1,0	—	—
$d$ (діаметр), см	0,970	0,971	0,966	0,866	1,0	—
$A$ (вік), роки	0,676	0,686	0,631	0,689	0,704	1,0

За отриманими коефіцієнтами кореляції спостерігається тісний взаємозв'язок між фракціями фітомаси та висотою й діаметром, за віком і фітомасою взаємозв'язок є вищим за середній.

Згідно з проведеними статистичними аналізами, досліджено однорідність вибірки за висотою, діаметром та віком насадження. Помірна асиметрія простежується за фітомасою деревини та кори. Асиметрія лівостороння за параметрами діаметра та віку. Нормальний гостровершинний розподіл характеризувався за всіма показниками (табл. 3).

Отримані результати дають змогу для подальшого аналізу та побудови рівнянь регресії між фітомасою дерева та біометричними показниками — висота, діаметр.

Для одержання степеневих залежностей фітомаси від діаметра та висоти дерева, прологарифмовано всі показники, і за допомогою пакета аналізу Microsoft Excel здійснено пошук рівнянь. Результати аналізу представлено у табл. 4.

Повертаємось до початкової функції показник  $Y$ , та одержуємо:

$$\ln 10(-1,6) = 2,45 \cdot 10^{-2}.$$

Моделювання рівняння здійснено за рівнянням множинної статистичної алометрії:

$$m_d = 2,45 \cdot 10^{-2} \cdot d^{1,94} \cdot h^{1,0},$$

де  $m_d$  — фітомаса деревини дуба в абсолютно сухому стані, кг;  $d$  — діаметр дерева, см;  $h$  — висота дерева, м.

Міра визначеності становить 0,999, що свідчить про достатню апроксимацію отриманого степеневого рівняння з вихідними

Таблиця 3. Статистичні характеристики таксаційних показників і компонентів надземної фітомаси дерев дуба в абсолютно сухому стані

Показники	Показники дерева					
	$m_d$ , кг	$m_k$ , кг	$m_{kr}$ , кг	$h$ (висота), м	$d_{1,3}$ (діаметр на висоті 1,3 м), см	$A$ (вік), роки
$X_{cp}$ (середнє арифметичне значення)	288,5	44,5	89,5	18,6	26,9	60,6
min (мінімум)	66,4	12,6	11,3	13,9	15,0	25,0
max (максимум)	592,9	84,4	229,5	26,0	36,3	87,0
$D$ (дисперсія)	13364,6	254,1	1880,2	6,2	18,7	129,2
$\sigma$ (стандартне відхилення)	115,6	15,9	45,4	2,5	4,3	11,4
$A$ (коефіцієнт асиметрії)	0,3	0,2	0,6	0,3	-0,4	-0,9
$E$ (експес)	-0,3	-0,4	0,4	0,5	-0,2	0,8
$V$ (коефіцієнт варіації), %	40	36	51	13	16	19

Таблиця 4. Показники регресійної статистики та дисперсного аналізу деревини *Quercus robur* L. у лісосмугах Житомирського Полісся

Регресійна статистика

Множинний $R$	0,999
Коефіцієнт детермінації $R^2$	0,999
Нормований $R^2$	0,999
Стандартна:	
помилка	0,001
спостереження	86

Дисперсійний аналіз

Показники	$df$ (кількість ступенів свободи)	$SS$ (сума квадратів відхилень)	$MS$ (оцінка дисперсії)	$F$	Значимість $F$
Регресія	2,0	3,3	1,7	$3,6 \times 10^6$	$1,0 \times 10^{-205}$
Залишок	83,0	$4,0 \times 10^{-5}$	$4,6 \times 10^{-7}$		
Разом	85,0	3,3			

Показники	Коефіцієнти	Стандартна помилка	$t$ -статистика	$P$ -значення	Нижнє 95%	Верхнє 95%	
У-перетин	$\ln_{10}(y)$	-1,6	$1,6 \times 10^{-3}$	-1007,4	$2,1 \times 10^{-171}$	-1,6	-1,6
Мінлива	$x_1$	1,0	$2,2 \times 10^{-3}$	357,0	$2,2 \times 10^{-166}$	1,9	1,9
Мінлива	$x_2$	1,9	$2,8 \times 10^{-3}$	876,5	$4,9 \times 10^{-134}$	1,0	1,0

показниками. Множинний  $R$  є достатньо високим і дорівнює 0,999.

За отриманими рівняннями побудовано графік залежності (рис. 1).

Встановлення кількості поглинутого вуглецю дубовими позахисними лісосмугами полягало у визначенні частки вуглецю у фітомасі в абсолютно сухому стані. За

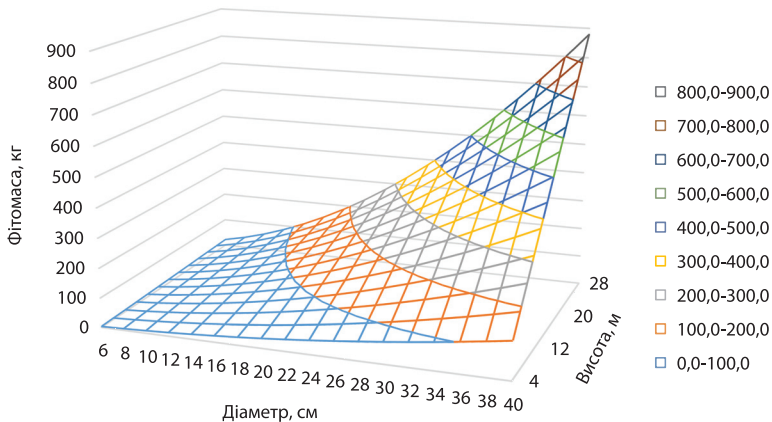
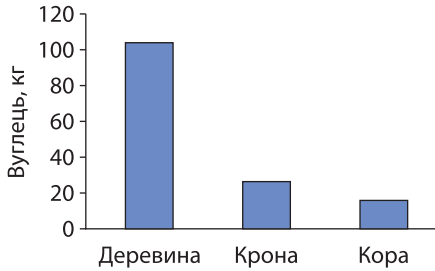
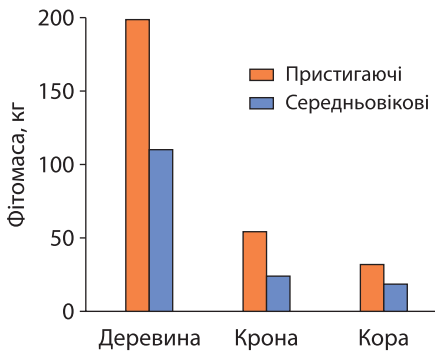


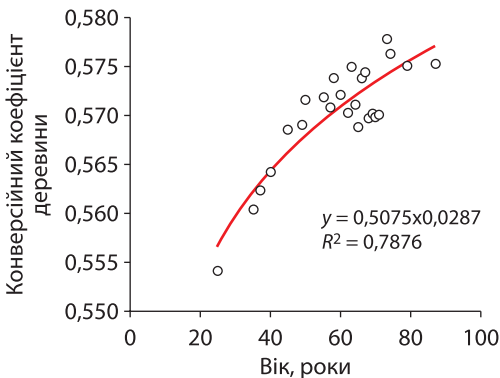
Рис. 1. Фітомаса деревини дуба звичайного в абсолютно сухому стані залежно від висоти і діаметра



**Рис. 2.** Кількість поглинутого вуглецю дубовими насадженнями у полезахисних лісових смугах



**Рис. 3.** Накопичення фітомаси різновіковими деревами



**Рис. 4.** Конверсійний коефіцієнт деревини *Quercus robur* L. у лісосмугах Житомирського Полісся

методикою IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015) така частка становить 50% від фітомаси фракцій в абсолютно сухому стані. За методикою G. Matthews (1993) для листків така частка сягає 45%. Кількісні показники поглинутого вуглецю дубовими насадженнями у лісосмугах при  $d=24$  см,  $h=18$  м у зоні Житомирського Полісся представлені на *рис. 2*.

На закладених пробних площах переважна більшість полезахисних лісових смуг показана середньовіковими та пристигаючими дубовими насадженнями, за одержаними математичними моделями встановлено кількість накопиченої фітомаси за окремими фракціями дерева (*рис. 3*).

Вік середньовікових дубових лінійних насаджень на пробних площах становить 37 років, діаметр таких насаджень 19,3 см, а висота 14,7 м, середній вік пристигаючих — 65 років, діаметр — 23,8 см та висота — 16,7 м.

Найшвидшим способом встановлення біопродуктивності деревних насаджень є використання у розрахунках конверсійних коефіцієнтів, які визначаються за формулою Ф. Флурі. Нами здійснені розрахунки і побудований графік залежності віку дерев і конверсійного коефіцієнта (*рис. 4*).

За одержаним конверсійним коефіцієнтом зображеним на графіку (див. *рис. 4*) встановлено, що завдяки вуглецепоглиняльній здатності дубових полезахисних смуг, щороку викиди  $CO_2$  у навколишнє середовище в Житомирському Поліссі знижуються на 5%. Отримане рівняння конверсійного коефіцієнта має достатньо високий показник детермінації.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень було визначено основні ґрунтово-кліматичні показники, які на більшості тимчасових пробних площ характеризувалися  $pH=7,0$  (нейтральне), рівень температури атмосферного повітря під лісозахисними смугами був нижчим на  $2^\circ C$ , ніж в агроекосистемах (полі), а значення температури ґрунту нижчим на  $8^\circ C$ , ніж у досліджу-



ваних агроєкосистемах. Вологість ґрунту була ідентичною.

Досліджено біометричні показники дубових насаджень на 28-ми закладених пробних площах та виявлено: вік дерев — 25–71 років, діаметр — 14,0–36,3 см, висота — 14,0–26,0 м, бонітет деревних насаджень Іа, І, ІІ, ІІІ класів. З'ясовано, що за віковою структурою, деревні насадження представлені пристигаючими (60–71 років) та середньовіковими (35–40 років) варіантами.

Розрахунковим методом було встановлено площа поперечного перерізу стовбура, відсток об'єму кори, об'єм стовбурів деревних насаджень, коефіцієнт повнодеревності стовбура, фітомасу деревини ( $m_d$ ), кори ( $m_k$ ), крони ( $m_{kr}$ ) в абсолютно сухому стані. На основі отриманих даних визначені кореляційні залежності між основними таксаційними показниками і фітомасою деревини.

Згідно з проведеними статистичними аналізами, спостерігається однорідність

вибірки за висотою, діаметром та віком насадження.

Одержані результати дають змогу для подальшого аналізу й побудови рівнянь регресії між фітомасою дерева та біометричними показниками — висота, діаметр.

Виявлено, що збільшення діаметра дерева на 1,94% і висоти на 1,0%, має безпосередній вплив на зростання фітомаси деревини дуба звичайного. Встановлено, що загальна фітомаса дуба в лінійних насадженнях становить для середньовікового дерева — 157,7 кг, для пристигаючого — 275,9 кг.

За визначеним показником конверсійного коефіцієнта вуглецепоглиняльної здатності полезахисних смуг дубових насаджень щороку знижуються на 5% викиди  $\text{CO}_2$  в атмосферне повітря в зоні Житомирського Полісся. Одержане рівняння конверсійного коефіцієнта, з досить високим показником детермінації, надає змогу використовувати отриману залежність у подальших розрахунках.

## ЛІТЕРАТУРА

- Шевчук Н.І. Екологічні функції лісових насаджень Хмельницької області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.7. С. 252–256.
- Gitariskiy M.L. Carbon flux from deadwood in the southern taiga forests of the Valdai Upland. *Ekologiya*. 2017. № 6. Р. 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063>.
- Ivanov A.V. Carbon emission from the surface of deadwood in the cedar forests of the Southern Primorye. *Ekologiya*. 2018. № 4. Р. 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042>.
- Краснов В.П., Шелест З.М., Давидов І.В. Фітоєкологія з основами лісового господарства: навч. посіб. Суми, 2012. 415 с.
- Лакида П.І. Динаміка запасів вуглецю в лісах України. *Проблеми лісознавства і лісівництва*: зб. наук. пр. Гомель, 2001. С. 86–90.
- Moroz V.V. and Nykytyuk Yu.A. Carbon absorption ability of pine forest plantations in Volyn Polissya. *Scientific horizons*. 2020. № 1 (86). Р. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70>.
- Алексюк І.Л., Лакида П.І., Терентьев А.Ю. Особливості змін таксаційних показників соснових деревостанів природного походження в Поліссі України залежно від їх складу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісове і садово-паркове господарство*. 2013. № 187 (2). С. 9–15.
- Дідух Ю.П. Екологічні аспекти глобальної зміни клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 34–44.
- Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus sylvestris* L. у деревостанах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. № 28 (8). С. 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12).
- Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглиняльна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10>.
- Moroz V.V. and Nykytyuk Yu.A. Carbon absorption ability of pine forest plantations in Zhytomyr Polissya. *Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection*. 2020. № 73. Р. 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13>.
- Ситник С.А. Моделювання компонентів фітомаси стовбурів деревостанів робінії північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. № 29 (3). С. 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310>.
- Мороз В.В., Стасюк Н.М., Федонюк Т.П. Особливості росту, розвитку та кліматостабілізаційне значення ялинових насаджень в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 5. С. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310505>.

14. Бергаш Б.М., Галуха В.Л., Микитин Т.М. Все про біомасу. Рівне: Рівненський центр маркетингових досліджень, 2011. 36 с.
15. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства. Харків: ХНАУ, 2008. 232 с.
16. Мороз В.В., Стасюк Н.М., Тимошенко Л.М. Особливості росту, розвитку та кліматостабілізації ялицевих насаджень в Українських Карпатах. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 3. С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247139>.
17. Voron V.P. Scientific basis of diagnostics of anthropogenic damage to forest ecosystems. *Forest Journal*. 2011. № 1. P. 24–28.
18. Касаткін А.С., Жанабаєва А.С., Акімов Р.Ю. Надземна фітомаса та кваліметрія деяких деревних видів *Sitote Alinia*. *Екологічний потенціал*. 2015. № 1 (9). С. 41–50.
19. Кашпор С.М., Строчинський А.А. Лісівничий довідник. Київ: Видавничий дім Винниченка, 2013. 496 с.
20. Краснов В.П., Ткачук В.І., Орлов О.О. Довідник спеціаліста лісового господарства. Новоград-Волинський, 2013. 436 с.
21. Ловинська В.М. (2018). Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України. *Вісник аграрних наук Причорномор'я*. 2018. № 3. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816>.
22. Неретін С.Д., Чигляев І.Ф., Заремський А.Д. Інструкція з організації лісового фонду України. Польові роботи. Ірпінь, 2006. 75 с.
23. Швиденко А., Лакіда П., Шепаченко Д. Вуглець, клімат та управління земельними ресурсами в Україні: лісовий сектор. Корсунь-Шевченківський, 2014. 283 с.

## REFERENCES

1. Shevchuk, N.I. (2016). Ekolohichni funktsiyi lisovykh nasadzhzen' Khmel'nyts'koyi oblasti [Ecological functions of forest ranges in Khmelnytsky region]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 26, 252–256 [in Ukrainian].
2. Gitarskiy, M.L. (2017). Carbon flux from deadwood in the southern taiga forests of the Valdai Upland. *Ekologiya*, 6, 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063> [in English].
3. Ivanov, A.V. (2018). Carbon emission from the surface of deadwood in the cedar forests of the Southern Primorye. *Ekologiya*, 4, 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042> [in English].
4. Krasnov, V.P., Shelest, Z.M. & Davydov, I.V. (2012). *Fitoekologiya z osnovamy lisovoho hospodarstva: navchal'nyy posibnyk [Phytoecology with the basics of forestry: a study guide]*. Sumy [in Ukrainian].
5. Lakyda, P.I. (2001). Dynamika zapasiv vuhletsyu v lisakh Ukrainy [Dynamics of carbon reserves in the forests of Ukraine]. *Problemy lisoznavstva i lisivnytstva: zbirnyk naukovykh prats' [Problems of forestry and forestry: a collection of scientific papers]*. (pp. 86–90). Gomel [in Ukrainian].
6. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Carbon absorption ability of pine forest plantations in Volyn Polissya. *Scientific horizons*, 1 (86), 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70> [in English].
7. Alexiuk, I.L., Lakyda, P.I. & Terentyev, A.Y. (2013). Osoblyvosti zmin taksatsiynykh pokaznykiv sosnovykh derevostaniv pryrodnoho pokhodzhennya v Polissi Ukrainy zalezchno vid yikh skladu [Peculiarities of changes in taxonomic indicators of pine stands of natural origin in Polissya of Ukraine depending on their composition]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu biosursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo — Scientific Bulletin National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and ornamental gardening*, 187 (2), 9–15 [in Ukrainian].
8. Didukh, Y.P. (2009). Ekolohichni aspekty hlobal'noyi zminy klimatu: prychnyny, naslidky, diyi [Ecological aspects of global climate change: causes, consequences, actions]. *Visnyk NAN Ukrainy — Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 34–44 [in Ukrainian].
9. Lovynska, V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv *Pinus sylvestris* L. u derevostanakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Aboveground phytomass of *Pinus sylvestris* L. trunks in the stands of the northern Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28 (8), 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12) [in Ukrainian].
10. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Vuhletse-pohlinal'na zdadnist' sosnovykh lisovykh nasadzhzen' Chernihivskoho Polissia [Carbon absorption ability of pine forest plantations in Chernihiv Polissya]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10> [in Ukrainian].
11. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Carbon absorption ability of pine forest plantations in Zhytomyr Polissya. *Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection*, 73, 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13> [in English].
12. Sytnyk, S.A. (2019). Modelyuvannya komponentiv fitomasy stovburiv derevostaniv robiniiyi pivnichnoho Stepu Ukrainy [Modeling of phytomass components of trunks of robinia stands of the Northern Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29 (3), 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310> [in Ukrainian].
13. Moroz, V.V., Stasiuk, N.M. & Fedoniuk, T.P. (2021). Osoblyvosti росту, rozvytku ta klimatostabilizatsiynne znachennya yalynovykh nasadzhzen' v Ukrainy's'kykh

- Karpatakh [Peculiarities of Growth, Development and Climate Stabilization Value of Spruce Plantations in the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyy visnyk UNFU — Scientific Bulletin of UNFU*, 5, 36–41. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310505> [in Ukrainian].
14. Bertash, B.M., Galukha, V.L. & Mykytyn, T.M. (2011). *Vse pro biomasu [All about biomass]*. Rivne [in Ukrainian].
  15. Buksha, I.F., Butrym, O.V. & Pasternak, V.P. (2008). *Inventaryzatsiya parnykovykh haziv u sektori zemlekorystuvannya ta lisovoho hospodarstva [Inventory of greenhouse gases in the land use and forestry sector]*. Kharkiv [in Ukrainian].
  16. Moroz, V.V., Stasiuk, N.M. & Tymoshenko, L.M. (2021). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta klimatostabilizatsiyi yalytsevykh nasadzhzen' v Ukrayins'kykh Karpatakh [Features of growth, development and climate stabilizing of fir plantations in the Ukrainian Carpathians]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 3, 68–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247139> [in Ukrainian].
  17. Voron, V.P. (2011). Scientific basis of diagnostics of anthropogenic damage to forest ecosystems. *Forest Journal*, 1, 24–28 [in English].
  18. Kasatkin, A.C., Zhanabaeva, A.S. & Akimov, R.Y. (2015). Nadzemna fitomasa ta kvalimetriya deyaknykh derevnykh vydiv *Sitote Alinia* [Above-ground phytomass and qualimetry of some *Sitote Alinia* tree species]. *Ekolohichnyy potential — Ecological potential*, 1 (9), 41–50 [in Ukrainian].
  19. Kashpor, S.M. & Strohynskyi, A.A. (2013). *Lisivnychy dovidnyk [Forestry reference book]*. Kyiv [in Ukrainian].
  20. Krasnov, V.P., Tkachuk, V.I. & Orlov, O.O. (2013). *Dovidnyk spetsialista lisovoho hospodarstva [Handbook of forestry specialist]*. Novograd [in Ukrainian].
  21. Lovynska, V.M. (2018). Lokal'na shchil'nist' komponentiv fitomasy stovbura sosny zvychnoyi (*Pinus sylvestris* L.) Pivnichnoho Stepu Ukrayiny [Local density of phytomass components of Scots pine trunk (*Pinus sylvestris* L.) of the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarykh nauk Prychornomor'ya — Bulletin of Agrarian Sciences of the Black Sea Region*, 3, 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816> [in Ukrainian].
  22. Neretin, C.D., Chiglyayev, I.F. & Zaremsky, A.D. (2006). *Instruktsiya z orhanizatsiyi lisovoho fondu Ukrayiny. Pol'ovi roboty [Instruction on the organization of the forest fund of Ukraine. Field work]*. Irpin [in Ukrainian].
  23. Shvydenko, A., Lakida, P. & Shchepachenko, D. (2014). *Vuhlets', klimat ta upravlinnya zemel'nymy resursamy v Ukrayini: lisovyy sektor [Carbon, climate and land management in Ukraine: the forest sector]*. Korsun-Shevchenkivskiy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.03.2024

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL COMPLEXES IN «SEREDNIE POBUZHZHIA» REGIONAL LANDSCAPE PARK: THEORY AND PRACTICE

O. Mudrak<sup>1</sup>, H. Mudrak<sup>2</sup>, Yu. Antoniuk<sup>3</sup>, O. Riabokon<sup>1</sup>, O. Herasimova<sup>1</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

e-mail: [olya\\_riabokon1986@ukr.net](mailto:olya_riabokon1986@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4733-3067

e-mail: [gerasimovaalena79@gmail.com](mailto:gerasimovaalena79@gmail.com); ORCID: 0009-0000-2993-2723

<sup>2</sup> Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)

e-mail: [galina170971@ukr.net](mailto:galina170971@ukr.net); ORCID: 0000-0003-1319-91389

<sup>3</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: [yuraantoniuk22@gmail.com](mailto:yuraantoniuk22@gmail.com); ORCID: 0009-0006-3257-0843

У статті запропоновано методикку визначення екологічної оцінки природних комплексів регіонального ландшафтного парку «Середнє Побужжя» за психолого-естетичними і географо-естетичними критеріями. Репрезентативні ландшафти парку, площею 2618,2 га, який створено у 2009 р., знаходяться в межах Тиврівської і Сутиської селищних територіальних громад Вінницької обл. Парк створено для збереження цілісності унікальних ландшафтів та біотичного різноманіття долини, а також акваторії річки Південний Буг у межах Вінницької обл. Окрасою парку є порogi на р. Південний Буг, що сформувались у тих місцях, де на поверхню виходять гірські породи Українського кристалічного щита, які часто утворюють каскади і простягаються на відстань до кількох кілометрів. Окремі брили граніту піднімаються над водою до 1,5 м, що формує відповідну естетику ландшафту. У парку зростає бореальна, неморальна і понтична рослинність, що представлена рідкісними, зникаючими, вразливими, ендемічними і реліктовими видами. Долина р. Південний Буг, що має велике значення для збереження біотичного і ландшафтного різноманіття, потребує захисту й раціонального використання своїх ресурсів. Одним із антропогенних видів впливу на природні комплекси парку є значне рекреаційне навантаження. Тому авторами встановлено максимальне рекреаційне навантаження на природні комплекси досліджуваного парку за розподілом типів ландшафтів — паркових, лісових, нелісових. На основі проведених досліджень аргументовано, що для збереження репрезентативного та унікального біотичного і ландшафтного різноманіття парку в структурі Бузького довготного природного коридору національної екологічної мережі необхідно запровадити комплекс заходів, враховуючи рекреаційне навантаження. З метою збереження репрезентативного біотичного і ландшафтного різноманіття в структурі екологічної і Смарагдової мереж, необхідно площу парку «Середнє Побужжя» розширити і до його складу включити регіональний ландшафтний парк «Немирівське Побужжя», площею 5678 га, створивши єдиний суцільний національний природний парк.

**Ключові слова:** оцінка впливу, ландшафтні комплекси, біотичне різноманіття, рекреаційне навантаження, екологічний стан.

### INTRODUCTION

Conservation of biotic diversity, unique and representative natural and anthropogenic landscapes, development of scientific foundations for rational nature management, functional and spatial optimisation of the nature reserve fund and implementation of the

regional ecological network should be one of the priority areas for the development of nature reserves in Eastern Podillia [1].

Regional landscape parks (RLPs) are environmental and recreational institutions of local or regional significance that are created to preserve typical or unique natural complexes and objects in their natural state, as well as to provide conditions for organised recreation.

They are organised with or without withdrawal of land plots, water and other natural objects from their owners or users. The main tasks of the RLP are preservation of valuable natural, historical and cultural complexes and objects; creation of conditions for effective tourism, recreation and other types of recreational activities in natural conditions in compliance with the regime of protection of protected natural complexes and objects; promotion of environmental education and upbringing [2].

The centre of conservation, restoration and rational use of biotic and landscape diversity of Eastern Podillia (Vinnytsia region) is «Serednie Pobuzhzhia» RLP, with an area of 2618.2 hectares. The theoretical substantiation, scientific and methodological development and solution of problems of protection of representative landscape and cenotic diversity due to the intensive impact of recreational pressure remain relevant and important for establishing its current ecological state, forming tourist routes, developing ecological trails, identifying threats and factors of influence, conservation and restoration measures [3].

The purpose of the research is to determine the ecological assessment of the natural complexes of «Serednie Pobuzhzhia» regional landscape park according to psychological-aesthetic and geographical-aesthetic criteria and based on the proposed criteria calculate the recreational load on the park's natural complexes by distribution of landscape types.

#### ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

Many works are devoted to the creation of «Serednie Pobuzhzhia» RLP, functional zoning, conservation of its biotic and landscape diversity, formation of an ecological network, efficient use of recreational potential and balanced nature management [3–6; 7; 8].

However, within «Serednie Pobuzhzhia» RLP, three types of natural complexes such as park, forest and non-forest have been identified, which require determining the maximum

recreational load. Therefore, we propose to determine the ecological assessment of the natural complexes of «Serednie Pobuzhzhia» RLP according to psychological, aesthetic and geographical and aesthetic criteria.

#### MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

Based on cartographic materials, local lore, stock and literary sources, catalogues, practical (field) survey, field diaries, methodological recommendations, an ecological assessment of the natural complexes of «Serednie Pobuzhzhia» RLP within the boundaries of Tyvrivska and Sutyska village territorial communities of Vinnytsia region was carried out.

**Research methods** – analytical, descriptive, comparative, expeditionary, statistical, field, cartographic, key sites, landscape and ecological.

**Object of study** – existing natural (natural), natural-anthropogenic, anthropogenic ecosystems and landscapes of structural elements of the ecological network of «Serednie Pobuzhzhia» RLP within Eastern Podillia.

#### RESULTS AND DISCUSSION

**According to the physical and geographical zoning of Ukraine** (2005), «Serednie Pobuzhzhia» RLP is part of the Middle Buh forest-steppe region of the Dniester–Dnipro forest-steppe edge of the forest-steppe zone of the Eastern European plain landscape country [9].

**According to the geobotanical zoning of the territory of Ukraine** (2003), «Serednie Pobuzhzhia» RLP belongs to the Central Podilskyi District of hornbeam-oak and oak forests and dry meadows of the Ukrainian forest-steppe subprovince of the Eastern European forest-steppe province of oak forests, steppe meadows and meadow steppes of the Forest-steppe subregion of the Eurasian steppe region [10].

**Administrative location.** Sutyska settlement territorial community and Tyvrivska settlement territorial community of Vinnytsia district, Vinnytsia region. «Serednie Pobuzhzhia» RLP was established by the decision of

the 27<sup>th</sup> session of Vinnytsia Oblast Council of the 5<sup>th</sup> convocation No. 903 of 10.12.2009 [3].

**The area** is 2618.2 ha. The actual area is 2527 hectares. «Serednie Pobuzhzhia» RLP (2618.2 ha) includes 5 nature reserve objects and territories (NRT) with an area of hectares (*Table 1*) [3].

**General description.** Based on the results of landscape and ecological studies, we note that the original decoration of the Pivdennyi Buh river bed is the rapids that form in places where crystalline rocks of the Ukrainian shield come to the surface of the riverbed. They often form cascades of 3–5 separate parts and stretch for a distance of 1–3 km. In the hollow sections, the channel slope is 1–30, and the flow speed is 3–4 m/s. The vegetation is characterised by blue-green algae, pondweed, and sometimes overgrown reeds and sedges. The rapids of «Serednie Pobuzhzhia» RLP are partially destroyed, especially by the construction of hydraulic structures: Tyvriv village. At the same time, the Pivdennyi Buh is the only river not only in Ukraine but also in Central Europe where the rapids have been preserved in their unaltered natural state. Individual blocks of granite rise up to 1.5 m above the water, often so close to each other that you can walk across them from one bank to the other. Rapids are found not only in the riverbed, but also in the floodplain adjacent to them. Only here is the space between the granite blocks filled with gravelly sand and clay deposits. The first time you see such a floodplain, it seems that you are in a 'cemetery' of rapids. During floods, stone and clay floodplains resemble ordinary

rapids on a river. There are also islands in the channel of the Southern Buh. Their shapes are varied, their height above the water's edge is up to 3–3.5 m, and their area is small – up to 0.1–0.2 hectares. The islands are based on granite rocks overlain by sand and clay deposits, sometimes by silt. During spring floods, they are flooded, and a lot of ice accumulates here. The flora of the islands is not rich in species: there are various types of willow, black alder, aspen, blackberries, dioecious nettle, creeping wheatgrass, wild hops, etc. The islands are used for grazing cattle, harvesting firewood and vines, and gathering blackberries and medicinal plants. Sometimes their territory is used for recreation. The slopes of the Southern Buh Valley are richly endowed with picturesque areas with valuable forest and plant communities, ancient geological outcrops, groundwater sources, and ancient and exotic tree species [4; 5].

**Vegetation and flora.** The vegetation cover of the park is represented by the following vegetation types: forest, meadow, wetland, rocky steppe. It is formed by the representatives of boreal (taiga), non-moral (broad-leaved forests), and pontic (steppe) flora.

Boreal flora elements include: double-leaved vesnevka, fluffy honeysuckle, common quinceañera, medicinal bush, thin broom, common eagle's-eye, common pine, European spruce, etc.

Among the non-moral species are common: warty cowberry, European birch, common hornbeam, common pear, common oak, field maple, heart-leaved linden, hazel, forest apple, sycamore, common ash, dark lungwort, hairy sedge, scopolia carniolensis, etc.

Table 1. Objects of the nature reserve fund that are part of «Serednie Pobuzhzhia» RLP

	List of protected areas included in the territory of «Serednie Pobuzhzhia» RLP	Area, ha
<b>«Serednie Pobuzhzhia» Regional landscape park</b>	«Zakruta» Botanical reserve of local importance	44.0
	«Krutoskhyly» Botanical reserve of local importance	25.5
	«Sutys'kyi Park» Park-monument of landscape art of local significance	20.0
	«Beech Grove» Local botanical nature monument	1.0
	«Beech forest» Local botanical nature monument	0.7
	Number of objects, pcs: 5	91.2

The forest ecosystems of the park occupy about 1/3 of the area, where representatives of non-moral flora dominate, subdominant plants are boreal flora (subora), and in some places there are alder trees. The forests here include: birch forests dominated by oaks and hornbeams, oak forests dominated by common oak, oak and birch groves, pine and oak forests (pine and spruce are found mainly in artificial plantations), and alder forests found in wetlands and waterlogged areas. Forest vegetation is spread in relatively small areas. The most common species in the forests are: common oak, rock oak, hornbeam, sharp-leaved maple, warty birch, common ash, heart-leaved linden, birch, black alder and others. The hornbeam-oak forests, or chestnut forests, are confined mainly to elevated relief elements. In older areas, they have two-tiered stands. The first tier is composed of common oak with an admixture of common ash, sharp-leaved maple, and common sycamore. The second tier is based on common hornbeam. It is mixed with heart-leaved linden, field maple, birch and rarely aspen, cherry and wild apple. But most often, the stands of this formation are secondary, single-tiered, with the undivided dominance of the common hornbeam. The undergrowth of hornbeam-oak and hornbeam forests is formed by: warty cowberry, European cowberry, pigweed, hazel, blood-red hawthorn, true turf, less often Tatar maple, dog rose, black elderberry, common bird cherry, etc. Grass cover (projective coverage of 20–30%) is formed by: hairy sedge, mountain sedge, parva sedge, common fescue, female bindweed, forest starflower, fragrant daisy, collective bentgrass, European undergrowth, double-leaved springwort, common quackgrass, European bindweed, which act as dominants and condominiums in the respective clump associations. Oaks (oak forests) have two-tiered stands. The first tier is dominated by common oak. It is accompanied by common ash, warty birch (with a significant amount of the latter, forests are called clumps), and sycamore. In the second, sparse layer, there are common hornbeam, heart-leaved linden, field maple, sharp-leaved maple, smooth elm, and forest apple. The undergrowth is formed

by blackthorn, tatar maple, warty cowberry, European cowberry, black elderberry, hazel, and less commonly by such mediterranean species as true turf, viburnum, scumpia, and swede. The dominant and dominant species of the grass cover include hairy sedge, mountain sedge, river gravelat, female bindweed, fragrant violet, common fescue, may lily of the valley, grey blackberry, broad-leaved bramble, European bentgrass, dark lungwort, etc. The park is characterised by oak forests of swede-mountain ash and hazel-mountain ash, which are confined to the birch terraces of the Pivdennyi Buh. They are often 80–100, 95–125 and 160–200 years old [6; 7].

The park protects phytocoenoses listed in the Green Book of Ukraine (GBU). These are typical associations of oak forests of svydynsko-hirsko-osokovy oak and svydynsko-parvsko-osokovy oak. Groups of rare associations of oak-hazel forests with common oak are subject to conservation here. These are old forest areas with predominance of hairy sedge, May lily of the valley, common fescue, forest starflower, common boreal species such as common quinceanera and double-leaved vesper, which are located on the southern border of the habitat, and rare mediterranean species such as parva sedge and purple-blue sparrow. Rare status is also given to the associations of the hornbeam-oak forest with hair sedge and the hornbeam-oak forest with ash. These are old areas of central European forests growing in the Serednie Pobuzhzhia. Its eastern border reaches the left bank, and the southern border coincides with the steppe zone [11; 12].

Subora are pine and oak forests. Their stands are two-tiered. In the first tier there is common pine, sometimes warty birch, and in the second tier there is common oak. Undergrowth consists of warty birch, European birch, dyeing ditch, russian zinovita, common mountain ash, brittle buckthorn, black elderberry and others. In the herbaceous and shrub layer, there are common eagle's-eye, double-leaved vernalis, wild strawberries and others [7].

Alder forests are one of the indigenous plant communities of the Pivdennyi Buh

floodplain. They are formed mainly by black alder and only occasionally by grey alder. The composition of the stand distinguishes between pure black alder forests, with a small admixture of other species and shrubs, and complex forests, with a significant admixture of other tree species and well-developed undergrowth. Pure black forests are more common. They are often found in swampy and waterlogged areas and are confined to river floodplains and depressions with a high groundwater table.

Meadow vegetation in the middle reaches of the Pivdennyi Buh and its tributaries is distributed in small areas in floodplain terraces and gully bottoms. It occupies 11.7% of its total area. According to the phytotopological classification of meadows adopted in Ukraine, they are divided according to their location on relief elements, similarity of plant growth conditions, composition of grass stands and crops, and technical condition of the land. According to this classification, the park's meadow communities include: steppe and meadow pastures on the slopes of beams, lowland meadows, lowland bogs, floodplain meadows of medium and large rivers, floodplain meadows of small rivers and beams.

Steppe vegetation is preserved on the slopes of ravines, gullies, and specific granite outcrops. It has a meadow-steppe character and is typical of the forest-steppe zone. The steppe elements include: spring mountaineer, russian zinnia, slender keleria, fescue (fescue), false cartilaginous milkweed, mountain sedge, low sedge, steppe timothy, pannonian chyna, drooping sage, etc. The vegetation of steppe and meadow pastures on the slopes of the gullies is largely determined by environmental conditions. On the wetter and cooler northern slopes, the following are common: red fescue, furrowed fescue, narrow-leaved bluegrass, slender keleria, thin bentgrass, creeping wheatgrass, ground clover, meadow clover, creeping clover, horned lambsquarters, yellow alfalfa, hop alfalfa, meadow chin, and many herbs. On the dry southern slopes grow: tuberous bluegrass, annual bluegrass, furrowed fescue, early sedge, yarrow, austrian wormwood, steppe sage, ukrainian thyme, common

thyme, caustic stonecrop, vine spurge, etc. [3; 6].

Lowland meadows are not widespread and are confined to the lowlands of the floodplain terraces of the Pivdennyi Buh. They are moistened by precipitation and runoff water, temporarily waterlogged, and often swampy. The main species that form the grass stands of these meadows are: eastern fescue, fescue furrow, white bentgrass, creeping wheatgrass, various sedges, Gerard's sytnik, meadow fox-tail, spaced mowing grass, etc.

The floodplain meadows of the Pivdennyi Buh and its tributaries are located on the elevated elements of the floodplain relief, mostly dry, insufficiently moist, on the middle elements — more levelled, sufficiently moist, and on the lower elements — often waterlogged. The grass stands of these meadows are formed by sheep fescue, meadow kekeriac, bluegrass, awnless bentgrass, and collective bentgrass, and in wet areas — meadow foxtail, meadow timothy, white bentgrass, red fescue, soddy bentgrass, hybrid clover, meadow clover, creeping clover, and many herbs.

Sedges, reeds, beckmania and other grasses are common in the marshy elements of the floodplains. Lowland bogs are common in the floodplain of the Southern Buh and in the gullies, which provides them with rich mineral nutrition and diverse floral composition. Among the phytodiversity there are many valuable forage species (marsh bluegrass, multicoloured bluegrass, slender keleria, meadow clover, creeping clover, thin bentgrass, meadow chin, creeping wheatgrass, awnless fescue, common beckmannia), ornamental (marsh cocksfoot, meadow loosestrife, marsh forget-me-not) and medicinal species (river gravilat, marsh samples, marsh puddleweed, three-parted succession). The lowland bogs are dominated by sedge vegetation with an admixture of common backmania, soddy pike, common reed, big bentgrass, umbelliferous susan, plantain and other moisture-loving plants. In some places, large areas are covered with common reed. For some types of wetland ecosystems, there is a problem of establishing scientifically sound haymaking.



**Fauna.** The site was originally characterised by a wide variety of aquatic, near-water, forest and meadow fauna, some of which is part of the hunting and fishing fauna. The geographical location and biotopic diversity of the territory of «Serednie Pobuzhzhia» RLP determine the richness of its fauna. The core of the fauna is made up of representatives of forest, aquatic and shrub complexes with a significant participation of open space species (inhabitants of agrocenoses, open slopes of ravines, gullies, hills), as well as synanthropic species. The dominant typical and more or less evenly distributed species in the study area are mammals: grey hare (rusak), red fox, squirrel, stone marten, forest marten, european roe deer, spotted deer, wild pig, hedgehog, muskrat, European mink, river beaver, badger, forest ferret, steppe ferret, polecat, hamster, weasel, mole, field mouse, bats [3].

The avifauna is quite rich and diverse, especially in forest areas. The dominant species in the forests are: great woodpecker, lesser woodpecker, variegated woodpecker, black woodpecker, blackbird, song thrush, great tit, blue tit, shepherd's pigeon, black-headed warbler, field sparrow, eastern nightingale. Typical species include chaffinch, sheepfinch, nuthatch, nuthatch, bullfinch, common fescue, vireo, flycatcher, jay, and cuckoo. Birds of prey include buzzard, great hawk, and in some places, harrier, black bunting, osprey and pygmy eagle. Among the synanthropic avifauna, it is appropriate to distinguish the following: urban swallow, rural swallow, white stork, grey crow, rook, eider, sparrow, nightingale, and grey pigeon. A significant group of rare bird species appears in the core area during seasonal migrations [8].

The fauna of reptiles and amphibians has been studied insufficiently. It is known that the common boa constrictor, nimble lizard, green lizard, and copperhead, which are listed in the Red Data Book of Ukraine (RDBU), occur in the core area. Amphibians are represented by grass frogs, pond frogs, lake frogs, sharp-finned frogs, red-bellied toads, grey toads, green toads, garlic toads, common newts and crested newts [13].

More than 20 species of fish can be found in the Pivdennyi Buh river, its tributaries and ponds. The most common fish species are the carp family: silver crucian carp, common crucian carp, white crucian carp, common silver bream, common bluegill, russian silver bream, European carp, lake tench, common silver carp, common carp, common rudd, common chub, common dace, common silver bream, common roach, common white dace, common roach, common roach, common roach, common roach, common roach, roach family: common ruff, common pincer; perch family: common loach, river perch, pike perch; pike family: common pike; catfish family: common catfish.

A significant number of vertebrates are valuable commercial and hunting animals. Mammals include martens, muskrats, beavers, badgers, deer, wild boars, roe deer, wolves, foxes, hares, and birds include the goose, white-fronted geese, great geese, ducks, coots, water hens, pheasants, mink, shepherds, waders, pigeons, and others.

The modern vertebrate fauna of the park is represented by the following families: amphibians – frogs, toads; reptiles – lizards; birds – pigeons, shepherds, ducks, herons, cuckoos, grey-headed cuckoos, hoopoes, woodpeckers, crows, starlings, finches, swifts, thrushes, swallows; mammals – moles, shrews, martens, martens, dogs, deer, hares, squirrels, mice, hamsters. Among the rare insects that require protection, it is appropriate to mention dragonflies, common mantis, bumblebees, rhinoceros beetle, deer beetle, mahogany, peacock eye, horn beetle, and podaliria. The centuries-long exploitation of faunal resources has led to their depletion. The list of animals subject to protection includes: common beaver, european elk, steppe ferret, river otter, podilsky blind, kibchyk, great and lesser grey heron, osprey, grey goose, black stork, mute swan, some species of ducks, steppe viper, forest snake, and a significant number of insects [3].

Using the guidelines for the aesthetic assessment of the park's territory, we assessed the landscapes, taking into account psycho-aesthetic and geographical-aesthetic criteria [14].

According to the psycho-aesthetic assessment, the average score for each criterion was determined:

1) calmness (C) – 4 points (very picturesque landscape that promotes long-term calmness, relaxation and contemplation);

2) admiration (A) – 2 points (the landscape is quite expressive, but it does not evoke admiration, awe, or a sense of sacredness);

3) virginity (V) – 2 points (there is a sense of remoteness from civilisation, but no sense of wildness or virginity);

4) spiritual upliftment (E) – 2 points (sounds and smells of nature are mixed with sounds and smells of civilisation, which causes a certain spiritual upliftment).

The sum of the average scores for all criteria is 10.

According to the geographical and aesthetic assessment, the average score for each criterion was determined (Table 2).

The total score of the aesthetic assessment is 24, including the psychological and aesthetic assessment – 10 points, geographical and aesthetic assessment – 14 points.

According to the methodological recommendations [15], three types of landscapes of natural complexes such as park, forest and

non-forest are defined on the territory of «Serednie Pobuzhzhia» RLP.

The *park type of landscape of natural complexes* includes natural complexes and objects of the nature reserve fund that have appropriate arrangement (a network of paths and tracks with different surfaces – asphalt, gravel, or soil arrangement). This type of landscape of natural complexes includes: the equipped park-monument of landscape art of local importance «Sutys'kyi Park» (20 hectares), dendrological plots, forest park areas, monuments of historical and cultural heritage, green spaces of healthcare facilities, forest ecosystems of green areas.

The *forest landscape type of natural complexes* includes forest and shrub ecosystems, forested coastal protection zones, and forest belts. Recreational digression stage 2, recreation coefficient 6–10%. During the Sheshory-Podilski, ArtPole, and Mlynomania ethno-festivals (8–10 thousand people create a recreational load every year in May–July), the recreational digression stage is 3, and the recreation coefficient is 11–30%.

The *non-forest landscape type of natural complexes* includes: steppe and meadow phytocoenotic fund, pastures, hayfields,

Table 2. Geographical and aesthetic criteria for landscape assessment in «Serednie Pobuzhzhia» RLP

№	Criterion	Score
1	Harmony of natural and anthropogenic objects	2
2	Presence of picturesque tracts, secluded corners on the territory, where it is pleasant to relax, enjoying the beauty of nature	2
3	Presence of sights on the site: bizarre rocks, rapids, centuries-old trees, clusters of charming plants, flowers, historical and cultural monuments	2
4	Presence of observation platforms on the territory with beautiful views	2
5	Expressiveness of the terrain	1
6	Expressiveness of water bodies	2
7	Diversity and alternation of phytocoenoses: forest, herbaceous-shrubby, meadow (marshy, floodplain, grass-grass, dry), coastal-water, psammophytic, xeromesophytic, agrophytocoenoses (segetal and ruderal types)	2
8	Diversity of fauna of the territory	1
<b>Total score by criteria</b>		14

glades, floodplains of the Pivdennyi Buh river and its tributaries within the RLP, floodplain terraces, slopes, non-forested coastal areas, ravines, beams, hills, and canopies. Recreational degradation stage 2, recreation coefficient 6–10%. During the Sheshory-Podilski, Art-pole, and Mlynomania ethnofestivals, in some

places, the stage of recreational digression is 3, and the recreation coefficient is 11–30%.

The maximum recreational load on natural complexes within «Serednie Pobuzhzhia» RLP according to the methodological recommendations [14] is presented in *Tables 3 and 4*.

**Table 3. Maximum recreational load on natural complexes within «Serednie Pobuzhzhia» RLP by distribution of landscape types**

Distribution of natural landscapes Type of landscape	Degree of sustainability	Maximum recreational load depending on the stage of degradation, person-day/ha				
		I	II	III	IV	V
Park	1	44.4	35.2	20.2	10.8	4.4
	2	27.8	22.0	12.6	6.8	2.8
	3	13.9	11.0	6.3	3.4	1.4
	4	4.4	3.5	2.0	1.1	0.4
	5	2.2	1.8	1.0	0.5	0.2
Forest	1	22.4	17.8	10.2	5.5	2.2
	2	14.0	11.1	6.4	3.4	1.4
	3	7.0	5.6	3.2	1.7	0.7
	4	2.2	1.8	1.0	0.5	0.2
	5	1.1	0.9	0.5	0.3	0.1
Non-forest	1	31.7	25.2	14.4	7.7	3.2
	2	19.8	15.7	9.0	4.8	2.0
	3	9.9	7.9	4.5	2.4	1.0
	4	3.2	2.5	1.4	0.8	0.3
	5	1.6	1.3	0.7	0.4	0.2

**Table 4. Maximum recreational load on the territory of «Serednie Pobuzhzhia» RLP in the organised form of recreation**

Normalised component of the landscape and type of its use	Man-day/ha
<b>I. Road and alley system:</b>	
1. With hard surface and viewing platforms:	
a) 8–12% of the area	120
b) 12–15% of the area	150
2. Paved without observation platforms:	
a) 8–12% of the area	100
b) 12–15% of the area	130
3. Unpaved with observation platforms:	
a) 8–12% of the area	70
b) 12–15% of the area	90
4. Ground without observation platforms	
a) 8–12% of the area	50
b) 12–15% of the area	30

## CONCLUSIONS

The criteria for assessing the natural complexes of «Serednie Pobuzhzhia» RLP, which are subject to special protection, should be based on ecosystem, landscape-ecological and zoological approaches. The theoretical and methodological basis for these approaches is the determination of the recreational load on the park's landscapes, as their components – rocks, various forms of relief, climatic conditions, surface and groundwater, soils, biotic diversity – are in constant interaction at the material and energy level. They are constantly interconnected, so we must take into account all types of ecosystem services in order to preserve and take into account the specifics of recreational nature use.

The main criterion for assessing the territory should be the biotic and landscape (uniqueness criterion) geozological representativeness of «Serednie Pobuzhzhia» RLP, which is ensured by: 1) the presence of all natural components, partially degraded, where the process of renaturalisation is taking place, characterising a certain natural or anthropogenic landscape; 2) the diversity of natural and anthropogenic landscapes as carriers of biogenetic and coenotic diversity and historical and cultural heritage. The problem of preserving the biodiversity of agricultural landscapes, which account for about 50% of the park, and the use of an ecosystem approach to the formation and implementation of a sustainable local ecological network is of particular importance; 3) a high degree of self-regulation and self-restoration of low-anthropogenic landscapes.

The basins of small rivers, which are tributaries of the Pivdennyi Buh river, have a great

potential for the rehabilitation of natural complexes and the formation of an ecologically safe framework for the park's ecological network. Therefore, the implementation of a programme to optimise land use and ecological stabilisation of small river basins based on the basin management principle, in accordance with the EU Water Framework Directive, can become the basis for the formation of an ecological framework for the entire Eastern Podillia. In order for this area to be scientifically coherent and represent representative biotic and landscape diversity within the structure of the Buh longitudinal natural corridor of the National Ecological Network, and in the future the Emerald Network, it is necessary to expand the area of «Serednie Pobuzhzhia» RLP to include «Nemyrivske Pobuzhzhia» RLP (5678 ha), creating a national nature park (NNP). It is advisable to include the existing reserves: 3 landscape reserves (362.3 hectares), 1 forest reserve (295 hectares), 3 botanical reserves (86.7 hectares), 1 ornithological reserve (133 hectares), for a total of 8 reserves (877 hectares); 1 botanical nature monument (0.8 hectares), and 3 protected areas (66 hectares). The total area of protected areas should be 943.8 hectares. According to the results of the research, the area of the NNP should be 16730 hectares. According to the administrative division, the territory of the newly created NNP will be located within Vinnytsia (from the village of Sutisky) and Haisyn (Rayhorod village) districts of Vinnytsia region; according to the geomorphological division, it will be located within the Volyn-Podilsk Upland and stretches along the valley of the Pivdennyi Buh River.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мудрак О.В., Мудрак Г.В. Заповідна справа: навч. посіб. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 640 с.
2. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992. № 2456-ХІІ. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>.
3. Мудрак О.В., Мудрак Г.В., Поліщук В.М. та ін. Еталони природи Вінниччини: моногр. / за ред. О.В. Мудрака. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 540 с.
4. Воловик В.М., Мудрак О.В., Шкагула Ю.М. Еколого-географічна характеристика перспективного РЛП «Середнє Побужжя» в межах Східного Поділля. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2007. Вип. 31. С. 28–40.
5. Воловик В.М., Мудрак О.В., Шкагула Ю.М. Пропозиції та рекомендації щодо створення регіонального ландшафтного парку «Середнє Побужжя» в межах Східного Поділля. *Збірник наукових праць ЛНАУ*. 2008. № 82. С. 11–18.
6. Воловик В.М., Мудрак О.В. Характеристика флористичного й фауністичного різноманіття пер-

- пективного РЛП «Середнє Побужжя». *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2007. Вип. 29. С. 19–30.
7. Гордієнко М.І., Бондар А.О., Криницький Г.Т. та ін. Лісові насадження Вінниччини / за ред. М.І. Гордієнка. Київ: Урожай, 2006. 248 с.
  8. Матвійчук О.А., Серебряков В.В. Орнітофауна Верхнього і Середнього Побужжя. Київ: Фітосоціоцентр, 2010. 284 с.
  9. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: підруч. Київ: Знання, 2005. 511 с.
  10. Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. Т. 60. №1. С. 6–17.
  11. Зелена книга України / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Альтерпрес, 2009. 448 с.
  12. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
  13. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І.А. Акімова. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
  14. Методичні рекомендації щодо визначення максимального рекреаційного навантаження на природні комплекси та об'єкти у межах природно-заповідного фонду України за зонально-регіональним розподілом. Київ: Вид-во Укр. фітосоціолог. центру, 2003. 51 с.
  15. Методичні рекомендації щодо проведення естетичної оцінки території з метою заповідання / Л.В. Пархісенко, В.А. Сесін. Київ: Київ. екол.-культ. центр, 2003. 28 с.

## REFERENCES

1. Mudrak, O.V. & Mudrak, G.V. (2020). *Zapovidna sprava [Protected area]*. Kherson: OLDI-PLUS [in Ukrainian].
2. Pro prurudno-zapovidnyy fond Ykrainu: Zakon Ukrainy vid 16.06.1992. № 2456-XII [On the Nature reserve fund of Ukraine: Law of Ukraine № 2456-XII of from June 16<sup>th</sup>, 1992] [in Ukrainian].
3. Mudrak, O.V. (Ed.), Mudrak, G.V. & Polishchuk, V.M. et al. (2015). *Etalony pryrody Vinnychyny: monohrafiya [Standards of nature of Vinnytsya: monograph]*. Vinnytsia: TOV «Konsol» [in Ukrainian].
4. Volovik, V.M., Mudrak, O.V. & Shkatula, Yu.M. (2007). Ekoloheoheografichna charakterystyka perspektyvnoho RLP «Serednye Pobuzhzhya» v mezhakh Skhidnoho Podillya [Ecological and geographical characteristics of the promising regional landscape park «Serednie Pobuzhzhia» within the boundaries of Eastern Podillia]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho derzhavnoho ahrarnoho universytetu — Collection of scientific works of the Vinnytsia state agrarian university*, 31, 28–40 [in Ukrainian].
5. Volovik, V.M., Mudrak, O.V. & Shkatula, Yu.M. (2008). Propozytsiyi ta rekomendatsiyi shchodo stvorennia rehional'nogo landshaftnoho parku «Serednye Pobuzhzhya» v mezhakh Skhidnoho Podillya [Proposals and recommendations for the creation of the regional landscape park «Serednie Pobuzhzhia» within the boundaries of Eastern Podillia]. *Zbirnyk naukovykh prats' Luhans'koho natsional'nogo ahrarnoho universytetu — Collection of scientific papers of the Luhansk National Agrarian University*, 82, 11–18 [in Ukrainian].
6. Volovik, V.M. & Mudrak, O.V. (2007). Kharakterystyka florystychnoho y faunistychnoho riznomanitya perspektyvnoho RLP «Serednye Pobuzhzhya» [Characteristics of the floristic and faunal diversity of the prospective regional landscape park «Serednie Pobuzhzhia»]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho derzhavnoho ahrarnoho universytetu — Collection of scientific works of the Vinnytsia state agrarian university*, 29, 19–30 [in Ukrainian].
7. Gordienko, M.I. (Ed.), Bondar, A.O., Krynytskyi, G.T. et al. (2006). *Lisovi nasadzhenyia Vinnychchyny [Forest plantations of Vinnytsia]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
8. Matviychuk, O.A. & Serebryakov V.V. (2010). *Ornito-fauna Verkh'n'oho i Seredn'oho Pobuzhzhya [Ornithofauna of the Upper and Middle Pobuzhia]*. Kyiv: Fito-sociotsentr, 284 p.
9. Marynich, O.M. & Shishchenko, P.G. (2005). *Phizichna geografiia Ukrainy [Physical geography of Ukraine]*. Kyiv: Znannya [in Ukrainian].
10. Didukh, Ya.P. & Sheliag-Sosonko, Yu.R. (2003). Heobotanichne rainuvannya Ukraini ta sumizhnikh teritorii [Geobotanical zoning of Ukraine and adjoining territories]. *Ukrainskii botanichnii zhurnal — Ukrainskii botanichnii zhurnal*, 60, 1, 6–17 [in Ukrainian].
11. Didukh, Ya.P. (Ed.). (2009). *Zelena knuga Ukrainu [Green book of Ukraine]*. Kyiv: AlterPres [in Ukrainian].
12. Didukh, Ya.P. (Ed.). (2009). *Chervona knuga Ukrainy. Roslunnyy svit [Red book of Ukraine. Plant world]*. Kyiv: Global consulting [in Ukrainian].
13. Akimov, I.A. (Ed.). (2009). *Chervona knuga Ukrainy. Tvarunnyy svit [Red Book of Ukraine. Animal world]*. Kyiv: Global consulting [in Ukrainian].
14. Ukrainian phytosociological center (2003). *Metodychni rekomendatsiyi shchodo vyznachennia maksimal'nogo rekreatsijnogo navantazhennia na pryrodni komplekxy ta obiekty u mezhakh pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy za zonal'no-rehional'nym rozpodilom [Methodological recommendations for determining the maximum recreational load on natural complexes and objects within the nature reserve fund of Ukraine according to zonal and regional distribution]*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Parkhisenko, L.V. & Sesson, V.A. (2003). *Metodychni rekomendatsiyi shchodo provedennia estetychnoyi otsinky terytoryi z metoyu zapovidannia [Methodological recommendations for carrying out an aesthetic assessment of the territory for the purpose of bequest]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 10.05.2024

## АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕЛІОРАТИВНИХ ЧИННИКІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ПОРУШЕНИХ ВОЄННИМИ ДІЯМИ

С.Г. Корсун<sup>1</sup>, В.А. Болоховська<sup>2</sup>, В.В. Болоховський<sup>2</sup>, Т.О. Хоменко<sup>2,3</sup>,  
Ю.П. Борко<sup>1</sup>, О.С. Дем'янюк<sup>4</sup>, Т.П. Костина<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ТОВ «Інститут прикладної біотехнології» (м. Київ, Україна)

e-mail: [korsuns@i.ua](mailto:korsuns@i.ua); ORCID: 0000-0001-8753-9356

e-mail: [yulia\\_borko@ukr.net](mailto:yulia_borko@ukr.net); ORCID: 0000-0002-6277-8980

<sup>2</sup>ТОВ «БТУ-ЦЕНТР» (м. Ладижин, Вінницька обл., Україна)

e-mail: [valent2006@ukr.net](mailto:valent2006@ukr.net); ORCID: 0009-0005-2728-4589

e-mail: [vlad@btu-center.com](mailto:vlad@btu-center.com); ORCID: 0009-0007-0074-6362

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

(м. Київ, Україна)

e-mail: [volyata@gmail.com](mailto:volyata@gmail.com); ORCID: 0000-0003-4095-3706

<sup>4</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: [demolena@ukr.net](mailto:demolena@ukr.net); ORCID: 0000-0002-4134-9853

e-mail: [kostyna.taras@gmail.com](mailto:kostyna.taras@gmail.com); ORCID: 0009-0007-4009-5576

Збройна агресія РФ призвела до руйнації рівноваги в агроєкосистемах України. Метою роботи було з'ясувати агроєкологічні наслідки порушення ґрунту агроценозу внаслідок вибуху боеприпасів та обґрунтувати застосування меліоративних чинників для відновлення родючості ґрунту. Для розв'язання поставлених завдань проведено вегетаційні дослідження на базі ТОВ «Інститут прикладної біотехнології». Зразки ґрунту для експерименту відібрано на звільнених територіях Харківської обл., що постраждали від воєнних дій. Експертиза ґрунту, порушеного вибухом боеприпасів, виявила зміни агрохімічних, біологічних і токсикологічних показників порівняно з контрольною ділянкою агроценозу. Кількість гумусу зменшилась на 39–46%, гідролізного азоту — на 30–38, мінерального азоту — 36–48, натомість забезпеченість рухомих калієм зростає на 115–139%. Виявлено в ґрунті значні перевищення за вмістом важких металів: уміст Купруму підвищився втричі, Плюмбуму — 1,5 рази, Ніколу — 2,7 рази, Кадмію — 2,5 рази. Мікробіологічні процеси характеризувались зростанням коефіцієнтів мінералізації–імобілізації, оліготрофності, недотрофності та зниженням показника трансформації органічної речовини. Відповідно до змін, що сталися, було запропоновано меліоративні чинники, вплив яких скеровано на відновлення родючості ґрунту. Застосування як меліорантів: азотно-фосфорного мінерального добрива, соломи пшениці озимої як органічного добрива та біологічного препарату Екостерн detox сприяло поліпшенню агрохімічних властивостей ґрунту та оптимізувало спрямованість мікробіологічних процесів, але не мало системного впливу на зміну кількості рухомих форм важких металів. Позитивна дія меліорації на ґрунтове середовище підтверджена біотестом. За комбінування досліджуваних чинників меліорації висота рослин кукурудзи на стадії ВВСН 14 зростала на 14,3–18,1%, надземна маса — на 24–46,2, маса коренів — 13,3–14,3% порівняно з контролем. Найвищий приріст у розвитку фотосинтетичного апарату та кореневої системи було за застосування всього комплексу меліорантів. Отримані результати узгоджуються з результатами аналізу ґрунту, оскільки за суцільного внесення біопрепарату Екостерн detox, мінеральних добрив і соломи відбулось істотне поліпшення як агрохімічних, так і біологічних показників ґрунту, порівняно з контролем та іншими варіантами дослідів.

**Ключові слова:** біопрепарат, мінеральні добрива, солома, агрохімічні показники, мікробіологічні процеси, важкі метали, біометричні показники, інтенсивність флуоресценції хлорофілу.

## ВСТУП

Світова спільнота визначає вплив наслідків військових дій на навколишнє природне середовище як актуальну проблему сучасності, яка не має кордонів. Повномасштабні бойові дії, які тривають в Україні з лютого 2022 р., завдають непомірної шкоди життю людей, загрожують вагомими порушеннями в екосистемах та мають не прогнозовані наслідки. Вразливим компонентом екосистеми є верхня оболонка педосфери — ґрунт, який будучи продуктом тривалого педогенезу має особливу історичну пам'ять щодо антропогенних впливів. Саме ґрунт є базисом та основою функціонування для агроєкосистем, його стан перспективно визначає взаємозв'язок між біотичною і абіотичною компонентами.

Варто зважати, що воєнні дії спричиняють порушення ґрунтів та зміну як фізичних і хімічних параметрів, так і біологічних властивостей. Зміни фізичного стану відбуваються за механічного і пірогенного впливів, пов'язаних із деформацією рельєфу, зміною гідрологічного режиму тощо. Хімічні властивості змінюються через надходження до ґрунту неорганічних сполук, зокрема важких металів, та органічних, що найчастіше представлені вибуховими речовинами.

Інтегральним показником для оцінювання реальних порушень ґрунтового покриву в агроєкосистемах, спричинених воєнними діями, крім фізико-хімічних і еколого-токсикологічних показників є стан сільськогосподарських рослин, вирощених на цих ґрунтах. Тому дослідження в агроєкосистемах, що зазнали впливу воєнних дій, мають поєднувати спостереження за змінами характеристик ґрунтового покриву, рослинності та прогнозуванні заходів із відновлення рівня екологічної рівноваги та її наближення до природного стану.

**Мета роботи** — з'ясувати агроєкологічні наслідки порушення ґрунту агроценозу внаслідок вибуху боеприпасів та обґрунтувати застосування меліоративних чинників для відновлення родючості ґрунту.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Навколишнє середовище вважають основною рушійною силою будь-якої екосистеми. Функції агроєкосистеми безпосередньо залежать від біофізичних та біохімічних реакцій на межі поділу ґрунт – мікроорганізми – рослини [1]. Зміна властивостей одного з цих компонентів викликає порушення рівноваги у всій системі. Такі зміни найчастіше є результатом підвищення антропогенного навантаження.

Одним із найпотужніших видів впливу на компоненти природних і аграрних екосистеми є ведення військових дій. Проблема впливу військових дій на навколишнє природне середовище України та екологічний стан набула особливої актуальності з початком російської збройної агресії [2]. За прогнозами закордонних науковців це загрожує біорізноманіттю України в довгостроковій перспективі та призведе до зниження екосистемних послуг [3; 4]. У роботах вітчизняних науковців переважають два основних аспекти: перший — встановлення і обговорення екосистемних змін, унаслідок погіршення стану навколишнього природного середовища в умовах війни [5; 6], а другий — розробка конкретних рішень для подолання проблем, що виникли під час війни та існуватимуть у повоєнний період [7; 8].

У сучасних наукових роботах зауважують, що воєнні дії спричиняють низку механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив і це призводить до зміни структури й функцій ґрунтової екосистеми [9]. За таких умов водночас відбувається фізична, хімічна, фізико-хімічна і біологічна деградація ґрунтів [7]. Так, у зоні бомботрубації порушення ґрунту виражається у перевідкладенні, переміщенні, ущільненні, деформації та забрудненні [10]. А зміна хімічного статусу ґрунту є незмінним наслідком порушень, пов'язаних із вибухом. Структура зміни включає як зміщення акцентів у поживному режимі, кислотно-основному потенціалі, так і забрудненні низкою токсичних сполук, які містяться в боеприпасах [11–13]. Серед та-

ких незмінним компонентом є важкі метали [14; 15]. Це підтверджено низкою комплексних досліджень ґрунтів 2022–2023 рр. у Сумській, Харківській, Львівській, Київській обл. [16].

Порушення верхнього шару педосфери внаслідок бомботрубації вносить корективи в структуру і чисельність мікробного пулу ґрунту. Це поглиблює деградаційний процес, оскільки саме ґрунтові мікроорганізми забезпечують певні етапи кругообігу біогенних елементів та підтримку гомеостазу біогеоценозу [8; 17].

Однією з найважливіших функцій ґрунту в агроекосистемах є здатність забезпечити оптимальні умови для росту і розвитку рослин, їх фотосинтетичного апарату та формування продуктивності. Втім, вище зазначені деградаційні процеси в агроекосистемах і безпосередньо в ґрунті не забезпечують повною мірою виконання цих важливих функцій. Порушення ґрунтового середовища внаслідок воєнних дій змінюють умови розвитку фітоценозу [18]. Території, що постраждали від збройної агресії, потребують рекультивації, меліорації та ремедіації ґрунтів.

Науковці зазначають, що серед найдієвіших заходів меліорації ґрунтів в агроценозах є відновлення реакції середовища за допомогою вапнування чи гіпсування; використання мінеральних та органічних добрив для забезпечення генетично обґрунтованого поживного режиму й частки органічної речовини в ґрунті; корегування мікробного ценозу шляхом внесення відповідних біопрепаратів [7; 8; 17]. Це буде сприяти розвитку кореневої системи та формуванню фотосинтетичного апарату рослин, поліпшенню фітосанітарного стану ґрунту. Успішне функціонування біотичної складової в агроекосистемі буде поштовхом до відновлення верхнього шару педосфери, відповідно умов навколишнього природного середовища.

Отже, аналіз низки наукових джерел свідчить, що для відновлення функцій агроекосистем, порушених унаслідок воєнних дій, насамперед необхідно забезпечити відтворення природних агрохімічних ха-

рактеристик ґрунту, його біологічних властивостей та екоотоксикологічного статусу, що може бути досягнуто застосуванням відповідного комплексу меліоративних заходів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для розв'язання поставлених завдань було проведено вегетаційні дослідження на базі ТОВ «Інститут прикладної біотехнології» (ТОВ «ІПБ»). Ґрунти для експерименту було відібрано на звільнених територіях Харківської обл., що постраждали від воєнних дій. Відбирання та доставку зразків ґрунтів із агроценозів у ТОВ «ІПБ» здійснено за співробітництва з науковцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Досліджували ґрунти з локації, де ґрунт був порушений вибухом боєприпасів і утворилась вирва. Проби брали з шару 0–20 см на трьох площадках: на краю вирви — «край вирви», на дні заглибини — «центр вирви» і ділянка на відстані близько 20 м від краю вирви — «контрольна ділянка».

У *табл. 1 і 2* представлено результати аналізу зразків ґрунту до початку експерименту.

На контрольній ділянці ґрунт мав високий уміст гумусу, дуже низьку забезпеченість гідролізним і низьку мінеральним нітрогеном, середню за фосфором і підвищену за калієм. Після вибуху відбулось зрушення генетичних горизонтів і найродючіший верхній шар змішався з нижніми горизонтами. Тому на краю вирви та в центрі кількість гумусу зменшилась на 2%, гідролізованого Нітрогену — на 20–30 мг/кг, мінерального — на 8–10 мг/кг ґрунту. Глибші горизонти ґрунту цього агроландшафту були збагаченими на рухомі сполуки Фосфору і Калію, тому кількість рухомих фосфатів на поверхні не знизилась, а в центрі вирви навіть підвищилась на 10 мг/кг. Уміст Калію на порушених ділянках зріс більше ніж удвічі, порівняно з ґрунтом агроценозу, а також відмічено чітку тенденцію до зростання кількості рухомих форм важких металів, які визначали в досліді.



Таблиця 1. Стан агрохімічних показників родючості ґрунту на ділянках, визначених для дослідження

Місце відбору проби ґрунту	рН <sub>сол.</sub>	Гумус, %	Вміст					
			Нітрогену				рухомих сполук	
			гідролізованого	нітратного	амонійного	мінерального	Фосфору	Калію
			мг/кг ґрунту					
«Край вирви»	7,4	2,73	53,9	9,8	3,8	13,6	26,0	537,0
«Центр вирви»	7,4	2,42	47,6	8,3	2,7	11,0	35,0	598,0
«Контрольна ділянка»	7,4	4,47	77,0	18,2	3,1	21,3	25,0	250,0

Таблиця 2. Вміст важких металів та мікроелементів у ґрунтах дослідних ділянок

Місце відбору проби ґрунту	Важкі метали та мікроелементи						
	Cu	Zn	Cd	Ni	Cd	Mn	Fe
	ацетатно-амонійна витяжка, мг на кг ґрунту						
«Край вирви»	0,42	1,0	3,3	2,7	0,27	11,6	2,9
«Центр вирви»	0,45	1,0	3,5	2,4	0,32	12,2	3,4
«Контрольна ділянка»	0,14	0,9	2,2	1,0	0,11	10,3	1,1
ГДК	3	23	6	4	0,7	140	—

Зважаючи на зміну агрохімічний стану та очевидне зростання важких металів у порушеному ґрунті, було запропоновано варіанти для меліорації ґрунтів та поступового відновлення їхнього потенціалу родючості (табл. 3). У досліді використано солому пшениці озимої еквівалентно кількості 2 т/га, як мінеральне добриво — сіль  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  у нормі внесення 275 кг/га, що відповідало  $\text{P}_2\text{O}_5$  близько 150 кг/га і N — 60 кг/га, біологічний препарат мікробного походження Екостерн detox — 1,5 л/га.

Стратегія підбору меліорантів передбачала позитивний вплив соломи на підвищення в ґрунті гумусу та відповідне розширення ґрунтового вбирного комплексу, що зменшить рухомість важких металів. Азотно-фосфорне добриво призначено сприяти відновленню втраченого Нітрогену і підвищенню вмісту фосфатів, здатних зв'язувати важкі метали у нерозчинні сполуки, сприяти розвитку кореневої системи і фотосинтетичного апарату рослин. Біопрепарат Екостерн detox збагачує ґрунт агрономічно-корисною мікробіотою, що

поліпшує фітосанітарний стан ґрунту, пришвидшує руйнування токсинів органічної природи та ефективне перетворення рослинних решток.

Ґрунт із меліорантами компостували впродовж 90 діб у лабораторних умовах за температури 20–22°C та повної польової вологості. Як тестову культуру використано кукурудзу (гібрид ДКС-3711). Рослини вилучили з ґрунту на 14 стадії за ВВСН.

У ґрунті після завершення експерименту визначали агрохімічні показники, вміст важких металів, зміни у структурі мікробіому і спрямованість мікробіологічних процесів. Рослинний матеріал аналізували за основними біометричними показниками та оцінювали активність хлоропластів, визначаючи інтенсивність флуоресценції хлорофілу за використання приладу «Флоратест». За результатами вимірів було побудовано криві Каутського та розраховано низку показників, зміст яких є таким:

$F_0$  — фоновая флуоресценція — залежить від втрат енергії збудження під час міграції

пигментною матрицею, а також від вмісту молекул хлорофілу, які не мають функціонального зв'язку з реакційними центрами;

$F_{\max}$  — характеризує *найвищий рівень флуоресценції хлорофілу*, що рееструється у вигляді максимуму на індукційній кривій (крива Каутського);

$F_{\text{st}}$  — *стаціонарний рівень флуоресценції* (рівень — steady-state), який характеризується динамічною рівновагою між процесами, які зумовлюють збільшення флуоресценції та процесами, які призводять до її зменшення;

$F_v$  — *варіабельна флуоресценція* ( $F_{\max} - F_0$ ). Параметр оцінювання індукції флуоресценції хлорофілоносних тканин;

$F_v/F_{\max}$  — відображає *потенційну квантову ефективність ФС2*, використовують як індикатор продуктивності фотосинтезу. Оптимальним для більшості видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, є значення, що не перевищує 0,83;

$(F_{\max} - F_{\text{st}})F_{\text{st}}$  — за параметром оцінюють *ефективність циклу Кальвіна*;

$F_{\text{st}}/F_0$  — *показник ефективності перетворення поглиненої енергії світла* рослиною в хімічну енергію за допомогою фотосинтезу.

Усі хіміко-аналітичні дослідження проведено за методиками, що відповідають нормативній базі України: рН — за ДСТУ ISO10390:1994, вміст гумусу — ДСТУ 4289:2004, гідролізованого азоту — ДСТУ 7863:2015, мінерального азоту — ДСТУ 4229-1:2007, рухомих сполук фосфору і калію (за Мачигінім) — ДСТУ 4114:2002. Уміст у ґрунті рухомих форм важких металів та мікроелементів визначали у співпраці з ННЦ «Із НААН» за ДСТУ 4770.6:2007, ДСТУ 4770.2:2007, ДСТУ 4770.7:2007, ДСТУ 4770.8:2007, ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.9:2007 у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті проводили загальноприйнятими методами в ґрунтовій мікробіології.

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті характеризували за відповідними коефіцієнтами: мінералізації ( $K_{\text{м-і}}$ ), оліготрофності ( $K_{\text{ол}}$ ), педотрофності ( $K_{\text{п}}$ ) і трансформації органічної речовини ( $K_{\text{тор}}$ ) [19].

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних здійснено згідно з В.О. Єщенко [20].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Застосування меліоративних заходів спрямовано на поліпшення стану ґрунту. Тому на першому етапі наших досліджень визначали зміни агрохімічних властивостей ґрунту за застосування біопрепарату Екостерн detox як окремо, так і в поєднанні з органічними і мінеральними добривами. Встановлено, що застосування лише біопрепарату Екостерн detox на ґрунтах із різних ділянок не поліпшило забезпеченість рослин мінеральним азотом, а вміст рухомих сполук Фосфору і Калію змінювався в незначних межах, порівняно з контролем (див. *табл. 3*).

Натомість, відмічено чітку тенденцію до зростання вмісту гумусу, а в ґрунті «центр вирви» і «контрольна ділянка» — підвищення гідролізованого азоту. Накопичення азоту в амідній формі (гідролізований азот) підтверджує позитивні зміни у мікробному ценозі, що сприяють ефективній трансформації відмерлих органічних решток, зростанню вмісту лабільних гумусових речовин в ґрунті.

Це підтверджено результатами мікробіологічних досліджень. Адже, згідно з одержаних результатів, у варіантах із внесенням Екостерн detox, зросла біогенність, ґрунту знизилась напруженість мінералізаційних процесів ( $K_{\text{м-і}}$ ), оптимізувались процеси перетворення гумусових речовин ( $K_{\text{п}}$ ), підвищилась трансформація органічних речовин ( $K_{\text{тор}}$ ) порівняно з контролем (*табл. 4*).

За посилення інтенсивності меліоративних заходів шляхом внесення до ґрунту азотно-фосфорного добрива сумісно з Екостерн detox поживний режим ґрунту

Таблиця 3. Агрохімічні властивості ґрунтів за використання чинників меліорації

Місце відбору проби ґрунту	Варіант досліджу	Гумус, %	Гідролізований азот	Мінеральний азот	Рухомий Фосфор	Рухомий Калій
			мг/кг ґрунту			
«Край вирви»	Контроль	2,75	56,0	7,5	28,0	493,0
	Екостерн detox	2,78	53,9	6,3	25,0	508,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	2,90	52,5	12,1	69,0	478,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	2,82	62,3	10,5	82,0	513,0
«Центр вирви»	Контроль	2,44	46,9	8,7	38,0	576,0
	Екостерн detox	2,56	53,2	7,4	38,0	568,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	2,54	51,8	32,9	80,8	556,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	2,53	53,2	16,5	98,0	513,0
«Контрольна ділянка»	Контроль	4,50	75,6	10,9	25,0	236,0
	Екостерн detox	4,51	77,0	10,3	28,0	234,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	4,52	72,8	36,2	33,0	232,0
	Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	4,57	73,5	17,7	46,5	234,0
НІР <sub>05</sub>		0,83	9,8	8,9	23,4	131,0

різко поліпшився. Кількість мінерального азоту збільшилась двічі — у чотири рази, рухомого Фосфору — до 33,0–80,8 мг/кг за 25–38 мг/кг ґрунту у контролі.

Забезпеченість рухомими сполуками Калію мала тенденцію до зниження, що є наслідком іммобілізації цього макроелемента біотичною компонентою ґрунту, активність якої підвищилась за збагачення живлення азотно-фосфорними сполуками. В цих трьох варіантах досліджу також простежується тенденція підвищення вмісту гумусу, але кількість гідролітичних форм азоту зростала лише у варіанті ґрунту «центр вирви». Отримані результати узгоджуються з спрямуванням мікробіологічних процесів, які характеризуються зміною коефіцієнтів мінералізації – іммобілізації, оліготрофності, педотрофності, трансформації органічної речовини. За даними *табл. 4* сумісне

застосування мінерального добрива і препарату Екостерн detox дещо поліпшувало стан мікробного ценозу та ефективність трансформації органічних речовин у ґрунтах, відібраних із трьох експериментальних ділянок, порівняно з контролем. Втім, доповнення біопрепарату внесенням мінеральних нутрієнтів значно посилило напруженість мінералізаційних процесів ( $K_{m-i}$ ) на порушених ґрунтах, порівняно з варіантами, де внесено лише Екостерн detox. Закономірно, що і ефективність трансформації органічних речовин у цих варіантах знизилась, що підтверджується зменшенням значень  $K_{top}$  із 50,4 і 26,3 за внесення Екостерн detox до 21,5 і 17,1 (відповідно) за доповнення біологічного компонента мінеральним удобренням.

За гіпотезою нашого експерименту найдоцільнішим під час відновлення родючості

Таблиця 4. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунтах, порушених воєнними діями, за використання чинників меліорації

Місце відбору проби ґрунту	Варіант досліджу	Біогенність ґрунту	Коефіцієнти			
			мінералізації – іммобілізації ( $K_{m-i}$ )	оліготрофності ( $K_{ol}$ )	педотрофності ( $K_p$ )	трансформації органічної речовини ( $K_{top}$ )
«Край вирви»	Контроль	142,1	1,77	3,37	2,57	17,5
	Екостерн detox	164,2	0,74	1,94	1,77	50,4
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$	143,8	1,28	2,72	2,75	21,5
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$ + солома	149,0	0,75	1,77	1,70	44,2
«Центр вирви»	Контроль	114,1	2,36	2,70	2,33	12,0
	Екостерн detox	123,7	1,07	2,86	1,26	26,3
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$	122,1	1,80	3,44	1,90	17,1
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$ + солома	144,8	1,20	2,60	1,45	28,6
«Контрольна ділянка»	Контроль	86,5	0,94	1,48	1,21	25,9
	Екостерн detox	112,6	0,94	1,08	1,15	35,5
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$	94,7	0,94	1,50	1,22	29,2
	Екостерн detox + $(NH_4)_2HPO_4$ + солома	106,4	0,95	1,14	1,23	30,4

ґрунтів, що постраждали від вибухів, є застосування комплексного меліоративного заходу, що передбачає внесення органічних і мінеральних добрив, а також біологічних препаратів. У варіантах із сумісним внесенням соломи, азотно-фосфорного добрива і Екостерн detox спостерігали підвищення рівня забезпеченості ґрунту мінеральним азотом, рухомими сполуками Фосфору порівняно з контролем, а у ґрунті з ділянки «край вирви» – навіть рухомими сполуками Калію. Втім, темпи накопичення азоту за додавання соломи до мінеральних нутрієнтів і біопрепарату знизались, оскільки, очевидно, частина мінерального азоту була іммобілізована мікробіотою, яка різко підвищила свою активність за достатньої кількості джерела Карбону –

соломи. Непрямим доказом такої активності є вищий, ніж у інших варіантах рівень вмісту рухомих сполук Фосфору. Адже продукти життєдіяльності більшості мікроорганізмів попереджують процеси ретроградації Фосфору і вміст доступних сполук зростає. Варіанти із застосуванням усього комплексу меліоративних засобів відзначались тенденцією до накопичення гумусу, а в ґрунтах із ділянок «край вирви» і «центр вирви» відмічено зростання гідролізного азоту. Про збалансованість процесів деструкції і синтезу органічних речовин свідчить підвищення біогенності ґрунту та оптимізація коефіцієнтів мінералізації – іммобілізації, оліготрофності, педотрофності, трансформації органічної речовини не лише відносно до контролю,

а й до варіантів із унесенням мінеральних нутрієнтів без соломи.

Після завершення експерименту було визначено кількість важких металів та мікроелементів у ґрунті (табл. 5).

Встановлено, що вміст у ґрунті Купруму, Цинку, Плюмбуму, Ніколу, Кадмію, Магнуму як ділянки агроценозу непорушеної вибухом, так і тих ділянок, що постраждали від вибуху, не перевищував гранично допустимої концентрації цих металів, передбаченої нормативними документами України. Однак у зразках ґрунту з ділянок «край вирви» і «центр вирви» виявлено перевищення Купруму в 2,1–2,7 раза, Цинку – в 1,7–2,7, Плюмбуму – в 1,7–2,8, Ніколу – в 2,4–3,6, Кадмію – в 1,5–2,3, Магнуму – 1,5–2,0 рази порівняно з контролем. Внесення біологічного препарату Екостерн detox, мінерального добрива і соломи не мало системного впливу на змі-

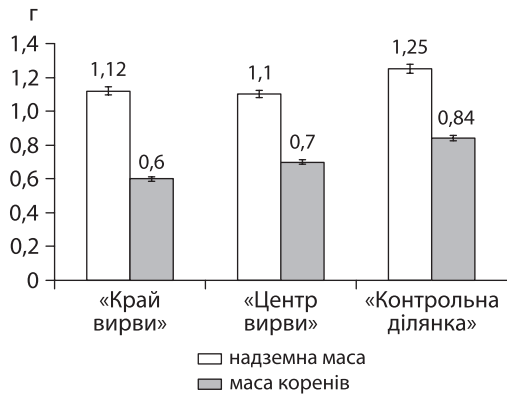
ну кількості рухомих форм важких металів у ґрунтах.

Інтегральним показником якості ґрунту є стан рослин, вирощених на ньому. В наших дослідженнях для тестування ґрунтового середовища використано кукурудзу. Потребу у залученні меліоративних заходів на ґрунтах, порушених вибухом було підтверджено тестовою культурою. Рослини, які виростили на ґрунтах із ділянок «край вирви» і «центр вирви» без застосування чинників поліпшення ґрунту (ґрунти контролю у досліді), мали гірший на 10–12% розвиток фотосинтетичного апарату та на 17–29% коренів, порівняно з непорушеною ділянкою (рис.).

Водночас встановлено, що як окреме, так і сумісне застосування меліорантів для поліпшення ґрунту, відібраного на ділянці «край вирви», є ефективним вже на перших етапах росту і розвитку рослин куку-

Таблиця 5. Вміст важких металів та мікроелементів у ґрунтах, порушених воєнними діями, за використання чинників меліорації

Варіанти досліді	Рухомі форми, мг/кг						
	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Mn	Fe
<i>«Краї вирви»</i>							
Контроль	0,39	0,5	3,8	1,3	0,24	11,0	3,5
Екостерн detox	0,37	0,8	3,0	1,4	0,18	14,2	3,9
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,42	0,8	3,4	1,2	0,21	11,5	3,3
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + солома	0,37	0,6	3,1	1,2	0,26	11,0	3,6
<i>«Центр вирви»</i>							
Контроль	0,44	0,6	4,4	1,5	0,25	15,8	4,5
Екостерн detox	0,47	0,6	4,3	1,6	0,24	16,0	4,3
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,43	0,5	4,4	1,6	0,26	13,6	3,6
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + солома	0,48	0,5	5,0	1,8	0,27	17,7	3,6
<i>«Непорушений ґрунт»</i>							
Контроль	0,18	0,3	1,8	0,5	0,12	8,9	1,3
Екостерн detox	0,17	0,4	1,6	0,4	0,11	8,1	1,7
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,15	0,3	1,8	0,5	0,11	8,8	1,4
Екостерн detox + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + солома	0,19	0,4	1,7	0,6	0,11	8,8	1,7
ГДК	3,0	23,0	6,0	4,0	0,7	140,0	–



Біомаса рослин кукурудзи, отримана на ґрунтах, порушених воєнними діями, без застосування меліорантів, г/роsl.

рудзи (табл. 6). Рослини на стадії ВВСН 13–14 переважали контроль за висотою на 5–22% та ВВСН 14 – на 10–18%, а за накопиченою надземною масою – на 7–24%. Найвищий приріст у розвитку фотосинтетичного апарату та кореневої системи було досягнуто у варіанті із застосуванням усього комплексу меліорантів. Отримані результати узгоджуються з результатами аналізу ґрунту. Адже саме за сумісного внесення Екостерн detox, мінеральних добрив та соломи відбулось істотне поліпшення як агрохімічних, так і біологічних показників ґрунту, порівняно з контролем та іншими варіантами досліду.

Рослини, вирощені на ґрунті, відібраному в центрі вирви, позитивно реагували на застосування меліоративних заходів. Вже на стадії розвитку ВВСН 12 приріст

Таблиця 6. Біометричні показники рослин кукурудзи за використання чинників меліорації на ґрунтах, порушених воєнними діями

Місце відбору проби ґрунту	Варіант досліду	Висота рослин, см			Маса рослини, г, ВВСН 14	
		ВВСН 12	ВВСН 13–14	ВВСН 14	надземна	коренів
«Край вирви»	1 – Контроль	13,3	18,7	20,5	1,12	0,6
	2 – Екостерн detox	12,8	20,5	22,6	1,20	0,49
	3 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	12,9	22,0	24,2	1,26	0,66
	4 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	13,6	22,9	24,2	1,39	0,68
«Центр вирви»	5 – Контроль	10,7	17,6	19,2	1,10	0,70
	6 – Екостерн detox	12,0	18,8	20,5	1,20	0,73
	7 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	11,4	19,7	21,3	1,27	0,61
	8 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	12,5	20,1	22,0	1,61	0,80
«Контрольна ділянка»	9 – Контроль	12,2	19,1	21,6	1,25	0,84
	10 – Екостерн detox	12,2	18,7	20,3	1,18	0,72
	11 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	11,3	19,5	22,0	1,31	0,67
	12 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	11,2	19,7	21,9	1,16	0,70
НІР <sub>05</sub>		0,52	0,73	0,72	0,06	0,08

висоти до контролю становив 6–13%, на стадії ВВСН 13–14 – 7–12% і ВВСН 14 – 14–17%, а надземна маса зросла на 9–46%. У варіанті з унесенням Екостерн detox виявлено краще стимулювання ростових процесів (13–17% приросту), але найвищу потужність розвитку фотосинтетичного апарату (46% приросту) та кореневої системи (14% приросту) відмічено у варіанті із застосуванням усіх засобів меліорації. З огляду на те, що за внесення мінеральних нутрієнтів сумісно з біологічним препаратом отримано вдвічі кращу забезпеченість мінеральним азотом за схожих рівнів фосфорно-калійного живлення, оптимальніші умови для розвитку рослин ку-

курудзи було виявлено саме за доповнення комплексу меліорантів соломою. Отже, внесення в ґрунт із центру вирви повного комплексу меліорантів, запропонованих у досліді, сприяло екологічно доцільнішій взаємодії між біотичною і абіотичною компонентами ґрунту, що підтверджено результатами мікробіологічного аналізу та розвитком рослин.

Важливо відмітити, що за вирощування рослин кукурудзи на ґрунті, не порушеному вибухами, ефективність застосованих чинників меліорації була значно нижчою, ніж на ґрунтах із ділянок «край вирви» і «центр вирви». Тенденцію до стимулювання росту рослин виявлено на стадії ВВСН

Таблиця 7. Інтенсивність флуоресценції хлорофілу кукурудзи за використання чинників меліорації ґрунту, порушеного воєнними діями

Варіанти дослідів	Параметри інтенсивності флуоресценції хлорофілу						
	$F_0$	$F_{\max}$	$F_{st}$	$F_v$	$F_v/F_{\max}$	$(F_{\max} - F_{st})/F_{st}$	$F_{st}/F_0$
	умовні одиниці (у.о.)						
<i>«Край вирви»</i>							
1 – Контроль	123	1307	597	1184	0,91	1,19	4,87
2 – Екостерн detox	149	1573	597	1424	0,91	1,63	4,00
3 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	128	1429	624	1301	0,91	1,29	4,88
4 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	144	1461	496	1317	0,9	1,95	3,44
<i>«Центр вирви»</i>							
1 – Контроль	128	1547	619	1419	0,92	1,5	4,83
2 – Екостерн detox	128	1440	581	1312	0,91	1,48	4,45
3 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	149	1547	517	1397	0,9	1,99	3,46
4 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	144	1397	528	1253	0,9	1,65	3,67
<i>«Непорушений ґрунт»</i>							
1 – Контроль	133	1387	581	1253	0,9	1,39	4,36
2 – Екостерн detox	128	1547	608	1419	0,92	1,54	4,75
3 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	144	1573	517	1429	0,91	2,04	3,59
4 – Екостерн detox + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ + солома	128	1403	571	1275	0,91	1,46	4,46

13–14 і ВВСН 14 у варіантах із внесенням мінеральних нутрієнтів і комбінування мінеральних нутрієнтів із соломкою на фоні застосування біологічного препарату. Приріст до контролю становив 2,2%; 3,2 та 1,6; 1,3%, відповідно. Розвиток фотосинтетичного апарату рослин переважав контроль лише у варіанті поєднання Екостерн detox із мінеральними нутрієнтами, приріст сягав 4,6%. Серед причин, що нівелювали дію чинників меліорації на розвиток фітоценозу варто вказати на загалом меншу за безпеченість ґрунту з «контрольної ділянки» рухомими сполуками Фосфору, Калію, мікроелементами і мали нижчу біогенність ґрунту, порівняно з порушеним ґрунтом.

Активність фотосинтетичної системи у рослин кукурудзи визначали за параметрами інтенсивності флуоресценції хлорофілу (ІФХ) на стадії ВВСН 12–13, тобто на самому початку розвитку рослин. Результати вимірів – криві Каутського, покладено в основу розрахунку параметрів ІФК, наведених у *табл. 7*.

Установлено, що рослини, культивовані без внесення меліорантів на ґрунтах «край вирви» і «центр вирви» мали вищий рівень стресу, порівняно з «контрольною ділянкою», що визначено тенденцією до зростання показника  $F_0$  і свідчить про потребу у проведенні меліоративних заходів. Утім, на цьому етапі розвитку застосування біологічних і мінеральних добрив додатково підвищувало стрес у рослин на ґрунті «край вирви». На ґрунті «центр вирви» рослини не відчували стресу за внесення біопрепарату Екостерн detox, а на ґрунті з «контрольної ділянки» у рослин знижувався стрес за внесення лише препарату Екостерн detox і за використання всього комплексу меліорантів.

Збільшення значень показників  $F_{\max}$  і  $F_v$  за застосування чинників меліорації у варіантах «край вирви» і «контрольної ділянки» показує підвищення активності хлорофілу в листках кукурудзи.

За параметром  $(F_{\max} - F_{st})/F_{st}$  оцінюють ефективність циклу Кальвіна, тобто про-

дуктивне використання поглинутих квантів енергії. Застосування досліджуваних чинників меліорації на всіх ґрунтах, незалежно від рівня їх порушеності, сприяло підвищенню ефективності циклу Кальвіна, порівняно з варіантами без внесення добрив і біопрепарату Екостерн detox. Однак параметр  $(F_{st}/F_0)$ , що є показником того, наскільки ефективно рослина перетворює поглинену енергію світла в хімічну енергію за допомогою фотосинтезу, у деяких випадках свідчить про невикористані резерви процесу.

Показник  $F_v/F_{\max}$ , який залежить від ефективності фотохімічних реакцій ФС2 і відображає потенційну квантову ефективність ФС2, знаходився в межах 0,9–0,92 у.о., що є близьким до оптимуму (0,8–0,83 у.о.) у всіх варіантах досліджу.

## ВИСНОВКИ

Агрохімічні і екотоксикологічні дослідження ґрунту, порушеного внаслідок вибуху боеприпасів на території Харківської обл., виявили істотні зміни його показників порівняно з контрольною ділянкою агроценозу: зменшення вмісту гумусу на 39–46%, гідролізного азоту – на 30–38%, мінерального азоту – 36–48%, та збільшення вмісту рухомих сполук Калію на 115–139%, Купруму – в 3 рази, Плюмбуму – в 1,5 рази, Ніколу – в 2,7 рази, Кадмію – в 2,5 рази.

Застосування як меліоранта азотно-фосфорного мінерального добрива, соломи як органічного добрива та біологічного препарату Екостерн detox сприяло поліпшенню агрохімічних властивостей ґрунту та оптимізувало спрямованість мікробіологічних процесів, але не мало системного впливу на зміну вмісту рухомих форм важких металів.

Позитивну дію меліорації на ґрунтове середовище підтверджено біотестом. За комбінування досліджуваних чинників меліорації висота рослин кукурудзи зростала на 14,3–18,1%, надземна маса рослин – на 24–46,2, маса коренів – на 13,3–14,3%.



## ЛІТЕРАТУРА

- Aqeel M., Ran J., Hu W. et al. Plant-soil-microbe interactions in maintaining ecosystem stability and coordinated turnover under changing environmental conditions. *Chemosphere*. 2023. Vol. 318. P.137924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137924>.
- Fedenko V.S. Transformation of vegetation under the conditions of the impact of military actions on the natural environment in Ukraine: A review. *Ecology and Noospherology*. 2023. Vol. 34 (2). P. 101–107. DOI: <https://doi.org/10.15421/032315>.
- Rawtani D., Gupta G., Khatri N. et al. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Sci Total Environ*. 2022. Vol. 850. P. 157932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>.
- Costa J.P., Silva A.L., Barcelo D. et al. Threats to sustainability in face of post-pandemic scenarios and the war in Ukraine. *Sci Total Environ*. 2023. Vol. 892. P. 164509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164509>.
- Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О., Соловей В.Б. Оцінювання впливу збройної агресії рф на ґрунтовий покрив України. *Український географічний журнал*. 2024. № 1. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>.
- Кучер А. Методика оцінювання збитків, завданих збройною агресією земельному фонду та ґрунтам: проблеми та напрями вдосконалення. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2022. Вип. 6. № 2. Р. 10. DOI: <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10>.
- Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О. та ін. Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наукова доповідь. Харків: ФОП Бровін О.В., 2022. 102 с.
- Захист і відновлення екологічної рівноваги та забезпечення самовідновлення екосистем: кол. моногр. / за ред. Т.О. Чайки. Полтава: ПП Астроя, 2023. 308 с.
- Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.
- Bonchkovskiy O.S., Ostapenko P.O., Shvaiko V.M. and Bonchkovskiy A.S. Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geoecology*. 2023. Vol. 32(3). P. 474–487. DOI: <https://doi.org/10.15421/112342>.
- 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(21). P. 9002. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12219002>.
- Pichtel J. Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Appl. Environ. Soil Sci*. 2016. Vol. 2012. 617236.
- Fayiga A.O. Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environ. Chem*. 2019. Vol. 16. P. 81–91.
- Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidences from the field and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 902. P. 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>.
- Солоха М.О., Смірнова К.Б., Винокурова Н.В., Семенцова К.О. Варіабельність геохімічного та гранулометричного складу ґрунтів Лісостепу України під впливом бойових дій. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 14. С. 109–116.
- Дмитренко О.В., Дем'янюк О.С., Погоріла Л.П. та ін. Екотоксикологічна оцінка дерново-підзолистого ґрунту за впливу бойових дій. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 4. С. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293758>.
- Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С., Чабанюк Я.В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–148. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170>.
- Побережна Л.Я., Станецький А.І. Оцінка потенційних екологічних ризиків внаслідок проведення антитерористичної операції. *Техногенно-екологічна безпека*. 2017. Вип. 2. С. 45–52.
- Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: моногр. / за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
- Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенко. Київ: Дія, 2005. 286 с.

## REFERENCES

- Aqeel, M., Ran, J., Hu, W. et al. (2023). Plant-soil-microbe interactions in maintaining ecosystem stability and coordinated turnover under changing environmental conditions. *Chemosphere*, 318, 137924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137924> [in English].
- Fedenko, V.S. (2023). Transformation of vegetation under the conditions of the impact of military actions on the natural environment in Ukraine: A review. *Ecology and Noospherology*, 34 (2), 101–107. DOI: <https://doi.org/10.15421/032315> [in English].
- Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N. et al. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Sci Total Environ.*, 850, 157932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932> [in English].
- Costa, J.P., Silva, A.L., Barcelo, D. et al. (2023). Threats to sustainability in face of post-pandemic scenarios and the war in Ukraine. *Sci Total Environ.*, 892, 164509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164509> [in English].
- Baliuk, S.A., Kucher, A.V., Solokha, M.O. & Solo-

- vei, V.B. (2024). Otsiniuvannia vplyvu zbroinoi ahresii rf na gruntovyi pokryv Ukrainy [Assessment of the impact of armed aggression of the RF on the soil cover of Ukraine]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal — Ukrainian Geographical Journal*, 1, 7–18. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007> [in Ukrainian].
6. Kucher, A. (2022). Metodyka otsiniuvannia zbytkiv, zavdanykh zbroinoiu ahresieiu zemelnomu fondu ta gruntam: problemy ta napriamy vdoskonalennia [Methodology for assessing damages and losses caused by the armed aggression to the land fund and soils: problems and directions of improvement]. *Journal of Innovations and Sustainability*, 6 (2), 10. DOI: <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10> [in Ukrainian].
  7. Baliuk, S.A., Kucher, A.V., Solokha, M.O. et al. (2022). Vplyv zbroinoi ahresii ta voiennykh dii na suchasnyi stan gruntovoho pokryvu, otsinka shkody ta zbytkiv, zakhody z vidnovlennia: naukova dopovid [Impact of armed aggression and hostilities on the current state of the soil cover, assessment of damage and losses, restoration measures: scientific report]. Kharkiv: Brovin [in Ukrainian].
  8. Chaika, T.O. (Ed.). (2023). *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rivnovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem: kolektyvna monohrafiia [Protecting and restoring ecological balance and ensuring self-renewal of ecosystems: a collective monograph]*. Poltava: PP Astraia [in Ukrainian].
  9. Splodytel, A., Holubtsov, O., Chumachenko, S. & Sorokina, L. (2023). Vplyv viiny rosii proty Ukrainy na stan ukrainskykh gruntiv [The impact of Russia's war against Ukraine on the state of Ukrainian soils]. Kyiv [in Ukrainian].
  10. Bonchkovskiy, O.S., Ostapenko, P.O., Shvaiko, V.M. & Bonchkovskiy, A.S. (2023). Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 32 (3), 474–487. DOI: <https://doi.org/10.15421/112342> [in English].
  11. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R. & Karaca, F. (2020). Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*, 12 (21), 9002. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12219002> [in English].
  12. Pichtel, J. (2016). Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Appl. Environ. Soil Sci*, 2012, 617236 [in English].
  13. Fayiga, A.O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environ. Chem*, 16, 81–91 [in English].
  14. Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L. et al. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidences from the field and remote sensing. *Science of the Total Environment*, 902, 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122> [in English].
  15. Solokha, M.O., Smirnova, K.B., Vynokurova, N.V. & Sementsova, K.O. (2022). Variabelnist heokhimichnoho ta hranulometrychnoho skladu gruntiv liostepu Ukrainy pid vplyvom boiovykh dii [Variability of the geochemical and granulometric composition of the soils of the forest steppe of Ukraine under the influence of combat actions]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations*, 14, 109–116 [in Ukrainian].
  16. Dmytrenko, O., Demyanyuk, O., Pohorila, L. et al. (2023). Ekotoksikologichna otsinka dernovo-pidzolystoho gruntu za vplyvu boyovykh diy [Ecotoxicological assessment of soddy-podzolic soil under the influence of hostilities]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 89–96. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293758> [in Ukrainian].
  17. Sherstoboyeva, O.V., Demyanyuk, O.S. & Chabanyuk, Y.V. (2017). Biodiagnostyka i biobezpeka gruntiv ahroekosystem [Biodiagnosis and biosafety of soils of agroecosystems]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 142–148. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170> [in Ukrainian].
  18. Poberezhna, L. & Stanetsky, A. (2017). Otsinka potentsiinykh ekolohichnykh ryzykiv vnaslidok provedennia antyterrorystychnoi operatsii [Assessment of potential environmental risk from the antiterrorist operation]. *Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka — Technogenic and ecological safety*, 2, 45–52 [in Ukrainian].
  19. Volkohon, V.V. (Ed.), Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. et al. (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology]*. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
  20. Yeshchenko, V.O. (Ed.). (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Diya [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.04.2024

# ЕКОЛОГО-ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧИННИКА ПОГОДИ ЗА КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ ГЕЛІОМАГНІТНИХ БУР НА ВЕГЕТАТИВНИЙ БАЛАНС ХЛОПЦІВ РІЗНОГО ВІКУ

О.В. Єрмішев<sup>1</sup>, І.В. Шумигай<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецький національний університет імені Василя Стуса (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-5854-9678

<sup>2</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651

Незважаючи на наявні обширні наукові дані про вплив метеорологічних та геліогеофізичних чинників на стан здоров'я та фізіологічні параметри організму, екологічна роль та біологічна сутність механізмів їх взаємодії залишається поки що нез'ясованою. Встановлено, що реакція організму на різні стресові впливи значною мірою визначається співвідношенням тонуусу симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Саме вегетативній нервовій системі (ВНС) і, передусім, її симпатичному відділу належить особлива роль у формуванні пристосувальних реакцій організму, розвитку метеотропних реакцій, тобто ВНС є первинним місцем докладання метеорологічних впливів, що викликають зрушення в її рівновазі. Визначення вегетативного статусу та направленість вегетативної активності в організмі 151 хлопця проводили за допомогою функціонально-вегетативної діагностики за методом В. Макаца. Оскільки стан ВНС є важливим у розвитку метеотропних реакцій проведено аналіз даних дослідження вегетативного тонуусу у сонячну, та хмарну погоду за комбінованого впливу геліомагнітних бур (ГМБ), визначення сприятливих і несприятливих погодних умов для організму, а також стану адаптаційного здоров'я обстежених дітей. Було виявлено, що за впливу геліометеорологічних чинників на організм практично здорових молодих хлопців спостерігаються певні особливості проявів метеолабільності. Найбільш чутливою до змін погодно-кліматичних умов за комбінованого впливу ГМБ, виявилась група хлопців молодшого шкільного віку (МШВ) 7–11 років, в яких спостерігались максимальні відхилення показників активності функціональних систем від вікової норми, а найменш чутливою була група хлопців підліткового (ПШВ) 12–15 років. Під час аналізу впливу змін погодних станів на організм хлопців за вегетативним коефіцієнтом (kV) було виявлено, що за норми показника kAV 0,95–1,05, він максимально збільшувався за дії на організм сонячної погоди і становив 1,12 у хлопців МШВ, що свідчить про виражену симпатикотонію, а у хлопців ПШВ 0,93 відповідно, що вказує на незначну парасимпатикотонію. За дії на організм хмарної погоди за комбінованого впливу ГМБ в обох групах виявлено стан вегетативної рівноваги. В здоровому організмі зміни фізіологічних процесів і активності функціональних систем під впливом такого чинника, як зміна погоди, навіть за комбінованого впливу ГМБ легко компенсуються і особлива роль у цьому належить ВНС, діяльність якої забезпечує адекватну реакцію організму на вплив чинників зовнішнього середовища. Чинники довкілля, зокрема і метеорологічні, мають безпосереднє відношення до забезпечення життєдіяльності та здоров'я людей. Кожен із метеорологічних елементів має своє біологічне значення. В цьому випадку виникає питання щодо впливу сонячної активності, погоди, стан атмосфери, і, насамперед, антропогенних забруднень та інших параметрів середовища на здоров'я людей, що, природно, вимагає кількісного підходу до оцінки ризиків та вироблення необхідних управлінських рішень.

**Ключові слова:** погода, адаптація, функціональні системи, вегетативна нервова система.

## ВСТУП

Незважаючи на наявні обширні наукові дані про вплив метеорологічних і геліогеофізичних чинників на стан здоров'я

ї фізіологічні параметри організму, екологічна роль та біологічна сутність механізмів їх взаємодії залишається поки що нез'ясованою [1–3]. Необхідність вибору комплексного підходу до вивчення сис-

теми «Космос (Колообіг енергії) – Земля (Біоритми Землі) – Людина (фізіологічні процеси)» очевидна та обґрунтована, тому що в його основі лежить ідея використання сучасних технологій і каналів отримання та поширення інформації про вплив космічної енергії, мінливість стану атмосфери, електромагнітних і гравітаційних полів, антропогенних забруднень та інших параметрів навколишнього середовища, що потребує ефективного й швидкого розв'язання [4; 5].

Геліофізичні чинники впливають на перебіг важливих і повсюдно поширених фізико-хімічних процесів у біосфері, а також на багато сторін біологічних явищ, що знаходять відображення у відповідних змінах показників життєдіяльності більшості живих організмів. Космічні випромінювання жорсткого діапазону електромагнітного спектра, частки високих енергій надавали в минулому потужний імпульсний вплив на біосферу, часто змінюючи перебіг еволюції живих організмів. Основними зовнішніми, абіотичними чинниками стійкості земної біосфери, безсумнівно, є сонячне випромінювання, наявність у Землі власного магнітного поля та кисню в атмосфері. Головним постачальником енергії для нашої планети є Сонце, під впливом якого відбувається переважна кількість процесів в екосфері. Найбільше значення для біосфери Землі має сонячна енергія, яка збуджує рух атмосфери та океанічних течій, підтримує усі життєві процеси. Зміна випромінювання Сонця є відповідальною за кліматичні цикли [4].

Роль космогеофізичних чинників в еволюційній адаптації живих систем дуже різноманітна. Космогеофізичні чинники – слабкий тренувальний чинник для адаптаційно-стійких членів популяції; слугують каналом відбракування нежиттєздатних членів популяції; забезпечують синхронізацію індивідуальних часів біооб'єктів при взаємодії між собою; є синхронізатором загальних ритмів популяції; створюють умови для генерації нової інформації у процесі еволюційної адаптації біосистем загалом [4; 6].

Відомо, що активні процеси на Сонці викликають посилення потоків сонячного вітру та корональних викидів маси, що призводять до розвитку в магнітосфері Землі магнітних бур – одного з головних елементів космічної погоди. Є і інші непрямі ознаки впливу варіацій сонячної та геомагнітної активності на погоду й клімат [4]. Геліогеофізичні чинники і геліометеотропні реакції людини істотно впливають на потенціал здоров'я як на індивідуально-організмовому, так і на популяційному рівнях, і, багато в чому, визначають баланс «людиноспоживання» і «людиновиробництва» – узагальнений показник благополуччя популяції [1; 4; 7]. Це завдання ще більш актуальне щодо так званого екологічного здоров'я, тобто здоров'я населення залежного від стану навколишнього середовища, тому проблема встановлення причинно-наслідкових зв'язків між станом (якістю) навколишнього середовища та здоров'ям населення є одним із провідних екологічних та соціально значущих завдань [1; 8; 9]. Чинники довкілля, зокрема і метеорологічні, мають безпосереднє відношення до забезпечення життєдіяльності та здоров'я людей. Кожен із метеорологічних елементів має своє біологічне значення. В цьому випадку виникає питання про вплив сонячної активності, погоди, стан атмосфери, і, насамперед, антропогенних забруднень та інших параметрів середовища на здоров'я людей, що, природно, вимагає кількісного підходу до оцінки ризиків та вироблення необхідних управлінських рішень [9; 10].

**Мета дослідження.** Провести екологопорівняльний аналіз впливу метеорологічних чинників за комбінованої дії ГМБ на тонус вегетативної нервової системи і функціональний стан організму хлопців молодшого шкільного віку (МШВ) й підліткового шкільного віку (ПШВ) та дати оцінку з точки зору їх впливу на організм людини.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вплив погоди на людський організм багатогранний і до кінця ще не визначено,

але, на жаль, майже 70% людей на сьогодні реагують на зміни погоди. Відомо, що метеопатія, яку також вважають синдромом або новою хворобою, впливає на наше психологічне та фізіологічне здоров'я. Метеочутливість з'являється навіть у здорових людей.

Наразі Davis G., Lowell W.E. [4] визначено, що сонячна активність (СА) впливає на найрізноманітніші процеси у біосфері, включаючи стан організму людини. Провідною передатною ланкою між спалаховою активністю Сонця та станом живих систем є варіації геомагнітного поля (ГМП), амплітуда яких під час «сонячних бур» у високих широтах може зростати на кілька порядків [4]. Результатом цього явища в організмі людини, особливо у метеозалежних, виникає дезадаптаційний синдром. У механізмі розвитку метеопатичних реакцій порушується стабільність клітинних мембран, тим самим впливаючи на процеси метаболізму, на енергетичний баланс, активацію перекисного окислення ліпідів, зміну кількісних показників клітинних структур крові, що призводять до загострення хронічних захворювань, зокрема найбільш вразлива серцево-судинна система. Напруга, що виникає в її роботі, може спровокувати розвиток багатьох патологій [11]. Саме різкі коливання ГМП і є однією з причин погіршення самопочуття певних груп людей і зростання ризику летальних наслідків [4; 11].

Abbasi K. та ін. [12] доведено, що висока СА та геофізична активність у період внутрішньоутробного розвитку та у рік народження скорочує тривалість життя на 8,4 роки та збільшує ризик летальності від серцево-судинних захворювань, фактично «програмує» ступінь уразливості серцево-судинної системи, що особливо стосується чоловіків. Оскільки висока СА, як правило, супроводжується ГМБ, які є предикторами порушень у роботі серця дитини: порушення синхронізації добових коливань скорочувальної сили шлуночків серця, падіння абсолютних значень скорочувальної сили серця та артеріального тиску, зміни ультраструктури серцевих

клітин [12]. Ці зміни, ймовірно, «запам'ятовуються» (геліогеофізичний імпринтинг) і створюють передумови для високої чутливості серцево-судинної системи не тільки до геліогеофізичних впливів, але також до інших травмуючих агентів, що в результаті може зумовити зниження тривалості життя в результаті передчасного «знос» серцево-судинної системи. Саме тому головною мішенню людського організму, на який впливає геліогеомагнітна активність, можуть бути серце та серцево-судинна система у стані патології. Дані, отримані у дослідженнях, свідчать, що геомагнітні бурі спричиняють десинхроноз біоритмів серця. Зміна хроноструктури біоритмів є індикатором функціонального стану організму, одним із найважливіших критеріїв фізіологічної адаптації людини.

Паралельно з цим, у пацієнтів з метеоропатією часто спостерігається підвищений рівень адренокортикотропного гормону (АКТГ) та катехоламінів (адреналін і норадреналін) – гормони стресу, які є гуморальним чинником, стимулювальним симпатичну активність організму, симптомами чого є серцебиття, тривога та дратівливість [13]. Так, у здорових людей рівень норадреналіну достовірно підвищується вже за два дні до магнітної бурі, залишається підвищеним у період бурі та знову підвищується на фазі відновлення бурі (через два дні після бурі). Аналогічно поводить себе і рівень адреналіну. І навпаки, ендорфіни, відомі як «гормони щастя», знижуються, знижуючи больовий поріг (концентрація дофаміну за два дні до бурі і в бурю падає, а через два дні після бурі зростає більш ніж удвічі). Інша гіпотеза припускає, що блукаючий нерв відіграє певну роль у метеопатії, його стимуляція зменшує симптоми, спричинені погодою, у людей [13].

У періоди геліогеофізичних збурень гемореологічні характеристики організму мають тенденцію до зростання. Під час дії ГМБ середня величина показника агрегації еритроцитів у людей в 1,6 раза перевищує його значення спокійних днів та агрегаційна активність тромбоцитів збільшується в 1,4 раза. Підвищення кількості катехол-

амінів, в'язкості крові, схильності до гемостазу формує внутрішні чинники причин загострень патологій серцево-судинної системи та системи кровообігу і збільшує ризику летальності.

Поєднання таких метеорологічних параметрів: знижена середня температура й низька сонячність, висока вологість і сильна швидкість вітру — все це підвищує ризик інсульту в зимовий період [14].

Найчастіше несприятливий вплив метеорологічних чинників на перебіг гіпертонічної хвороби виявлявся в січні, лютому та березні на тлі низького атмосферного тиску. У зимово-весняний період у хворих на гіпертонічну хворобу з проявами метеочутливості за даними кардіоритмограми виявлено підвищення симпатичної та змішаної активності [15].

Крім впливу на здоров'я людини, погода має істотний вплив також на прояви фізичної добової активності, що є одним із основних чинників формування здоров'я. Так, мета-аналіз засвідчив, що більш високі температури були пов'язані із збільшенням та інтенсивністю фізичної активності, тоді як нижча температура та сильні опади — з їх зменшенням [16; 17].

Вивчення Jänig W. [18] впливу геліо- та метеозово на стан вегетативної регуляції серцевого ритму, виявило зрушення у співвідношенні симпатичної та парасимпатичної активності, які мають різноспрямовані зміни і можуть бути охарактеризовані як відносною симпатикотонією, так і відносною парасимпатикотонією. Саме ця різноспрямованість змін у стані вегетативної нервової системи в умовах нестабільної погоди є специфічним пейсмейкером і може провокувати загострення більшості хвороб серцево-судинної системи [1; 4; 18].

Як розкрито Мудраком О.В., Фурдичком О.І., Макацом В.Г., Петруком Р.В., Овчинніковою Ю.Ю. та ін. в огляді літератури [1; 6; 9], вегетативна нервова система (ВНС) одна із головних учасників процесу адаптації до будь-якого впливу. Порушення вегетативної регуляції організму неминуче виникає у випадках кліматичної дезадаптації на фоні дії геліогеофізичних чинни-

ків. Дані зміни особливо виражені в осіб, які мають в анамнезі порушення вегетосудинного характеру. Наразі у науковій літературі зустрічається кілька точок зору про вплив метеорологічних чинників на організм людини. Часто дослідники (наприклад, Romanello M., di Napoli C., Green C.) [19] вважають, що на організм людини впливає сума всіх метеокліматичних чинників, в інший із комплексу останніх виділяється лише один провідний, що визначає весь комплекс змін в організмі людини. Розглядаючи людину як відкриту енергоінформаційну систему, яка перебуває у безперервній взаємодії із зовнішнім середовищем, видається найбільш актуальним вивчення впливу комплексу метеокліматичних чинників на людину.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За допомогою функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) за методом В. Макаца нами було обстежено 151 хлопець, зокрема 49 хлопців віком 7–11 років, 102 — 12–15 років, які проходили санаторно-курортне оздоровлення в санаторіях України. ФВД двічі проводилася в першій половині дня (1000–1100). Вивчали біоелектричну активність 12-ти симетричних пар функціонально-активних зон шкіри (24 ФАЗ), 12 на руках та 12 на ногах, які відображають функціональну активність симпатичної та парасимпатичної нервової системи [1–3]. ФВД за методом В. Макаца та прилади для його здійснення офіційно дозволені МОЗ України «Нова медична техніка і нові методи діагностики» (№ 5 від 25.12.91 р.; № 1.08-01 від 11.01.94 р.) й Вченою радою МОЗ України (№ 1.08-01 від 11.01.94 р.) [1; 6; 9].

Для ФВД використовується прилад ВІТА 01 М, напруга в замкнутому колі якого не перевищує рівнів мембранних потенціалів (1–5 мкА; 0,03–0,6 В) і який не потребує для своєї роботи зовнішніх джерел енергії. Має два діагностичні електроди, базовий електрод (акцептор електронів) — випукла пластинка з спеціального сплаву, попередньо покрита окисною плівкою

(5×7 см) та спарений діагностичний електрод (донор електронів) у вигляді посрібленої пари, які розташовані в ебонітових чашках діаметром 1 см і обгорнуті поролоновими прокладками. Базовий електрод фіксується спеціальним паском через вологу прокладку (змочену фізіологічним розчином) у пупковій області (центральна мезогастральна ділянка (0-зона) з натягом середньої щільності для створення стабільних умов обстеження. Діагностичні електроди також зволожуються фізіологічним розчином. Процедура проводиться в ортостатичному положенні людини. В процесі тестування діагностичні електроди під прямим кутом із незначним тиском (на рівні дотику), одночасно контактують із кожною парою симетричних ФАЗ (ліва–права на кожній кінцівці) впродовж 1–4 с до одержання стабільних показників в мікроамперах. Через кожні три контакти з ФАЗ електроди повторно змочуються фізіологічним розчином. Отримані в мкА дані ФВД переводять у відносні значення. Одержані дані порівнюються з нормою і робиться висновок щодо ступеня відхилення від неї і рівня порушеності функціонального здоров'я [1; 6; 9].

Зміни фізіологічного стану організму проявляються трансформацією електрошкірного опору в певних функціонально-активних зонах (ФАЗ) шкіри, які топографічно збігаються з ходом 12 класичних акупунктурних меридіанів (функціональних систем) – легені (LU), перикард (PC), серце (HT), селезінка і підшлункова залоза (SP), печінка (LR) та нирки (KI), які формують парасимпатичну спрямованість ВНС. Симпатичну спрямованість ВНС формують тонкий кишківник (SI), стан лімфатичної системи (TE), товстий кишківник (LI), сечовий міхур (BL), жовчний міхур (GB) та шлунок (ST). Для діагностики використовують кореляції між змінами електропровідності в 24 репрезентативних ФАЗ (характеризують стан меридіана загалом) і станом класичних акупунктурних меридіанів, які «визначають» функціональний стан відповідних їм внутрішніх органів і систем організму [1;

6; 9]. Відносне співвідношення суми показників загальної симпатичної активності до парасимпатичної активності визначає спрямованість вегетативного балансу. Числовим результатом цього співвідношення постає адаптаційно-вегетативний коефіцієнт  $kAV$  (коефіцієнт автономної нервової системи). Для функціонально-екологічної оцінки впливу чинників довкілля використовують вегетативну дисперсію (розсіювання) за трьома критичними зонами: парасимпатична активність (ПА)  $kAV \leq 0,86$ ; функціонально-вегетатив рівновага (ФР)  $kAV = 0,87 - 1,13$ ; симпатична активність (СА)  $kAV \geq 1,14$ , які є маркерами функціонального здоров'я (адаптаційного потенціалу) [1; 6; 9; 20].

Математико-статистичне дослідження отриманих емпіричних результатів спостережень проводили в пакеті Statistica 12. Для перевірки на нормальність розподілу одержаних результатів вибірових спостережень було застосовано критерії Колмогорова–Смірнова та Шапіро–Уїлка, згідно яких немає підстав відхиляти гіпотезу про нормальний розподіл вибірок. Це свідчить про можливість використання  $t$ -тесту Стьюдента для незалежних змінних для перевірки на достовірність різниці отриманих результатів ( $p > 0,2$  за тестом Колмогорова–Смірнова і  $p > 0,05$  за тестом Шапіро–Уїлка та Ліліфорса). Підтверджують також гіпотези про нормальний розподіл вибірок побудовані гістограми розподілу. Застосування  $t$ -тесту Стьюдента для незалежних змінних для перевірки на достовірність різниці одержаних результатів показало, що дані вибірки мають стандартні відхилення, що статистично не відрізняються ( $p - \text{Variances} \geq 0,05$ ) і середні значення, що також статистично не відрізняються від нормальних показників ( $p \geq 0,05$ ) на рівні значущості  $\alpha = 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільш виражено численні ефекти впливу космічного середовища на біосферу проявляються під час магнітних бур [4]. У середині 90-х років ХХ ст. було висунуто гіпотезу, згідно з якою:

- 1) геліогеомагнітні ритми разом з освітленістю та температурою є базисом формування циркадіанного (добового) ендogenous біоритму;
- 2) геліогеомагнітні обурення — «збої» геліогеомагнітних ритмів — викликають реакцію адаптивного стресу у біологічних об'єктів, особливо у стані їх нестійкості.

Унаслідок багаторічних досліджень виявлено, що характерними мішенями геомагнітних та метеовпливів є кровоносна, серцево-судинна і вегетативна нервова системи та легені. Тому «групами ризику» за дії геомагнітних та метеовпливів є населення з патологією серцево-судинної системи, особливо ті, що перенесли інфаркт міокарда; здорові люди з функціонально перенапруженою адаптаційною системою; діти в період бурхливого розвитку з адаптаційною системою, що не сформувалася та населення зрілого віку з численними ендogenous причинами розвитку дезадаптації організму [21; 22].

Моніторування дітей раннього віку засвідчило наявність у їх спектрах усіх «сонячних» періодів, до того ж добовий ритм (найпотужніший в організмі матері) новонароджені немовлята починають виявляти на 5–10 міс. життя, тоді як у першій місяць у них переважає 7-денний ритм. За моніторування немовляти впродовж 26 міс. у спектрах його життєво важливих показників очевидна присутність усіх періодів, характерних для періоду власного обертання Сонця, близько 28 діб, та його гармонік. А період єдина доба починає проявлятися лише на 5-му міс. моніторування [4; 5].

Збої ритмів зовнішнього синхронізатора — геомагнітні бурі — спричиняють адаптаційний стрес типу реакції під час збоїв фази добового ритму, (спостерігаються стабілізація серцевого ритму, підвищення в'язкості крові, падіння скорочувальної сили серця) та до метеотропних реакцій, які характеризуються змінами судинного тону. Однак космічна погода не одна є біотропним чинником, що впливає на самопочуття та здоров'я людей. Зазвичай її дія відбувається в сукупності з впливом

чинників земної погоди, до того ж вплив стрибків атмосферного тиску ( $P$ ), температури ( $T$ ) і стрибків геомагнітної активності ( $K$ -індексу) розподіляється так [13]:

$$T : K : \Delta P = 5:4:7.$$

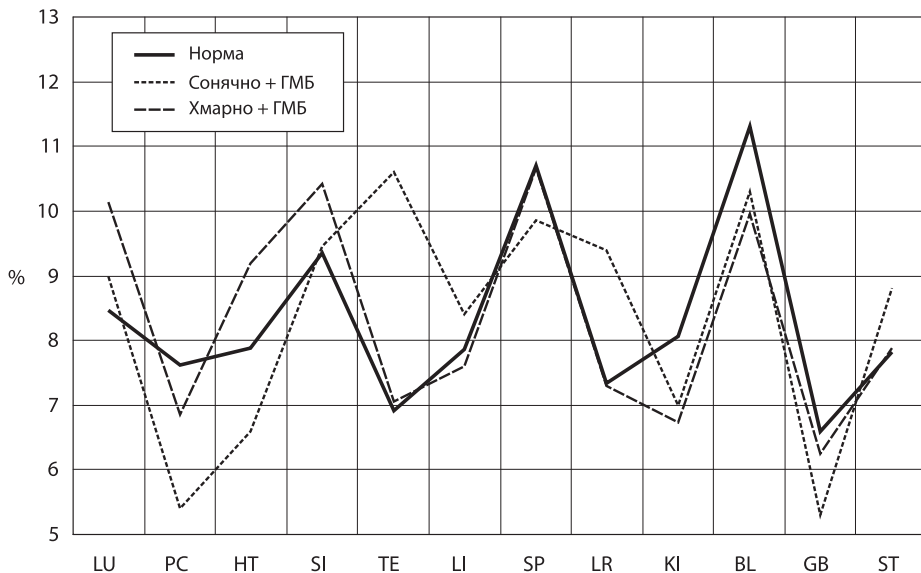
Під час дослідження системно-вікової залежності чоловічої групи (ЧГ) молодшого шкільного віку (МШВ) 7–11 років було виявлено, що комбінований вплив чиннику погоди та геомагнітних бур (ГМБ) спричиняє зміни функціональної активності та гомеостазу організму (*рис. 1*).

Чітко простежується, що пофазні місячні показники активності функціональних систем (ФС) дублюють лінію норми, відрізняючись амплітудою і мають однакову спрямованість. До того ж наявність достовірних змін досліджуваних параметрів показників активності ФС з лінією норми свідчить, що різна погода за дії ГМБ характеризувалась специфічністю дії на організм. У сонячну погоду за дії ГМБ відбувається перенапруження систем адаптації організму. Цей вплив характеризується змінами фізіологічних функцій, що проявляється підвищенням показників активності ФС легенів (LU), лімфатичної системи (TE), товстого кишківника (LI), печінки (LR) та шлунка (ST). Зниження відбувається в ФС перикарду (PC), серця (HT), нирок (KI) та жовчного міхура (GB). Відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP).

У хмарну погоду за дії ГМБ системно-вікова залежність у ЧГ МШВ характеризувалась підвищенням показників активності ФС легенів (LU), серця (HT) та тонкого кишківника (SI) і зниженням показників активності ФС перикарду (PC), лімфатичної системи (TE), нирок (KI) та сечового міхура (BL) (*див. рис. 1*).

Загалом, для процесу адаптації організму парасимпатикотонія є несприятливим чинником, оскільки зумовлює виснаження функціональних резервів і зниження лабільності вегетативних реакцій. Також





**Рис. 1.** Системно-вікова залежність чоловічої групи молодшого шкільного віку 7–11 років за різних погодних станів з одночасною дією геомагнітних бур (ГМБ),  $p \leq 0,05$

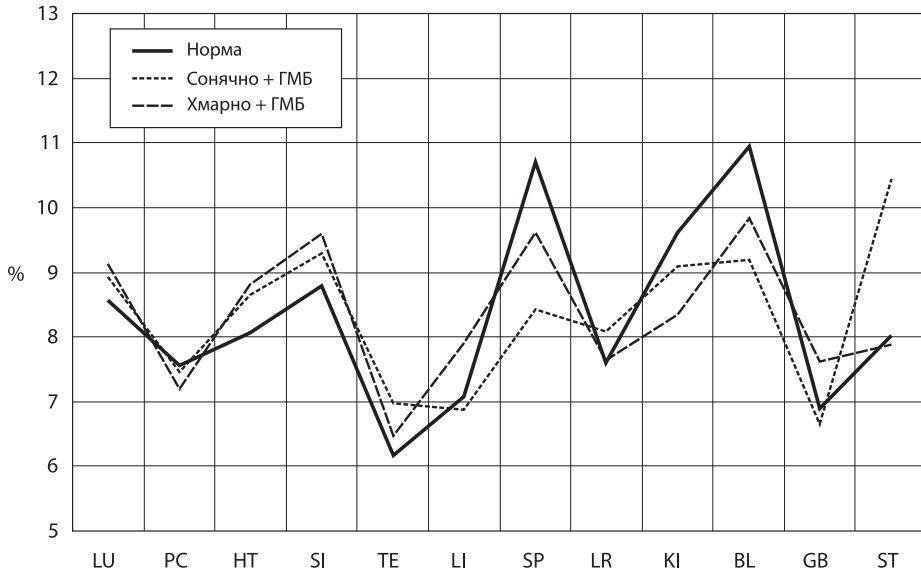
*Примітка:* LU – легені, PC – перикард, HT – серце, SI – тонкий кишківник, TE – стан лімфатичної системи, LI – товстий кишківник, SP – селезінка і підшлункова залоза, LR – печінка, KI – нирки, BL – сечовий міхур, GB – жовчний міхур, ST – шлунок.

доволі хаотичний малюнок функціональних залежностей може бути пов'язаний фізіологічно-функціональною незрілістю процесів адаптації та швидкістю їх формувань і стабілізації в організмі дітей 7–11 років [1; 20]. Швидкий темп морфологічного і функціонального розвитку всіх органів і систем, незрілість імунної системи в цей період сприяють підвищенню чутливості організму дітей до змін чинників зовнішнього середовища, як для еколого-фізіологічних, так і до патологічних.

Підлітковий період – це перехідний етап від дитячого розвитку до дорослої стадії онтогенезу. Перехідний процес підліткового віку захоплює абсолютно всі рівні біологічної організації підлітка – від змін будови скелета, системи дихання, кровообігу до репродуктивної системи, її функціонального та структурного забезпечення. Відбувається активізація діяльності гіпофіза, інтенсивний фізичний і фізіологічний розвиток, перебудова моторного апарату та нейрогуморальних співвідношень. У під-

літковому віці у дітей відбуваються різкі коливання гормонального статусу, а також йде активний ріст організму. Тому метеочутливість у них може бути різко вираженою (рис. 2).

За дослідження системно-вікової залежності чоловічої групи підліткового шкільного віку (ПШВ) 12–16 років було виявлено, що зміна погоди за дії ГМБ призводить до змін функціональної активності і гомеостазу організму. Зафіксовано, що отримані показники активності ФС дублюють лінію норми, відрізняючись амплітудою і мають однакову загальну спрямованість. Так, під час впливу на організм сонячної погоди за дії ГМБ було відмічено підвищення досліджуваних параметрів показників активності ФС відносно вікової норми у легенів (LU), серця (HT), тонкого кишківника (SI), лімфатичної системи (TE) та шлунка (ST). Зниженням характеризувалась активність ФС нирок (KI). Також відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер



**Рис. 2.** Системновікова залежність чоловічої групи підліткового шкільного віку

12–15 років за різних погодних станів з одночасною дією геомагнітних бур (ГМБ),  $p \leq 0,05$

*Примітка:* LU – легені, PC – перикард, HT – серце, SI – тонкий кишківник, TE – стан лімфатичної системи, LI – товстий кишківник, SP – селезінка і підшлункова залоза, LR – печінка, KI – нирки, BL – сечовий міхур, GB – жовчний міхур, ST – шлунок.

сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP)).

Під час впливу на організм похмурої погоди за дії ГМБ у ЧГ ПШВ було виявлено підвищення досліджуваних параметрів показників активності ФС відносно вікової норми у легенів (LU), серця (HT), тонкого кишківника (SI), лімфатичної системи (TE), шлунка (ST), товстого кишківника (LI) та жовчного міхура (GB). Зниження активності ФС зафіксовано для ФС перикарду (PC) та нирок (KI). Також відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP) (див. рис. 2).

Для більш точного визначення відхилень числових показників активності ФС організму обстежених людей у різні сезони року ми порівняли їх із числовим значенням норми ( $mV$ ) для кожної ФС з відхиленням  $\pm 10\%$ . Визначали значення,

які виходять за межі цього фізіологічного коридору в сторону збільшення чи зменшення, позначаючи їх відповідно знаками «↑» та «↓». У *табл. 1* відображені результати відхилень значень функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) від норми  $\pm 10\%$  у чоловіків груп молодшого та підліткового шкільного віку.

Аналіз результатів відхилень значень ФВД від норми  $\pm 10\%$  у групі МШВ виявив 12 відхилень від фізіологічного коридору норми, серед яких сім припадає на сонячну погоду за час дії ГМБ, а п'ять – на хмарну. У групі ПШВ, аналіз результатів встановив усього шість відхилень від фізіологічного коридору норми, серед яких вказує на сонячну погоду за час дії ГМБ та два на хмарну погоду.

З одержаного масиву даних щодо стану функціонального здоров'я населення певної території та усередненої інформації про відхилення вегетативної нервової системи можна проводити аналіз впливу на людину, як абіотичних чинників, так і можливих

Таблиця 1. Відхилення значень функціонально-вегетативної діагностики від норми  $\pm 10\%$  у чоловіків груп молодшого та підліткового шкільного віку

ФС	Норма $\pm 10\%$		Погода			
	МШВ	ПШВ	Сонячна + ГМБ		Хмарна + ГМБ	
			МШВ	ПШВ	МШВ	ПШВ
LU	7,62–9,32	7,70–9,42	=	=	↑	=
PC	6,85–8,37	6,81–8,32	↓	=	=	=
HT	7,09–8,67	7,26–8,88	↓	=	↑	=
SI	8,41–10,28	7,90–9,66	=	=	↑	=
TE	6,22–7,61	5,55–6,79	↑	↑	=	=
LI	7,07–8,65	6,37–7,79	=	=	=	↑
SP	9,63–11,77	9,64–11,78	=	↓	=	=
LR	6,59–8,06	6,83–8,35	↑	=	=	=
KI	7,25–8,87	8,66–10,58	↓	=	↓	↓
BL	10,17–12,43	9,85–12,04	=	↓	↓	=
GB	5,94–7,26	6,21–7,59	↓	=	=	=
ST	7,05–8,61	7,22–8,82	↑	↑	=	=

*Примітка:* ГМБ – вплив чинника погоди та геомагнітних бур; ФС – показники активності функціональних систем; МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – група підліткового шкільного віку.

екологічних проблем території і її ступінь екологічної порушеності.

У результаті досліджень було з'ясовано, що основною характеристикою, який відображає негативний вплив чинників зовнішнього і внутрішнього середовищ є зменшення кількості обстежених людей у зоні функціональної рівноваги і збільшення їх у зоні парасимпатичної активності. За розробленими нами критеріями, функціональне здоров'я людей знаходиться в зоні умовної норми, коли 70% населення входять у зону функціональної рівноваги (ФР).

Під час аналізу впливу різної погоди за дії ГМБ на функціонально-адаптивне здоров'я різних гендерно-вікових груп населення України порівняно з віковою нормою були отримані результати, що свідчать про вікові і статеві відмінності реактивності організму обстеженого населення. Найбільш несприятливий вплив на формування адаптаційного здоров'я більшості обстежених груп має сонячна погода за дії ГМБ. За дії комбінації цих впливів підви-

щується кількість людей, які знаходяться в зоні парасимпатичної (ПС) активності і зменшується в зоні ФР, що свідчить про негативний аспект дії на систему адаптації та вказує на виснаження адаптаційних ресурсів. За ідеального значення 15–20% кількості населення компактного проживання знаходження в цій зоні ми виявили значне збільшення цього показника, особливо в гендерно-віковій групі населення ПШВ, який становить 31,9%.

Під час аналізу адаптаційного (функціонального) здоров'я ЧГ МШВ та ПШВ за комбінованого впливу хмарної погоди та дії ГМБ було встановлено збільшення кількості обстежених людей МШВ у зонах симпатичної (СА) та парасимпатичної (ПА) активності до 26,5% і до 38,2% відповідно, а також із одночасним зменшенням у зоні ФР до 35,3% (табл. 2).

Згідно із результатом аналізу за вегетативним коефіцієнтом було встановлено, що всі групи найбільш чутливо реагували на комбінований вплив сонячної погоди за дії ГМБ. Так, за дії цих чинників на ЧГ

**Таблиця 2. Адаптаційне (функціональне) здоров'я чоловічих груп молодшого та підліткового шкільного віку за комбінованого впливу чинника погоди та геомагнітних бур**

Критичні зони	Вікові групи	Сезони року	
		Сонячна + ГМБ	Хмарна + ГМБ
		СА, %	МШВ ПШВ
ФР, %	МШВ	100,0	35,3
	ПШВ	59,6	56,3
ПА, %	МШВ	0	38,2
	ПШВ	31,9	24,2

*Примітка:* ФР – зона функціональної рівноваги; СА – зона симпатичної активності; ПА – зона парасимпатичної активності; МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – підліткового шкільного віку; ГМБ – геомагнітні бурі.

МШВ відбувається збільшення показника адаптаційного коефіцієнта ( $k-AV$ ) від норми 0,95–1,05 до 1,12, що свідчить про перевагу в організмі симпатичної нервової системи (СНС) з формуванням симпатикотонії. Щодо ЧГ ПШВ – у них виявлена незначна парасимпатикотонія, яка характеризується значенням показника  $k-AV$  до 0,93. За хмарної погоди і комбінованого впливу ГМБ в обох дослідних групах була відзначена ейтонія (нормотонія) вегетативного тону, врівноваження активності двох ланок ВНС (*табл. 3*).

У розвитку метеотропних реакцій виділяється три фази: перша – фаза клініко-фізіологічної адаптації організму до впливу

**Таблиця 3. Значення адаптаційного (вегетативного) коефіцієнта  $k-AV$  за комбінованого впливу чинника погоди та геомагнітних бур**

Погода + ГМБ	МШВ	ПШВ
Сонячно + ГМБ	1,12	0,93
Хмарно + ГМБ	0,96	0,98

*Примітка:* МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – група підліткового шкільного віку; ГМБ – геомагнітні бурі.

атмосферно-фізичних чинників; друга – фаза підвищеної чутливості до цих чинників, виражається зміною нервово-психічної, імунно-алергічної реактивності; третя – фаза дезадаптації до погоди, що виявляється у здорових людей різними функціональними синдромами, а у хворих – появою клінічних і субклінічних реакцій і загострень захворювань, тобто метеотропні реакції спричиняють структурно-функціональні зміни організму людини, порушення компенсаторних реакцій, що відзначаються різними симптомокомплексами [23]. У клітинах, тканинах і організмі загалом відбувається мобілізація механізмів, спрямованих на пом'якшення та стабілізацію процесів, що призводять до зміцнення адаптивних механізмів. Відомо, що реакцію організму на погоду зумовлюють стать, вік, зріст, маса тіла, статура, темперамент, характер харчування і ін. За тривалих і повторних діях погодно-метеорологічних чинників виникає реакція органів внутрішньої секреції, що розглядається як «реакція напруги» загального адаптаційного синдрому. Під їх впливом змінюються ферментативні процеси, інтенсивність гліколізу, рівень основного обміну, порушується структура колоїдів крові і тканин [24]. За визначення ступеня впливу клімату на людину слід мати на увазі, що реакція організму на його дію залежить від успішності пристосування до погодно-кліматичних умов.

## ВИСНОВКИ

Отже, проведене дослідження впливу метеорологічних чинників за комбінованого впливу ГМБ на організм практично здорових хлопців різного віку дає підставу стверджувати про вікові особливості проявів метеолабільності. Було виявлено, що зміна вегетативного балансу в сторону підвищення симпатичної активності в організмі хлопців МШВ та парасимпатичної активності у групі ПШВ відбувається за дії сонячної погоди та комбінованого впливу ГМБ. За одночасної дії на організм хмарної погоди та ГМБ змін вегетативного балансу організму встановлено не було. Також

підтверджено, що в здоровому організмі зміни фізіологічних процесів і функціональної активності систем під впливом такого чинника, як зміна погоди за одночасної дії ГМБ легко компенсуються. В цих компенсаторних механізмах особлива роль належить вегетативній нервовій системі, діяльність якої забезпечує адекватну реакцію організму на вплив чинників зовнішнього середовища.

Знання про метеочутливість і метеопатичні реакції необхідні для розробки як профілактичних, так і лікувальних заходів, спрямованих на підвищення неспецифічної резистентності та адаптаційних механізмів організму, на нормалізацію функцій органів і систем як основу для нормальних реакцій за несприятливих змін зовнішнього середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

- Єрмішев О.В., Петрук Р.В., Овчинникова Ю.Ю., Костюк В.В. Функціональне здоров'я дітей як екологічний біоіндикатор України: моногр. / за ред. В.Г. Макаца. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 226 с.
- Berrang-Ford L., Siders A.R., Lesnikowski A. et al. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11. P. 989–1000. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y>.
- Campbell-Lendrum D., Neville T., Schweizer C. and Neira M. Climate change and health: three grand challenges. *Nature Medicine*. 2023. Vol. 29. P. 1631–1638. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02438-w>.
- Davis G. and Lowell W.E. Sunspot data and human longevity. *Data in Brief* 21. 2018. Vol. 21. P. 1579–1590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.168>.
- Lüthi S., Fairless C., Fischer E.M. et al. Rapid increase in the risk of heat-related mortality. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. 4894. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40599-x>.
- Макац В.Г., Єрмішев О.В., Овчинникова Ю.Ю. Основи біоекології, функціональної експертизи та екологічної безпеки. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 251 с.
- Chmura H.E., Glass T.W. and Williams C.T. Biological Physiological and Ecological Responses to Climatic Variation: New Tools for the Climate Change Era. *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 6. Article 92. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00092>.
- Abbasi K., Ali P., Barbour V. et al. Time to Treat the Climate and Nature Crisis as One Indivisible Global Health Emergency. *JAMA Ophthalmol*. 2023. 5609. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5609>.
- Furdychko O.I., Mudrak O.V. and Yermishev O.V. Vegetative Status of Children as a Territorial Bio-Indicator of Ecological Safety. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (3). P. 191–196. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_153](https://doi.org/10.15421/2020_153).
- Henderson K. and Loreau M. How ecological feedbacks between human population and land cover influence sustainability. *PLoS Comput Biol*. 2018. Vol. 14 (8). e1006389.
- Vicedo-Cabrera A.M., Scovronick N., Sera F. et al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11. P. 492–500. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>.
- Gosling S.N., Hondula D.M., Bunker A. et al. Adaptation to Climate Change: A Comparative Analysis of Modeling Methods for Heat-Related Mortality. *Environmental Health Perspectives*. 2017. 087008-1. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP634>.
- Hoxha M. and Zappacosta B. Meteoropathy: a review on the current state of knowledge. *Journal of medicine and life*. 2023. Vol. 16(6). P. 837–841. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0097>.
- Zareba K., Lasek-Bal A. and Student S. The Influence of Selected Meteorological Factors on the Prevalence and Course of Stroke. *Medicina*. 2021. Vol. 57 (11). 1216. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57111216>.
- Левченко В.А., Гордійчук Л.І., Левченко Л.В. та ін. Вплив метеорологічних чинників у передгір'ї Карпат на частоту виникнення гіпертонічних кризів у різні сезони року. *Art of medicine*. 2019. № 1 (9). С. 70–75. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2019.1.9.70>.
- Zheng C., Feng J., Huang W. and Wong S.H. Associations between weather condition and physical activity and sedentary time in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health & place*. 2021. Vol. 69. 102546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102546>.
- Rahman S., Maximova K., Carson V. et al. Stay in or playout? Their influence of weather conditions on physical activity of grade children in Canada. *Canadian journal of public health*. 2019. Vol. 110. № 2. P. 169–177. DOI: <https://doi.org/10.17269/s41997-019-00176-6>.
- Jänig W. Integrative Action of the Autonomic Nervous System. Neurobiology of Homeostasis. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 636 p.
- Romanello M., di Napoli C., Green C. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*. 2023. 01859-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7).
- Єрмішев О.В. Особливості вікової вегетології чоловіків молодого та середнього віку. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2020. Т. 5. № 1 (23). С. 322–330. DOI: <https://doi.org/10.26693/jmbs05.01.322>.

21. Lenton T.M., Xu C., Abrams J.F. et al. Quantifying the human cost of global warming. *Nature Sustainability*. 2023. Vol. 6. P. 1237–1247. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>.
22. Ripple W.J., Wolf C., Gregg J.W. et al. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*. 2022. Vol. 72. Is. 12. P. 1149–1155. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083>.
23. Morrison T.H., Adger W.N., Agrawal A. et al. Radi-

- cal interventions for climate-impacted systems. *Nature Climate Change*. 2022. Vol. 12. P. 1100–1106. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01542-y>.
24. Myhre G., Alterskjær K., Stjern C.W. et al. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. 16063. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>.

## REFERENCES

1. Yermishev, O.V., Petruk, R.V., Ovchinnikova, Yu.Yu., Kostyuk, V.V. & Makats, V.G. (Ed.). (2017). *Funktsional'ne zdorovia ditey yak ekolohichnyy bioindykator Ukrainy: monohrafiya [Functional health of children as an ecological bioindicator of Ukraine: monograph]*. Vinnitsa [in Ukrainian].
2. Berrang-Ford, L., Siders, A.R., Lesnikowski, A. et al. (2021). A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change*, 11, 989–1000. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y> [in English].
3. Campbell-Lendrum, D., Neville, T., Schweizer, C. & Neira, M. (2023). Climate change and health: three grand challenges. *Nature Medicine*, 29, 1631–1638. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02438-w> [in English].
4. Davis, G. & Lowell, W.E. (2018). Sunspot data and human longevity. *Data in Brief* 21, 21, 1579–1590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.168> [in English].
5. Lüthi, S., Fairless, C., Fischer, E.M. et al. (2023). Rapid increase in the risk of heat-related mortality. *Nature Communications*, 14, 4894. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40599-x> [in English].
6. Makats, V.G., Yermishev, O.V. & Ovchinnikova, Yu.Yu. (2017). *Osnovy bioekolohiyi, funktsional'noyi ekspertyzy ta ekolohichnoyi bezpeky [Basics of bioecology, functional expertise and environmental safety]*. Vinnitsa [in Ukrainian].
7. Chmura, H.E., Glass, T.W. & Williams, C.T. (2018). Biologging Physiological and Ecological Responses to Climatic Variation: New Tools for the Climate Change Era. *Ecology and Evolution*, 6, 92. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00092> [in English].
8. Abbasi, K., Ali, P., Barbour, V. et al. (2023). Time to Treat the Climate and Nature Crisis as One Indivisible Global Health Emergency. *JAMA Ophthalmol*, 5609. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5609> [in English].
9. Furdychko, O.I., Mudrak, O.V. & Yermishev, O.V. (2020). Vegetative Status of Children as a Territorial Bio-Indicator of Ecological Safety. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (3), 191–196. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_153](https://doi.org/10.15421/2020_153) [in English].
10. Henderson, K. & Loreau, M. (2018). How ecological feedbacks between human population and land cover influence sustainability. *PLoS Comput. Biol.*, 14 (8), e1006389 [in English].
11. Vicedo-Cabrera, A.M., Scovronick, N., Sera, F. et al. (2021). The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*, 11, 492–500. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x> [in English].
12. Gosling, S.N., Hondula, D.M., Bunker, A. et al. (2017). Adaptation to Climate Change: A Comparative Analysis of Modeling Methods for Heat-Related Mortality. *Environmental Health Perspectives*, 087008-1. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP634> [in English].
13. Hoxha, M. & Zappacosta, B. (2023). Meteoropathy: a review on the current state of knowledge. *Journal of medicine and life*, 16 (6), 837–841. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0097> [in English].
14. Zareba, K., Lasek-Bal, A. & Student, S. (2021). The Influence of Selected Meteorological Factors on the Prevalence and Course of Stroke. *Medicina*, 57 (11), 1216. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57111216> [in English].
15. Levchenko, V.A., Gordiychuk, L.I., Levchenko, L.V. et al. (2019). Vplyv meteorolohichnykh chynnykiv u peredhirii Karpat na chastotu vynykennya hipertoniichnykh kryziv u rizni sezony roku [The influence of meteorological factors in the foothills of the Carpathians on the frequency of hypertensive crises in different seasons of the year]. *Art of medicine*, 1 (9), 70–75. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2019.1.9.70> [in Ukrainian].
16. Zheng, C., Feng, J., Huang, W. & Wong, S.H. (2021). Associations between weather conditions and physical activity and sedentary time in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health & place*, 69, 102546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102546> [in English].
17. Rahman, S., Maximova, K., Carson, V. et al. (2019). Stay in or play out? The influence of weather conditions on physical activity of grade children in Canada. *Canadian journal of public health*, 110, 2, 169–177. DOI: <https://doi.org/10.17269/s41997-019-00176-6> [in English].
18. Jänig, W. (2008). Integrative Action of the Autonomic Nervous System. *Neurobiology of Homeostasis*. Cambridge [in English].
19. Romanello, M., di Napoli, C., Green, C. et al. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, 01859-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7) [in English].
20. Yermishev, O.V. (2020). Osoblyvosti vikovoy i vchetolohiyi cholovikiv molodoho ta seredn'oho viku

- [Peculiarities of age-related vegetation of young and middle-aged men]. *Ukrayins'kyi zhurnal medytsyny, biolohiyi ta sportu — Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 5, 1 (23), 322–330. DOI: <https://doi.org/10.26693/jmbs05.01.322> [in Ukrainian].
21. Lenton, T.M., Xu, C., Abrams, J.F. et al. (2023). Quantifying the human cost of global warming. *Nature Sustainability*, 6, 1237–1247. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6> [in English].
22. Ripple, W.J., Wolf, C., Gregg, J.W. et al. (2022). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 72, 12, 1149–1155. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083> [in English].
23. Morrison, T.H., Adger, W.N., Agrawal, A. et al. (2022). Radical interventions for climate-impacted systems. *Nature Climate Change*, 12, 1100–1106. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01542-y> [in English].
24. Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. et al. (2019). Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*, 9, 16063. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.04.2024

---

## ВПЛИВ БІОДЕСТРУКТОРІВ НА СЕКВЕСТРАЦІЮ ЛАБІЛЬНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ СПОЛУК ҐРУНТУ В АГРОЦЕНОЗАХ КУКУРУДЗИ

А.О. Лунгул<sup>1</sup>, М.А. Журба<sup>2</sup>, О.В. Пиріг<sup>2</sup>,  
О.М. Омеляненко<sup>3</sup>, В.А. Болоховська<sup>4</sup>,  
В.В. Болоховський<sup>4</sup>, Т.О. Хоменко<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> ТОВ «Кернел-Трейд» (м. Київ, Україна)

e-mail: [agronauka74@gmail.com](mailto:agronauka74@gmail.com); ORCID: 0009-0002-0501-0497

<sup>2</sup> СТОВ «Дружба-Нова» (с-ще Варва, Чернігівська обл., Україна)

e-mail: [zhurbam2017@gmail.com](mailto:zhurbam2017@gmail.com); ORCID: 0009-0003-1775-5696

e-mail: [altrockman1986@gmail.com](mailto:altrockman1986@gmail.com); ORCID: 0000-0001-5127-6451

<sup>3</sup> Сумський національний аграрний університет (м. Суми, Україна)

e-mail: [makedonsky321@gmail.com](mailto:makedonsky321@gmail.com); ORCID: 0009-0006-6980-2222

<sup>4</sup> ТОВ «БТУ-ЦЕНТР» (м. Ладизжин, Вінницька обл., Україна)

e-mail: [valent2006@ukr.net](mailto:valent2006@ukr.net); ORCID: 0009-0005-2728-4589

e-mail: [vlad@btu-center.com](mailto:vlad@btu-center.com); ORCID: 0009-0007-0074-6362

<sup>5</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України  
(м. Київ, Україна)

e-mail: [volyata@gmail.com](mailto:volyata@gmail.com); ORCID: 0000-0003-4095-3706

В умовах багаторічного стаціонарного польового дослідження в чорноземі типовому малогумусному було досліджено вплив мікробних препаратів — біодеструкторів рослинних решток на депонування лабільних вуглецевих сполук у ґрунті за тривалого беззмінного вирощування кукурудзи. Встановлено збільшення показників вмісту лабільного вуглецю в ґрунті в варіантах із використанням біодеструкторів Екостерн Класичний та Екостерн Бактеріальний + Екостерн Триходерма на 0,11% і 0,18% відповідно, порівняно з контролем. Підтвердженням отриманих даних збільшення вмісту лабільного вуглецю було визначення в динаміці коефіцієнта трансформації органічної речовини, збільшення якого свідчить про посилення мікробіологічних процесів у ґрунті і перевагу процесів синтезу органічної речовини над її мінералізацією. Так, за використання біодеструкторів цей показник був достовірно більшим за контрольні впродовж усього періоду досліджень. Акцентувавши увагу на приживаності грибного біоагента препаратів Екостерн Класичний та Екостерн Триходерма у ґрунті, визначали в динаміці чисельність грибів роду *Trichoderma*. Результати досліджень вказує про підвищення чисельності цього мікроміцету у варіантах із внесенням Екостерн Класичний у середньому на 19 тис. КУО/г ґрунту, за сумісного застосування Екостерн Бактеріальний з Екостерн Триходерма — на 34 тис. КУО/г ґрунту, при показниках на контролі — 28 тис. КУО/г ґрунту. Це опосередковано може свідчити про приживаність цього біоагента, який входить до складу біопрепаратів. Під час визначення індексу екофізіологічного різноманіття ґрунту за технологією BIOTREX встановлено, що у контрольних зразках ґрунту індекс становив 3,66, тоді як за використання біодеструкторів він зростає до 4,87–5,61, залежно від досліджуваного варіанта. До того ж згідно з оцінкою BIOTREX, застосування біодеструкторів сприяло не тільки збільшенню ґрунтового біорізноманіття, а й покращувало його активність. Використання біодеструкторів забезпечило збільшення врожайності зерна кукурудзи порівняно з контролем на 3,2 ц/га у варіанті з Екостерн Класичний та на 1,76 ц/га за сумісного застосування Екостерн Бактеріальний з Екостерн Триходерма.

**Ключові слова:** кукурудза, лабільний вуглець, біодеструктори, гриби роду *Trichoderma*.



## ВСТУП

Україна — одна з найбагатших країн світу, адже має родючі ґрунти, зокрема володіє найбільшою часткою світового фонду чорноземів. Ґрунт є основним засобом сільськогосподарського виробництва і тому успіх землеробської галузі залежить саме від родючості ґрунтів. Однак, в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва України спостерігається посилення антропогенного впливу на ґрунти, змінюється їх біологічний і гумусовий стан. У зв'язку з цим стає дедалі більш важливим дослідження закономірностей мікробіологічних, біохімічних та хімічних процесів у ґрунті залежно від застосованих агрозаходів. Нагальна потреба у відновленні природних екосистем для підтримки їхнього біорізноманіття на рівнях, що гарантують екологічну стабільність, ставить перед наукою нові завдання щодо забезпечення термінових заходів, спрямованих на захист навколишнього середовища від забруднення та руйнування [1].

**Мета роботи** — дослідити вплив біодеструкторів на депонування лабільних вуглецевих сполук у ґрунті за тривалого беззмінного вирощування кукурудзи.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вуглець лабільної органічної речовини ґрунтів — досить важливий компонент кругообігу Карбону через його динамічність та чутливість до змін у довкіллі. Однак чітко не встановлено як трансформується органічна речовина ґрунтів у відповідь на кліматичні зміни, що обмежує можливості прогнозу та моделювання. Вміст органічного вуглецю у верхньому шарі ґрунту, як визначено модельними розрахунками та регресійною апроксимацією, залежить від кліматичних параметрів, найперше — сезонної кількості опадів. У підповерхневих горизонтах на кількість вуглецю органічної речовини впливають локальні особливості розміщення, передусім, тип ґрунту і його щільність (близько 20%), а також вид землекористування (до 60%) й кліматичні особливості (близько 20%) [2].

За даними світових вчених, відмічено важливу роль мікробіологічного біорізноманіття ґрунту у кругообігу вуглецю, їх активність вважається основним чинником відмінностей у потенціалі зберігання вуглецю у ґрунтах [3]. Hartmann, 2015; Khatoun, 2017; Jansson та Hofmockel, 2020 показали, що ґрунтова мікробіота відіграє вирішальне значення у процесі трансформації органічної речовини в ґрунті [4–6].

У роботах (Панфілова, Бунас, 2022) відмічено, що для пришвидшення розкладання рослинних решток й вивільнення у ґрунт макро- та мікроелементів широко використовуються біодеструктори стерні. Мікроорганізми, ферменти та біологічно активні речовини, що містяться в цих біопрепаратах, прискорюють процеси трансформації нерозкладеної органічної речовини в гумус і доступні (лабільні) для рослин форми елементів живлення, перешкоджають розвитку та поширенню хвороб, покращують мікробіологічні й агрохімічні властивості ґрунтів [7; 8].

Саме тому, заорювання у ґрунт після-жнивних решток сільськогосподарських культур, застосування сучасних біодеструкторів, а також вивчення біологічної активності ґрунтів є вирішальним завданням на сучасному етапі розвитку аграрного сектору. Глибше розуміння мікробіологічних процесів дасть змогу виявити закономірності трансформації органічної речовини, наслідки антропогенного впливу на ґрунти та шляхи їх усунення. Одним із таких заходів є використання біодеструкторів у сучасних агротехнологіях для ефективного розкладання рослинних решток [9].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали впродовж 2020–2023 рр. в умовах стаціонарного польового досліді науково-дослідного відділу СТОВ «Дружба-Нова» поле № 90.25. 04.14.26.10, Чернігівської обл., с-ще Варва. Ґрунт — чорнозем типовий малогумусний, орний шар якого характеризується такими основними показниками: вміст гумусу — 3,4%, рН — нейтральний, слаболужний,

вміст рухомих форм фосфору підвищений – високий – 14,7–16,5 мг/100 г ґрунту, обмінного калію від середнього до високого – 7,8–11,1 мг/100 г ґрунту, вміст легкогидролізованого азоту – 6,8 мг/100 г.

Сівозміна у досліді – кукурудза в монокультурі. Посів гібрида кукурудзи DKC 4351 – 82 тис. шт./га.

Схема досліду:

- 1) Контроль КАС 32–28 л/га;
- 2) Екостерн Класичний – 2 л/га + КАС-32 – 28 л/га;
- 3) Екостерн Бактеріальний – 2 л/га + Екостерн Триходерма – 1 л/га + КАС-32 – 28 л/га.

Розміщення ділянок – рендомізоване.

Площа облікової ділянки – 0,152 га.

Фоном у досліді було локальне внесення восени на глибину 15–17 см: FERTIS NPK 7-20-28 + S + B + 1%Zn – 100 кг/га, та як основне добриво навесні КАС-32 350 кг/га по всіх варіантах досліду. За сівби в рядок вносили додатково рідке комплексне добриво Квантум Діафан 5:20:5 (NPK) – 20 кг/га + Квантум Хелат Цинку 1,0 л/га + Гуміфілд ВР – 18 0,4 л/га.

Біопрепарати компанії БТУ-ЦЕНТР, які використовувались у стаціонарному досліді: Екостерн Класичний до складу препарату входять бактерії роду *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Agrobacterium* та гриби роду *Trichoderma*. Загальне число життєздатних ефективних мікроорганізмів не менше ніж  $3,5 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [Посвідчення про держ. реєстрацію А № 08717].

Екостерн Бактеріальний до складу препарату входять бактерії роду *Bacillus*, *Paenibacillus polymyxa*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter* sp., *Enterococcus faecium*, *Pseudomonas fluorescens* та ін. Загальне число життєздатних ефективних мікроорганізмів не менше ніж  $5,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> [Посвідчення про держ. реєстрацію А № 08717].

Екостерн Триходерма у складі препарату містяться спори та міцелій грибів антагоністів роду *Trichoderma*. Загальне число життєздатних ефективних мікроорганізмів не менше ніж  $1 \times 10^7$  КУО/см<sup>3</sup> [Посвідчення про держ. реєстрацію А № 08716].

Облік урожайності кукурудзи проводили шляхом суцільного збирання та зважування бункерної маси з кожної ділянки з наступним перерахунком на стандартну вологість і засміченість згідно з ДСТУ 2240-93 та загальноприйнятими методиками [10; 11].

Математично-статистичну обробку даних виконували за допомогою програмно-інформаційного комплексу «Agrostat».

Зразки ґрунту відбирали в динаміці (весна–літо–осінь) методом конверту на глибину 0–30 см, потім аналізували як на агрохімічні (лабільний вуглець) [12], так і мікробіологічні показники [13; 14].

Індекс екофізіологічного різноманіття та активності ґрунтового мікробіому визначали за технологією BIOTREX [15].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вміст лабільного вуглецю – це динамічний показник, його збільшення демонструє направленість процесів гуміфікації органічної речовини, тобто переходу вуглецю в більш складні високомолекулярні сполуки, з яких і складається органічна речовина. Підвищення показників вмісту лабільного вуглецю у ґрунті, в середньому за три роки, спостерігалось у варіантах із використанням біодеструкторів (рис. 1): Екостерн Класичний 2 л/га + КАС-32–

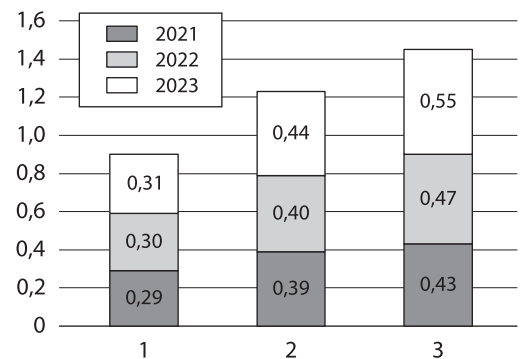


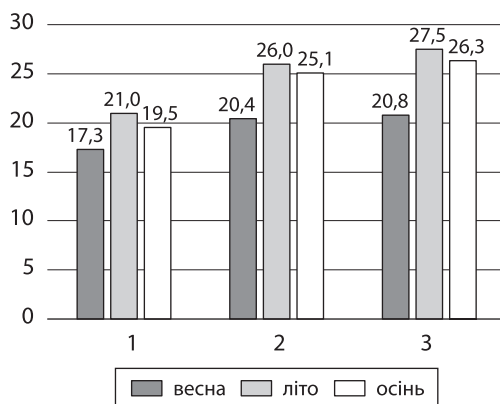
Рис. 1. Вміст лабільного вуглецю у ґрунті за внесення мікробіологічних препаратів в агроценозах кукурудзи (СТОВ «Дружба-Нова», 2021–2023 рр.), %

28 л/га – на 0,11% та Екостерн Бактеріальний 2 л/га + Екостерн Триходерма 1 л/га + КАС-32 – 28 л/га – на 0,18% порівняно з контролем. До того ж встановлено динаміку до зростання цього показника на цих варіантах із кожним наступним роком досліджень.

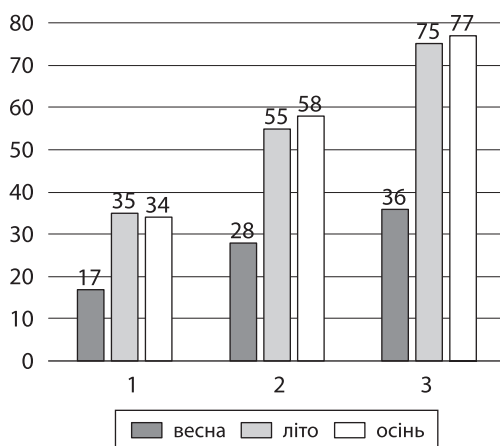
Підтвердженням отриманих даних збільшення вмісту лабільного вуглецю є визначення в динаміці коефіцієнта трансформації органічної речовини (КТОР) – це добуток суми кількості мікроорганізмів, що засвоюють органічні і мінеральні сполуки азоту, та їх співвідношення. Підвищення показників КТОР свідчить про посилення мікробіологічних процесів у ґрунті і перевагу процесів синтезу органічної речовини над її мінералізацією. Так, за використання біодеструкторів, цей показник був достовірно більшим за контрольні впродовж усього періоду досліджень (рис. 2).

У наших дослідженнях було акцентовано увагу на приживаність грибного біоагента препаратів Екостерн Класичний та Екостерн Триходерма у ґрунті. Для цього у динаміці визначали чисельність грибів роду *Trichoderma*. Результати досліджень свідчать про збільшення чисельності цього мікроміцету у варіантах із внесенням Екостерн Класичний у середньому на 19 тис. КУО/г ґрунту, за сумісного застосування Екостерн Бактеріальний з Екостерн Триходерма – на 34 тис. КУО/г ґрунту, при середніх показниках на контролі – 28 тис. КУО/г ґрунту (рис. 3). Це опосередковано може свідчити про приживаність цього біоагента, який входить до складу біопрепаратів. Що стосується контрольного варіанта КАС-32 – 28 л/га, то тут ми також спостерігаємо незначний ріст чисельності грибів роду *Trichoderma* за рахунок додаткової стимуляції аборигенних грибів роду *Trichoderma* в ґрунті азотними добривами.

Чим більша біологічна різноманітність, тим стабільніший, стійкіший і здоровіший мікробіом, у цьому полягає загальний науковий консенсус визначення індексу екофізіологічного різноманіття за технологією BIOTREX.

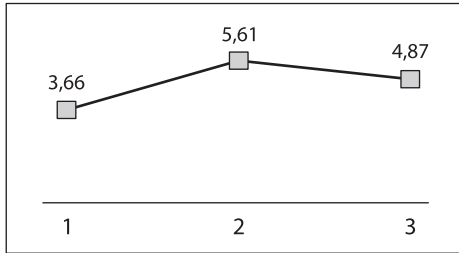


**Рис. 2.** Показники КТОР (коефіцієнт трансформації органічної речовини) за внесення мікробіологічних препаратів в агроценозах кукурудзи (СТОВ «Дружба-Нова», 2023 р.)



**Рис. 3.** Динаміка чисельності грибів роду *Trichoderma* за внесення мікробіологічних препаратів в агроценозах кукурудзи (СТОВ «Дружба-Нова», 2023 р.), тис. КУО/г ґрунту

Згідно з даними рис. 4, у контрольних зразках ґрунту індекс екофізіологічного різноманіття становив 3,66 тоді як на варіантах з КАС в комплексі з біодеструкторами він значно зростає. За внесення у ґрунт Екостерн Класичний 2 л/га + КАС-32 – 28 л/га цей індекс сягав – 5,61, за внесення Екостерн Бактеріальний 2 л/га +



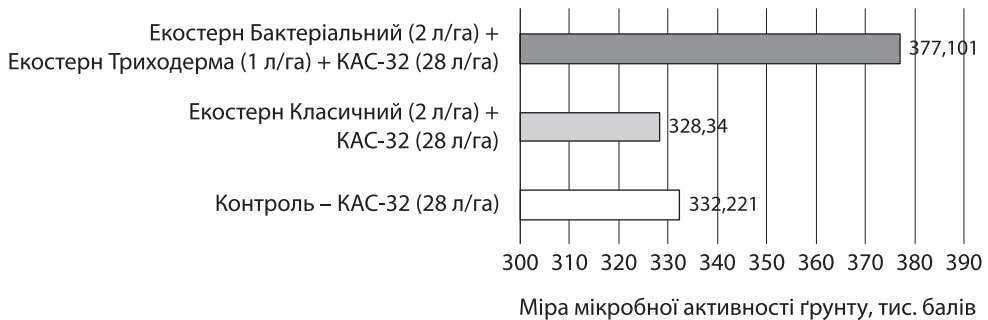
**Рис. 4.** Вплив мікробіологічних препаратів на індекс екофізіологічного різноманіття за вирощування кукурудзи, осінь 2023 р. (СТОВ «Дружба-Нова»)

Екостерн Триходерма 1 л/га + КАС-32 – 28 л/га – 4,87. Отже, можна стверджувати, що комплексне застосування КАС та біодеструкторів сприяло збільшенню ґрунтового біорізноманіття, що передусім покращує здоров'я ґрунту і підвищує його стійкість до різних біотичних та абіотичних чинників.

Згідно з оцінкою BIOTREX, яка презентує міру мікробної активності ґрунту, отриманої на основі аналітичних результатів встановлено, що комплексне застосування біодеструкторів з КАС сприяло не тільки збільшенню ґрунтового біорізноманіття, а й покращувало його активність (рис. 5).

Зростання мікробної активності ґрунту відмічено у варіанті з внесенням Екостерн Бактеріальний 2 л/га + Екостерн Триходерма 1 л/га + КАС-32 – 28 л/га на 44,9 тис. балів порівняно до контролю відповідно (див. рис. 5).

У 2023 р. урожайність кукурудзи була на доволі високому рівні (табл.). Застосування біодеструкторів сприяло підвищенню врожайності зерна кукурудзи порівняно з контролем на 3,2 ц/га у варіанті з Екостерн Класичний 2л/га + КАС-32 – 28 л/га та на 1,76 ц/га за використання Екостерн Бактеріальний 2 л/га + Екостерн Триходерма 1 л/га + КАС-32 – 28 л/га.



**Рис. 5.** Вплив КАС та біодеструкторів на індекс BIOTREX (міра мікробної активності ґрунту, тис. балів)

**Вплив біопрепаратів на урожайність кукурудзи (СТОВ «Дружба-Нова», 2023 р.), ц/га**

Варіанти	Урожайність, ц/га	Різниця до контролю, ц/га
Контроль КАС-32 – 28 л/га	133,9	–
Екостерн Класичний – 2,0 л/га + КАС-32 – 28 л/га	137,1	3,20
Екостерн Бактеріальний – 2,0 л + Екостерн Триходерма – 1,0 л/га + КАС-32 – 28 л/га	135,6	1,76
НІР <sub>0,05</sub>	1,7	–

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що такий агроприйом, як внесення біодеструкторів по рештках кукурудзи впродовж 2021–2023 рр. пришвидшує їх трансформацію та забезпечує секвестрацію лабільних сполук вуглецю. За використання біодеструкторів Екостерн Класичний та Екостерн Бактеріальний + Екостерн Триходерма вміст лабільного вуглецю в ґрунті збільшується, порівняно з контролем, на 0,11% і 0,18% відповідно. Відбувається посилення мікробіологічних процесів у ґрунті і переважання процесів синтезу органічної речовини над її мінералізацією. Відмічено підвищення

чисельності грибів роду *Trichoderma* у варіантах із внесенням біодеструкторів Екостерн, що опосередковано може свідчити про приживаність цього біоагента, який входить до складу досліджуваних біопрепаратів. Встановлено зростання індексу екофізіологічного різноманіття та мікробіологічної активності ґрунту. Застосування біодеструкторів забезпечило збільшення врожайності зерна кукурудзи порівняно з контролем на 3,2 ц/га у варіанті з Екостерн Класичний та на 1,76 ц/га за сумісного використання Екостерн Бактеріальний з Екостерн Триходерма.

## ЛІТЕРАТУРА

- Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В. та ін. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 02 (87). С. 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101>.
- Дмитрук Ю.М., Демид І.Е. Оцінка профільного розподілу вуглецю лабільної та водорозчинної форм органічної речовини ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. С. 40–47.
- Bhattacharyya S.S., Ros G.H., Furtak K. et al. Soil carbon sequestration — an interplay between soil microbial community and soil organic matter dynamics. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 815. 152928 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152928>.
- Hartmann M., Frey B., Mayer J. et al. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME journal*. 2015. Vol. 9 (5). P. 1177–1194.
- Khatoun H., Solanki P., Narayan M. et al. Role of microbes in organic carbon decomposition and maintenance of soil ecosystem. *International Journal of Chemical Studies*. 2017. Vol. 5 (6). P. 1648–1656.
- Jansson J.K. and Hofmockel K.S. Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*. 2020. Vol. 18 (1). P. 35–46.
- Панфілова А.В., Белов Я.В. Поживний режим ґрунту залежно від деструктора Екостерн Класичний та способу основного обробітку. *Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2022. № 16. С. 61–65. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.10>.
- Бунас А.А., Ткач Є.Д., Дворецький В.В. та ін. Ефективність застосування препарату БіоСистем Power, KC (BioSistem POWER, SC) для прискорення деструкції післяжнивних решток. *Агро-екологічний журнал*. 2022. № 3. С. 119–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266417>.
- Dudchenko V., Markovska O. and Sydiakina O. Soybean productivity in rice crop rotation depending on the Impact of biodestructor on post-harvest rice residues. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. № 22(6). P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/141466>.
- Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А. Голобородько С.П. та ін. Методика польового дослід. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 445 с.
- ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості: технічні умови. [Чинний від 1997.07.01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 73 с.
- ДСТУ 4732:2007. Якість ґрунту. Методи визначення доступної (лабільної) органічної речовини. [Чинний від 2008–01–01]. Київ, 2008. С. 13.
- Волкогон В.В., Пиріг О.В., Британ Т.Ю. Спрямованість ґрунтово-мікробіологічних процесів за впливу органічних та мінеральних добрив. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-01>.
- Тонха О.Л. Відновлення біологічної активності і гумусного стану чорноземів типових і звичайних України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.03. Київ, 2016. 42 с.
- BIOTREX: New biological indicator for soil health. URL: <https://biotrex.eu/>.

## REFERENCES

- Hamaiunova, V. V., Khonenko, L.H., Baklanova, T.V. et al. (2020). Suchasni pidkhody do zastosuvannia mineralnykh dobrovy za zberezhennia gruntovoi rodiiu- chosti v umovakh zminy klimatu [Modern approaches to the use of mineral fertilizers to preserve soil fertility in conditions of climate change]. *Naukovi horyzonty* —

- Scientific horizons*, 02 (87), 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101> [in Ukrainian].
2. Dmytruk, Yu.M. & Demyd, I.E. (2019). Otsinka profilnoho rozpodilu vuhletsiu labilnoi ta vodorozchynnoi form orhanichnoi rechovyny gruntiv [Assessment of carbon profile distribution of labile and water-soluble forms of soil organic matter]. *Ahrokhimia i hruntovnavstvo — Agrochemistry and soil science*, 88, 40–47 [in Ukrainian].
  3. Bhattacharyya, S.S., Ros, G.H., Furtak, K. et al. (2022). Soil carbon sequestration — an interplay between soil microbial community and soil organic matter dynamics. *Science of The Total Environment*, 815, 152928. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152928> [in English].
  4. Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J. et al. (2015). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME journal*, 9 (5), 1177–1194 [in English].
  5. Khatoun, H., Solanki, P., Narayan, M. et al. (2017). Role of microbes in organic carbon decomposition and maintenance of soil ecosystem. *International Journal of Chemical Studies*, 5 (6), 1648–1656 [in English].
  6. Jansson, J.K. & Hofmocker, K.S. (2020). Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18 (1), 35–46 [in English].
  7. Panfilova, A.V. & Bielov, Ya.V. (2022). Pozhyvnyi rezhym gruntu zalezhno vid destruktora Ekostern Klasychnyi ta sposobu osnovnoho obrobitku [Nutrient regime of the soil depending on the destructor Ecoster Classic and the method of main cultivation]. *Melioratsiia, zemlerobstvo, roslinnytstvo — Reclamation, agriculture, crop production*, 16, 61–65. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.10> [in Ukrainian].
  8. Bunas, A., Tkach, Ye., Dvoretzkyi, V. et al. (2022). Efektyvnist zastosuvannia preparatu BioSystem Power, KS (BioSistem POWER, SC) dlia pryskorennia destruktsii pisliazhnyvnykh reshtok [The effectiveness of the use of BioSistem Power, KS (BioSistem POWER, SC) to accelerate the destruction of post-harvest residues]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 119–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266417> [in Ukrainian].
  9. Dudchenko, V., Markovska, O. & Sydiakina, O. (2021). Soybean productivity in rice crop rotation depending on the Impact of biodestructor on post-harvest rice residues. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22 (6), 114–121. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/141466> [in English].
  10. Ushkarenko, V.O., Vozhegova, R.A., Holoborodko, S.P. et al. (2014). *Metodyka polovoho doslidu [Methodology of the field experiment]*. Kherson [in Ukrainian].
  11. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti: tekhnichni umovy [Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities: technical conditions]. (1994). *DSTU 2240–93 from 1<sup>st</sup> of July 1997*. Kyiv: Derzhstandart of Ukraine [in Ukrainian].
  12. Yakist gruntu. Metody vyznachannia dostupnoi (labilnoi) orhanichnoi rechovyny [Soil quality. Methods of determining available (labile) organic matter]. (2008). *DSTU 4732:2007 from 1<sup>st</sup> of January 2008*. Kyiv: Derzhstandart of Ukraine [in Ukrainian].
  13. Volkohon, V.V., Pyrih, O.V. & Brytan, T.Iu. (2018). Spriamovanist hruntovo-mikrobiolohichnykh protsesiv za vplyvu orhanichnykh ta mineralnykh dobryv [Directionality of soil microbiological processes under the influence of organic and mineral fertilizers]. *Visnyk ahramoi nauky — Bulletin of agricultural science*, 6, 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk.201806-01> [in Ukrainian].
  14. Tonkha, O.L. (2016). Vidnovlennia biolohichnoi aktyvnosti i humusnoho stanu chornozemiv typovykh i zvychaynykh Ukrainy [Restoration of biological activity and humus condition of typical and ordinary chernozems of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
  15. BIOTREX: New biological indicator for soil health. URL: <https://biotrex.eu/> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 13.03.2024

## ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВУ СОЇ (*GLYCINE MAX L.*) ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ

А.В. Голодна, Я.В. Грицюк

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: ant.golodna@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7775-8229

e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com; ORCID: 0009-0007-9301-6990

*Мета досліджень* — визначити вплив основного удобрення, позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку рослин сої, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювальним біопрепаратом, а також мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником на динаміку накопичення сухої речовини рослинами та чисту продуктивність фотосинтезу посіву сої. Використовували такі методи: польовий (для вивчення взаємодії об'єкта досліджень із біотичними та абіотичними чинниками); морфологічний (для біологічного контролю за розвитком елементів продуктивності за етапами органогенезу); статистичний (статистична обробка результатів досліджень). Представлені результати досліджень стосовно накопичення сухої речовини рослинами сої та чистоті продуктивності фотосинтезу посіву за фазами росту й розвитку рослин, розраховано рівняння залежності врожайності насіння сої від показників накопичення рослинами сухої маси у фазі наливу бобів. У сучасних умовах ведення сільського господарства з метою отримання максимального врожаю насіння технологія вирощування повинна включати агрозаходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослини впродовж періоду вегетації та зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Для формування максимального в досліді врожаю насіння сої сорту Муза оптимальними умови склалися за технології вирощування, яка передбачала внесення  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$ , передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакоренеve підживлення орґано-мінеральним добривом у фазі гілкування, чи бутонізації, коли відбувається формування рослинами квіток, бобів і насінин у бобі. За поєднання вказаних агрозаходів рослини накопичують суху масу у фазі наливу бобів 25,9–27,4 г/роsl., забезпечуючи чисту продуктивність фотосинтезу посіву в указаний період розвитку 5,60–6,10 г/м<sup>2</sup>×добу за показників на абсолютному контролі відповідно 20,8 г/роsl. та 5,46 г/м<sup>2</sup>×добу.

**Ключові слова:** мікоризоутворювач, мінеральне добриво, орґано-мінеральне мікродобриво, позакоренеve підживлення, протруйник, фази росту та розвитку, чиста продуктивність фотосинтезу посіву.

### ВСТУП

В Україні через військові дії відбулося зменшення площі ріллі на 25%, проте посівні площі сої зростали і в у 2022 р. становили 1538 тис. га, у 2023 р. — зросли до 1796 тис. га, що дало можливість збільшити валовий збір насіння до 4,82 млн т [1]. Завдяки існуючому значному експорту сої та внутрішньому попиту на насіння й продукти його переробки, в наступному сільськогосподарському сезоні очікується подальше збільшення площі під культурою.

**Мета дослідження** — визначити вплив варіантів основного удобрення, позакоре-

невого підживлення орґано-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку рослин сої, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювальним біопрепаратом, а також мікоризоутворювачем із протруйником на процес накопичення орґанічної речовини рослинами, а також одиницею площі листової поверхні посіву сої за певний проміжок часу — чисту продуктивність фотосинтезу. Аналіз отриманих закономірностей за різних досліджуваних агрозаходів дає можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування культури та розробити заходи, які позитивно впливатимуть на ріст

і розвиток рослин, забезпечуючи стабільну максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сортів культури.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В умовах змін клімату, які відмічає людство в останні десятиліття, відчутними є дефіцит вологи та зміна середньодобових температур повітря [2–5]. Тобто, погодні умови сьогодення не завжди сприятливі для ефективного функціонування агроєко-систем та продуктивності агрокультур [3; 5; 6]. Технології вирощування сільськогосподарських культур потребують детального переосмислення з метою пристосування до мінливих умов та забезпечення екологічної безпеки, адже лише сорти з високим рівнем адаптивності здатні в умовах змін клімату реалізувати свій біологічний потенціал [7]. Тому постійно проводяться дослідження та розробляються екологічно безпечні технології вирощування сільськогосподарських культур із використанням біологічних препаратів, регуляторів росту рослин, нових органо-мінеральних добрив та ін., а також удосконалюються технологічні прийоми їх застосування.

Важливою стратегічною культурою в Україні та світі є соя (*Glycine max* L.), яка має багатовекторне застосування, що визначає постійно зростаючий попит на цю культуру. За даними ФАО в 2021–2022 рр. сою вирощували на площі 127,70 млн га з річним виробництвом 363,57 млн т і середньою продуктивністю 2,85 т/га [8]. Глобальна зацікавленість у збільшенні виробництва сої визначає актуальність безперервних досліджень для оптимізації найбільш прийнятних агрономічних методів її вирощування.

Для збільшення виробництва сої застосовують різноманітні сучасні методи сільськогосподарства. Важливим аспектом підвищення продуктивності сої є широке впровадження нових сортів із високим потенціалом продуктивності та стійкості до впливу різних чинників, удосконалення елементів технології вирощування, як-от система удобрення та підживлення, захист

рослин від шкідливих організмів та ін. [9]. Також ефективним і екологічно безпечним агрозаходом підвищення врожайності та валових зборів зерна сої є інокуляція насіння активними штамми мікроорганізмів [10; 11], магнітопраймування (обробка насіння магнітним полем) [12], фоліарна обробка рослин [13–15] та ін. Результатами багатьох досліджень доведено, що застосування біопрепаратів на сої є ефективним заходом зростання врожайності та стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресів [10; 13–16].

Фотосинтетична активність посівів будь-якої культури є складовою закладення її продуктивності, адже понад 90% урожаю рослини формують за її рахунок [16–18]. Вважають, що продуктивність фотосинтезу є важливим показником через його сильну негативну кореляцію з різними екологічними стресами [19–21].

Рекомендовані для вирощування сорти сої мають високий потенціал продуктивності, що дає змогу отримати відповідну господарську врожайність і значний валовий збір культури, проте у виробничих умовах його реалізація залишається низькою та нестабільною за роками [9; 22].

Тому важливим завданням технології вирощування є створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, під час якого посіви найбільш ефективно використовували б сонячну енергію для накопичення сухої маси, що відіграє важливу роль у формуванні господарсько-цінного врожаю. За характером зміни цього показника впродовж періоду вегетації культури можливо визначити, наскільки сприятливими були умови зовнішнього середовища для рослин та визначити реакцію на агрозаходи, що вивчали. Важливим залишається питання накопичення сухої речовини рослинами сої в динаміці, чистої продуктивності фотосинтезу, що безпосередньо висвітлює проходження процесу формування врожаю та значно впливає на його рівень.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження з вивчення впливу різних доз мінеральних добрив за основного



внесення, позакореневого підживлення органо-мінеральним, а також сівбу насінням, обробленим мікоризоутворювальним препаратом та його поєднання з протруйником на ріст, розвиток рослин і формування продуктивності соєю проводили впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному досліді ННЦ «ІЗ НААН».

*Предмет дослідження* – середньоранній сорт сої Муза селекції ННЦ «ІЗ НААН», занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся у 2015 р. Норма висіву – 750 тис. схожих насінин/га.

*Технологія вирощування* – загальноприйнята для зони проведення досліджень, за виключенням досліджуваних агрозаходів.

*Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту дослідної ділянки:* вміст гумусу – 1,49–1,71%, вміст лужно-гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 68,6–78,4 мг N/кг ґрунту (дуже низький рівень), рухомого фосфору (за Чириковим) – 140–160 мг/кг ґрунту (високий рівень), рухомого калію (за Чириковим) – 55–70 мг/кг ґрунту (середній рівень) [23]. Реакція ґрунтового середовища слабкокисла (рН<sub>сол.</sub> 5,2–5,7).

Дослідження проводили за схемою:

- *фактор А (удобрення):* без добрив (контроль), P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>30</sub> у фазі бутонізації, N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>;

- *фактор В (передпосівне оброблення насіння):* без оброблення (контроль), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд у поєднанні з фунгіцидним протруйником Вайбранс RFC, ТН (по 1 л/т насіння);
- *фактор С (позакоренево підживлення рослин):* висіяних насінням, обробленим Мікофренд+Вайбранс, органо-мінеральним добривом Хелпрост Соєа (2 л/га) у фазі гілкування, бутонізації та цвітіння.

Повторність дослідів – чотириразова. Загальна площа під дослідом – 0,6 га, облікової ділянки – 50 м<sup>2</sup>.

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Закладання польових дослідів та виконання досліджень проводили з урахуванням вимог методики дослідної справи [24].

Погодні умови вегетаційного періоду 2021–2023 рр. різнилися як за роками досліджень, так і порівняно з середньобогаторічними значеннями (табл. 1).

Не зважаючи на строкатість погодних умов за роками, їх відхилення від середніх багаторічних значень в окремі періоди росту і розвитку рослин сої, отримані результати дали можливість оцінити закономірності впливу агрозаходів, які вивчали у досліді та є достовірними.

Таблиця 1. Метеорологічні умови за періоди вегетації сої, 2021–2023 рр.

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °С				Опади, мм			
		середня			багаторічна	сума			багаторічна
		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
Квітень	I	6,39	6,41	8,00	7,2	8,4	12,6	43,0	15,0
	II	9,24	6,87	9,69	8,2	22,2	4,0	29,6	19,0
	III	8,72	11,58	11,50	10,8	6,4	8,4	2,6	15,0
	Середнє	8,12	8,29	9,73	10,0	37,0	25,0	75,2	42,0
Травень	I	12,43	13,62	12,14	14,2	11,8	0	0,4	15,9
	II	15,33	14,49	17,97	15,8	13,4	9,4	0	20,0
	III	16,33	14,27	19,12	17,2	37,6	18,6	0	29,1
	Середнє	14,70	14,13	16,08	15,8	62,8	28,0	0,4	65,0

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °С				Опади, мм			
		середня			багато-річна	сума			багато-річна
		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
Червень	I	17,47	21,67	19,83	18,6	13,2	8,0	21,0	23,8
	II	22,04	21,68	20,10	19,9	3,2	3,6	10,2	25,1
	III	25,01	21,97	20,62	19,8	3,8	18,6	19,4	25,1
	Середнє	21,51	21,78	20,18	19,5	20,2	30,2	50,6	74,0
Липень	I	24,23	22,55	22,62	20,6	22,4	17,6	31,8	23,0
	II	26,48	17,85	22,51	21,2	21,2	23,0	61,0	20,0
	III	24,23	23,00	21,67	22,0	4,4	1,0	44,0	25,0
	Середнє	24,40	20,20	21,93	21,3	48,0	41,6	136,8	68,0
Серпень	I	22,48	21,49	22,79	21,8	22,0	17,4	12,8	21,0
	II	21,98	22,27	24,98	20,6	5,2	16,0	0,8	20,0
	III	19,67	23,64	24,51	19,0	57,6	0	0,4	15,0
	Середнє	21,33	21,91	24,09	20,4	84,8	33,4	14,0	56,0
Вересень	I	14,5	13,73	18,45	16,7	1,8	16,8	0	20,0
	II	16,1	12,71	18,52	15,1	5,4	27,6	10,4	18,0
	III	9,8	11,58	19,70	12,9	9,2	20,3	0	20,0
	Середнє	12,0	11,54	18,89	14,9	16,4	64,7	10,4	58,0

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Накопичення органічної речовини є результатом складних процесів, що відбуваються у рослинах. Створення оптимальних умов для їх росту та розвитку сприяє формуванню більшої кількості органічної маси, її перерозподілу по органах рослини, та істотно впливає на чисту продуктивність фотосинтезу посіву загалом, що в результаті відображається на рівні врожаю культури.

Як свідчить аналіз отриманих у 2021–2023 рр. результатів, досліджувані агрозаходи значно позначилися щодо процесу накопичення рослинами сухої маси (табл. 2).

На початкових етапах розвитку, у фазі першого трійчастого листка кількість накопиченої рослинами сухої маси була незначною — лише 0,7–1,0 г/росл. Чіткої залежності впливу взятих для дослідження агрозаходів на рівень показника в цей період не спостерігали.

До фази бутонізації суха маса рослин збільшувалась у 3,4–3,7 раза і становила від 2,4 до 3,7 г/росл. У цей період відмічали залежність рівня показника від досліджуваних агрозаходів. На варіантах із внесенням мінеральних добрив кількість накопиченої сухої маси була на 0,4–0,6 г/росл., або на 14,3–21,4% більшою за рівня показника на контрольному варіанті, який не передбачав застосування мінеральних добрив — 2,8 г/росл. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню маси сухої речовини на 0,3–0,4 г/росл., або 11,1–14,8%, за показника на контрольному варіанті без оброблення насіння 2,7 г/росл. Передпосівне оброблення насіння мікорізоутворювальним препаратом та протруйником із позакореневим підживленням орґано-мінеральним добривом позитивно впливало на підвищення показника на 0,6–0,8 г/росл., або 22,2–29,6%, порівняно з контрольним варіантом.

До фази цвітіння суха маса рослин збільшувалась у 9,7–12,6 раза, порівня-

Таблиця 2. Накопичення сухої маси рослинами сої залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр., г/росл.

Удобрення	Фаза розвитку рослин	Оброблення насіння			Оброблення насіння (мікоризоутворювач + протруйник) + позакореневе підживлення у фазі:		
		без оброблення (контроль)	мікоризоутворювач	мікоризоутворювач + протруйник	гілкування	бутонізації	цвітіння
Без добрив (контроль)	1-й трійчастий листок	0,7	0,9	0,7	0,9	0,8	0,7
	Бутонізація	2,4	2,5	2,8	3,0	3,3	3,0
	Цвітіння	8,8	9,0	9,2	10,2	10,1	11,4
	Налив бобів	20,8	22,0	22,3	23,1	23,0	23,4
P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1-й трійчастий листок	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
	Бутонізація	2,6	3,0	3,1	3,2	3,4	3,6
	Цвітіння	9,5	10,0	10,2	10,9	10,2	11,6
	Налив бобів	21,3	23,2	23,1	23,9	24,5	24,6
N <sub>15</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	1-й трійчастий листок	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8
	Бутонізація	2,7	3,0	3,2	3,4	3,6	3,7
	Цвітіння	9,9	10,0	10,7	10,4	11,0	11,2
	Налив бобів	23,8	25,9	25,2	26,2	25,9	27,4
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1-й трійчастий листок	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0
	Бутонізація	3,2	3,4	3,2	3,7	3,2	3,5
	Цвітіння	12,0	12,1	12,3	12,2	12,6	12,5
	Налив бобів	24,0	26,2	25,0	26,9	26,8	29,2
V, %	1-й трійчастий листок	10,2	6,8	10,2	5,7	6,1	17,1
	Бутонізація	12,5	12,4	6,2	9,0	5,1	9,0
	Цвітіння	13,7	12,7	12,2	8,2	10,5	4,9
	Налив бобів	7,4	8,4	6,0	7,2	6,6	10,1

но з фазою першого трійчастого листка і становила 6,8–12,6 г/росл. Внесені мінеральні добрива слугували накопиченню сухої речовини на 0,4–2,3 г/росл., або 4,0–23,0% більше, порівняно з варіантами без їх застосування, де показник сягав 10,0 г/росл. За передпосівного оброблення насіння сої відмічали зростання показника на 0,7–1,0 г/росл., або 7,3–10,4%, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (9,6 г/росл.). За сівби насінням, обробленим мікоризоутворювачем і протруйником, та проведенням позакореневого підживлення органомінеральним добривом суха маса рослин збільшилась на 1,3–2,1 г/росл., або 13,5–21,9%, порівняно з контрольним варіантом.

У фазі наливу бобів накопичена суха маса рослин сої перевищувала показники у фазі першого трійчастого листка у 29,2–29,7 разів і становила від 20,8 до 29,2 г/росл. На варіантах із внесенням мінеральних добрив спостерігали збільшення накопичення сухої маси на 1,0–4,0 г/росл., або на 4,5–17,9%, порівняно з контрольним варіантом, який не передбачав їх застосування – 22,4 г/росл. Оброблення насіння лише мікоризоутворювачем сприяло зростанню рівня показника на 1,8, мікоризоутворювачем з протруйником – на 1,4 г/росл., або на 8,0 і 6,2%, порівняно з варіантом без проведення агрозаходів (22,5 г/росл.). На варіантах, які передбачали оброблення насіння мікоризоутво-

рювачем з протруйником, а також позакоренеve підживлення органо-мінеральним добривом, рослини накопичували на 2,5–3,7 г/роsl., або 11,1–16,4% більше сухої речовини, порівняно з варіантами, які не передбачали проведення вказаних агрозаходів.

Максимальні показники сухої маси однієї рослини в досліді – 26,8–29,2 г/роsl., відмічали на варіантах зі внесенням  $N_{45}P_{45}K_{60}$ , сівбою насінням, обробленим мікоризоутворювальним біопрепаратом і протруйником, та проведенням позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у фазі наливу бобів. Дещо менші показники (25,2–27,4 г/роsl.) формувалися на варіантах зі внесенням  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$ .

Показник чистої продуктивності фотосинтезу посіву характеризує інтенсивність накопичення органічної речовини одиницею площі листової поверхні за певний проміжок часу, та значною мірою визначає рівень сформованого врожаю. Як свідчать отримані результати досліджень, показники чистої продуктивності фотосинтезу посіву істотно різнились залежно від досліджуваних агрозаходів (табл. 3).

В агроценозі культури показник знаходиться в складній функціональній залежності від фази розвитку, асимілюючої поверхні та ступеня оптимізації умов вирощування [18].

У міжфазний період від першого трійчастого листка до бутонізації показник чистої продуктивності фотосинтезу зна-

**Таблиця 3. Чиста продуктивність фотосинтезу посіву сої залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр., г/м<sup>2</sup>×добу**

Удобрення	Міжфазний період	Оброблення насіння			Оброблення насіння (мікоризоутворювач + протруйник) + позакоренеve підживлення у фазі:		
		без оброблення (контр-роль)	мікоризоутворювач	мікоризоутворювач + протруйник	гілкування	бутонізації	цвітіння
Без добрив (контр-роль)	1-й трійчастий листок–бутонізація	4,54	4,58	4,71	4,82	5,17	4,93
	Бутонізація–цвітіння	7,34	7,32	7,51	7,91	7,65	8,86
	Цвітіння–налив бобів	5,46	5,58	5,51	5,17	5,19	4,63
$P_{45}K_{60}$	1-й трійчастий листок–бутонізація	4,88	5,09	4,88	5,27	4,58	5,08
	Бутонізація–цвітіння	8,41	8,32	8,00	7,88	7,28	8,25
	Цвітіння–налив бобів	4,90	5,42	5,22	5,08	5,50	4,93
$N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$	1-й трійчастий листок–бутонізація	3,71	5,25	4,97	4,88	5,67	5,72
	Бутонізація–цвітіння	7,95	7,77	8,07	7,54	7,77	7,60
	Цвітіння–налив бобів	5,64	6,43	5,68	6,10	5,60	5,99
$N_{45}P_{45}K_{60}$	1-й трійчастий листок–бутонізація	5,22	5,15	4,52	5,34	6,21	4,57
	Бутонізація–цвітіння	10,25	9,31	11,29	8,52	9,53	8,87
	Цвітіння–налив бобів	4,82	5,47	4,74	5,49	5,32	6,13
V, %	1-й трійчастий листок–бутонізація	14,10	6,00	4,20	5,20	12,90	9,50
	Бутонізація–цвітіння	14,80	10,50	19,90	5,10	12,50	7,20
	Цвітіння–налив бобів	9,20	8,30	7,80	8,50	3,40	13,90

ходився у межах від 3,61 до 6,21 г/м<sup>2</sup>×добу. Внесення мінеральних добрив сприяло зростанню показника у середньому на 0,83–1,04 г/м<sup>2</sup>×добу за його рівня на варіантах без внесення добрив 4,13 г/м<sup>2</sup>×добу, або на 20,1–25,2%. Передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювачем та мікоризоутворювачем із протруйником сприяло збільшенню показника на 1,43 і 1,18 г/м<sup>2</sup>×добу, або 39,8 і 32,9%, порівняно з його рівнем у варіантах без оброблення насіння (3,59 г/м<sup>2</sup>×добу).

У міжфазний період від бутонізації до цвітіння відмічали зростання чистої продуктивності фотосинтезу посіву в 1,6–1,8 раза, порівняно з попереднім періодом. Рівень показника був максимальним і знаходився у межах від 7,28 до 11,29 г/м<sup>2</sup>×добу. Інтенсивність накопичення органічної речовини у вказаний міжфазний період значно залежала від норми мінеральних добрив. У варіантах зі внесенням лише фосфорних і калійних добрив у нормі P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> кг/га д. р. відзначали збільшення показника на 0,25 г/м<sup>2</sup>×добу, або на 3,2%, порівняно з варіантом без внесення добрив, де його рівень становив 7,77 г/м<sup>2</sup>×добу. За норми добрив N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> кг/га д. р. показник чистої продуктивності фотосинтезу посіву формувался у середньому на рівні варіанта без застосування добрив. Це можливо пояснити тим, що внесення азотних добрив у фазі бутонізації стимулювало інтенсифікацію процесів росту і розвитку рослин сої, а не накопичення органічної речовини. У варіантах із внесенням N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> спостерігали зростання показника на 1,86 г/м<sup>2</sup>×добу, або 23,9%, порівняно з варіантами без добрив. У вказаний період передпосівне оброблення насіння та проведення позакореневого підживлення рослин не сприяли інтенсифікації процесу накопичення органічної речовини, про що свідчать отримані результати досліджень. Виключенням був лише варіант із передпосівним обробленням насіння мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, де виявляли збільшення показника на 0,23 г/м<sup>2</sup>×добу, або 2,7% за його рівня на варіанті без оброблення насіння 8,49 г/м<sup>2</sup>×добу.

У міжфазний період цвітіння — налив бобів рівень показника чистої продуктивності посіву знизився у 0,6–0,8 раза, порівняно з періодом бутонізація — цвітіння і знаходився у межах від 4,63 до 6,13 г/м<sup>2</sup>×добу. Інтенсивність накопичення органічної речовини значно залежала від норми добрив, внесених під культуру. На варіантах зі внесенням P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> відмічали зниження рівня показника на 0,08 г/м<sup>2</sup>×добу, або на 1,5% за показника на варіанті без добрив 5,26 г/м<sup>2</sup>×добу, що можливо пояснити незбалансованістю живлення рослин. На варіантах зі внесенням N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> відзначали зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу посіву лише на 0,07 г/м<sup>2</sup>×добу, або 1,3%, а зі внесенням N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> — на 0,65 г/м<sup>2</sup>×добу, або 12,4%, порівняно з варіантом без добрив. Передпосівне оброблення насіння у вказаний міжфазний період позитивно вплинуло на зростання показника на 0,08–0,52 г/м<sup>2</sup>×добу, або 1,5–10,0%, передпосівне оброблення з подальшим позакореневим підживленням — на 0,19–0,25 г/м<sup>2</sup>×добу, або 3,6–4,8%, порівняно з варіантом без оброблення насіння (5,21 г/м<sup>2</sup>×добу).

Значення показника чистої продуктивності фотосинтезу посіву 4–6 г/м<sup>2</sup>×добу вважається середнім, можливо отримати показник на рівні 15–20 г/м<sup>2</sup>×добу, а теоретично він може сягати навіть 35 г/м<sup>2</sup>×добу [25].

Аналіз отриманих результатів свідчить, що посів сої у середньому за роки досліджень у міжфазні періоди перший трійчастий листок — бутонізація та цвітіння — налив бобів забезпечив формування показника чистої продуктивності фотосинтезу посіву на рівні середнього, у міжфазний період бутонізація — цвітіння — високого значення.

Максимальні показники чистої продуктивності фотосинтезу посіву в досліді у міжфазні періоди перший трійчастий листок — бутонізація та бутонізація — цвітіння відмічали за внесення N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>. На варіантах, які передбачали перенесення частини норми азотних добрив у підживлення (N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub>), найвищими показники

були у міжфазний період цвітіння — налив бобів, що пояснюється подовженням періоду функціонування листкового апарату рослин.

Проведений регресійний аналіз залежності врожайності від кількості накопиченої рослинами сухої маси за фазами росту та розвитку підтвердив максимальну залежність рівня врожаю від показників у фазі наливу бобів. Розраховане рівняння залежності врожайності насіння сої від показників сухої маси, накопиченої рослинами, має вигляд:

$$Y = -3,0729 + 0,4383X - 0,0071X^2,$$

де  $Y$  — урожайність насіння сої, т/га;  $X$  — суха маса, г/росл.,  $m^2/m^2$ .

Множинний коефіцієнт кореляції становив  $R=0,88$ , коефіцієнт детермінації —  $D=77,44\%$ . Рівняння достовірне за критерієм Фішера ( $F$ ), оскільки  $F_{\text{факт.}}$  (36,03) значно вище табличного його значення ( $F_{\text{табл.}}=3,47$ ).

Тіснота зв'язку врожайності з чистою продуктивністю фотосинтезу посіву не дає можливості провести розрахунок рівняння регресії, тому що кореляційний зв'язок у міжфазні періоди варіював від слабкого до середнього (1-й трійчастий листок — бутонізація —  $r=0,534$ , бутонізація — цвітіння —  $r=0,083$ , цвітіння — налив бобів —  $r=0,367$ ).

## ВИСНОВКИ

З метою максимальної реалізації потенціалу продуктивності сортів сої, отримання

високого рівня врожаю в умовах Північного Лісостепу України, технологія вирощування має бути спрямована на забезпечення біологічних потреб рослин упродовж періоду вегетації, зменшення негативного впливу зовнішніх чинників на ріст, розвиток і формування врожаю. Обов'язковими є такі агрозаходи, як застосування мінеральних добрив, сівба насінням, обробленим мікоризоутворювальним препаратом і протруйником, позакореневе підживлення орґано-мінеральним добривом у період генеративного розвитку культури. Найвищий рівень показників накопичення сухої маси рослинами в досліді — 26,8–29,2 г/росл., відзначали у фазі наливу бобів на варіантах зі внесенням  $N_{45}P_{45}K_{60}$ , сівбою насінням, обробленим мікоризоутворювальним біопрепаратом і протруйником, та проведенням позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом у фазі бутонізації та цвітіння. За внесення  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$  показники становили 25,2–27,4 г/росл. за рівня на абсолютному контролі 20,8 г/росл.

Максимальні показники чистої продуктивності посіву (5,60–6,10 г/ $m^2$ ×добу за рівня 5,46 г/ $m^2$ ×добу на абсолютному контролі) спостерігали на варіантах технології вирощування зі внесенням  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$ , сівбою насінням, обробленим мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакореневим підживленням орґано-мінеральним добривом у період генеративного розвитку рослин сої.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
2. IPCC. Global warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. 2019. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf).
3. Bibi F. and Rahman A. An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (8). 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>.
4. Степаненко С.М., Польовий А.М., Дем'янюк О.С., Дронова О.О. Зміна режиму опадів в Україні. *Агро-екологічний журнал*. 2014. № 2. С. 10–16.
5. Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>.
6. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Дворецька С.П. та ін. Особливості вирощування зернобобових культур в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.
7. Січкач В.І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої — потреба сьогодення. *Посібник українського хлібороба: науково-практичний збірник Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Т. 2: Зернобобові та бобові кормові культури в контексті відновлення агроценозів*. Київ: ФОП Коношенко І.П., 2013. С. 146–150.

8. FAOStat. 2022. FAO Stat. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/faostat>.
9. Прус Л.І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 1. С. 62–67. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221002>.
10. Gumeniuk I., Symochko L., Mostoviak I. et al. The role of *Bradyrhizobium japonicum* exopolysaccharides in the formation of an effective symbiotic apparatus of soybean. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. Vol. 12 (4). P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.4>.
11. Gumeniuk I.I., Levishko A.S., Demyanyuk O.S. and Sherstoboeva O.V. Properties of microorganisms isolated from soils under conventional and organic farming. *Microbiological journal*. 2022. Vol. 84 (2). P. 12–23. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj84.02.012>.
12. Joshi-Paneri J., Sharma S., Guruprasad K.N. and Kataria S. Enhancing the Yield Potential of Soybean after Magneto-Priming: Detailed Study on Its Relation to Underlying Physiological Processes. *Seeds*. 2023. Vol. 2 (1). P. 60–84. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds2010006>.
13. Korobko A., Kravetz R., Mazur O. et al. Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25(4). P. 23–37. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/183497>.
14. Дем'янюк О.С., Гаврилюк Л.В., Безноско І.В. Ефективність біопрепарату філазоніт на вегетативних органах рослин різних сортів сої. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 1. С. 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2022.255226>.
15. Бойко А.Л., Адамчук В.В., Литвинюк Л.К. та ін. Дослідження впливу повторного внесення біопрепарату Біоекофунг-3 на врожайність соняшнику та сої. *Механізація та електрифікація сільськогосподарства. Загальнодержавний збірник*. 2022. Вип. 15 (114). С. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-6>.
16. Гарбар Л.А., Довбаш Н.І., Венгер В.В. Формування продуктивності сої за впливу дії інокуляції, удобрення, стимуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2022.14.2>.
17. Байда М.П. Ефективність фотосинтезу сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 129–138. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.249939>.
18. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 1(38). С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.8>.
19. Yao X., Zhou H., Zhu Q. et al. Photosynthetic response of soybean leaf to wide light-fluctuation in maize-soybean intercropping system. *Front. Plant Sci*. 2017. Vol. 8. 1695. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01695>.
20. Singh S.K. and Reddy V.R. Co-regulation of photosynthetic processes under potassium deficiency across CO<sub>2</sub> levels in soybean: mechanisms of limitations and adaptations. *Photosynth. Res*. 2018. Vol. 137. P. 183–200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-018-0490-3>.
21. Poorter H., Knopf O., Wright I.J. et al. A meta-analysis of responses of C3 plants to atmospheric CO<sub>2</sub>: dose–response curves for 85 traits ranging from the molecular to the whole-plant level. *New Phytol*. 2022. Vol. 233. P. 1560–1596. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17802>.
22. Рибальченко А.М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайності сої в Україні. *Вісник Полтавської державної академії*. 2022. № 3. С. 18–25.
23. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2004–12–09]. Вид. офіц. Київ: Держживстандарт України, 2005. 19 с.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Колос, 1979. 416 с.
25. Гангур В.В., Єремко Л.С., Саєнко В.О. Динаміка формування листкової поверхні чини посівної та продуктивності її фотосинтетичної діяльності залежно від рівня мінерального живлення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2021.8.3>.

## REFERENCES

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
2. IPCC. (2019). Global warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf) [in English].
3. Bibi, F. & Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*, 13 (8), 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508> [in English].
4. Stepanenko, S.M., Polovyi, A.M., Demyanyuk, O.S. & Dronova, O.O. (2014). Zmina rezhymu opadiv v Ukraini [Changes in the precipitation regime in Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 10–16 [in Ukrainian].
5. Crop production and climate change. (2021). URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/> [in English].
6. Kaminskyi, V.F., Holodna, A.V., Dvoretzka, S.P. et al. (2020). *Osoblyvosti vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v Lisostepu: nauково-metodychni rekomendatsii [Peculiarities of growing leguminous crops in the forest-steppe: scientific and methodical recommendations]*. Vinnytsia: TOV «Tvary» [in Ukrainian].

7. Sichkar, V.I. (2013). Efektyvnishe vykorystovuvaty sortovyi potencial soi — potreba sotohodennia [More effective use of the varietal potential of soybeans is the need of today]. *Posibnyi ukrainskoho khliboroba: naukovo-praktychnyi zbirnyk Instytutu roslynnytstva im. V.Ia. Yuryeva NAAN [Ukrainian farmer's manual: scientific and practical collection of the Institute of plant breeding named after V.Ya. Yuryev of NAAS]*. (pp. 146–150). Kyiv [in Ukrainian].
8. FAOStat (2022). FAO Stat. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/faostat> [in English].
9. Prus, L.I. (2017). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na produktyvnist soi [The influence of agrotechnical measures on soybean productivity]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 62–67. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221002> [in Ukrainian].
10. Gumeniuk, I., Symochko, L., Mostoviyak, I. et al. (2022). The role of Bradyrhizobium japonicum exopolysaccharides in the formation of an effective symbiotic apparatus of soybean. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 12 (4), 1–12. DOI: [10.31407/ijees12.4](https://doi.org/10.31407/ijees12.4) [in English].
11. Gumeniuk, I.I., Levishko, A.S., Demyanyuk, O.S. & Sherstoboeva, O.V. (2022). Properties of microorganisms isolated from soils under conventional and organic farming. *Microbiological journal*, 84 (2), 12–23. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj84.02.012> [in English].
12. Joshi-Paneri, J., Sharma, S., Guruprasad, K.N. & Kataria, S. (2023). Enhancing the Yield Potential of Soybean after Magneto-Priming: Detailed Study on Its Relation to Underlying Physiological Processes. *Seeds*, 2 (1), 60–84. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds2010006> [in English].
13. Korobko, A., Kravets, R., Mazur, O. et al. (2024). Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*, 25 (4), 23–37. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/183497> [in English].
14. Demyanyuk, O.S., Havryliuk, L.V. & Beznosko, I.V. (2022). Efektyvnist biopreparatu filazonit na vchetatyvnykh orhanakh roslyn riznykh sortiv soi [Effectiveness of biological preparation Filazonite on vegetative organs of plants of different soybean varieties]. *Zbalsanovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 1, 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2022.255226> [in Ukrainian].
15. Boiko, A.L., Adamchuk, V.V., Lytvyniuk, L.K. et al. (2022). Doslidzhennia vplyvu povtornoho vnesennia biopreparatu Bioekofunhe-3 na vrozhaunist soniashnyku ta soi [Study of the effect of repeated application of biopreparation Bioecofunge-3 on the yield of sunflower and soybean]. *Mekhanizatsiia ta elektrifikatsiia silskoho hospodarstva — Mechanization and electrification of agriculture*, 15 (114), 57–63. DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-6> [in Ukrainian].
16. Harbar, L.A., Dovbush, N.I. & Venher, V.V. (2022). Formuvannia produktyvnosti soi za vplyvu dii inokuliatitsii, udobrennna, stymuliatoru rostu [Formation of soybean productivity under the influence of inoculation, fertilization, growth stimulants]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations*, 14, 12–17. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2022.14.2> [in Ukrainian].
17. Baida, M.P. (2021). Efektyvnist fotosyntezy soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [The efficiency of soybean photosynthesis depends on the influence of elements of growing technology]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv — Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 29, 129–138. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.249939> [in Ukrainian].
18. Chynchuk, O.S. & Olifirovych, S.J. (2023). Fotosyntetichna produktyvnist posiviv soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the influence of elements of growing technology]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika — Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 1 (38), 55–63. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.8> [in Ukrainian].
19. Yao, X., Zhou, H., Zhu, Q. et al. (2017). Photosynthetic response of soybean leaf to wide light-fluctuation in maize-soybean intercropping system. *Front. Plant Sci*, 8, 1695. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01695> [in English].
20. Singh, S.K. & Reddy, V.R. (2018). Co-regulation of photosynthetic processes under potassium deficiency across CO<sub>2</sub> levels in soybean: mechanisms of limitations and adaptations. *Photosynth. Res.*, 137, 183–200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-018-0490-3> [in English].
21. Poorter, H., Knopf, O., Wright, I.J. et al. (2022). A meta-analysis of responses of C3 plants to atmospheric CO<sub>2</sub>: dose–response curves for 85 traits ranging from the molecular to the whole-plant level. *New Phytol.*, 233, 1560–1596. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17802> [in English].
22. Rybalchenko, A.M. (2022). Osoblyvosti formuvannia sortovykh resursiv ta urozhaunist soi v Ukraini [Peculiarities of the formation of varietal resources and yield of soybeans in Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii — Bulletin of the Poltava State Academy*, 3, 18–25 [in Ukrainian].
23. Yakist gruntu. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv [Soil quality. Indicators of soil fertility]. (2005). *DSTU ISO 4362:2004 from 9<sup>th</sup> December 2004*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
24. Dospokhov, B.A. (1979). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]*. Kyiv: Kolos [in Russian].
25. Hanhur, V.V., Yeremko, L.S. & Saienko, V.O. (2021). Dynamika formuvannia lystkovoi poverkhni chyny posivnoi ta produktyvnist yii fotosyntetichnoi dialnosti zalezno vid rivnia mineralnogo zhyvlennia [Dynamics of leaf surface formation of grass pea and productivity of its photosynthetic activity depending on the level of mineral nutrition]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations*, 8, 23–28. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2021.8.3> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 19.03.2024



## МОНІТОРИНГ ОСНОВНИХ ХВОРОБ ПОМІДОРА (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) ТА МЕТОДИ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ФІТОПАТОГЕНІВ

Д.В. Гуменний<sup>1</sup>, Л.В. Гаврилук<sup>1</sup>, І.В. Безноско<sup>1</sup>,  
Т.М. Горган<sup>1</sup>, Д.Т. Гентош<sup>2</sup>, О.В. Башта<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: danilfish@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8980-7895

e-mail: gavriluklilia410@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6901-0766

e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2217-5165

e-mail: tanja.micaela@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8980-7895

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України  
(м. Київ, Україна)

e-mail: dgentosh@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8647-7843

e-mail: elenabashta@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4682-1595

У статті висвітлено основні хвороби рослин помідора, спричинені фітопатогенними мікроорганізмами, які завдають великої шкоди у багатьох країнах світу, зокрема і в Україні. Проаналізовано мікробіологічні засоби контролю як альтернативу хімічним фунгіцидам, що вважаються безпечними методами в сучасному сільському господарстві. Вони стимулюють захисні механізми рослин, що діють як індуктори резистентності рослин або як засоби біологічного контролю. З'ясовано, що одним із поширених біологічних препаратів у боротьбі із хворобами та покращанням росту культури помідора є препарати у складі яких містяться види *Trichoderma* spp. Вони широко використовуються як біофунгіциди щодо патогенів *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* та *Sclerotium rolfsii*. Показано дослідження мексиканських учених щодо випробування різних ізолятів роду *Trichoderma* spp. Китайськими вченими визначено штам *Pseudomonas aeruginosa* (CQ-4), що може ефективно контролювати поширення хвороби сірої гнилі та виявляти бактерії роду *Bacillus subtilis*, що характеризуються помітною антагоністичною активністю щодо широкого кола фітопатогенних бактерій і мікроміцетів та є чинником біологічного контролю. Також вчені із Єгипту проводили експерименти на двох ендofітних грибах, а саме *Curvularia lunata* та *Nigrospora sphaerica*, де було оцінено їхню антагоністичну дію щодо фітопатогенних грибів та їх здатність виробляти важливий гормон росту та забезпечувати деякі необхідні поживні речовини для росту рослин. Низка досліджених штамів-антагоністів є основою чи перспективними для виготовлення мікробних препаратів для контролю фітопатогенів у агроecosистемах і підвищення врожайності цих рослин.

**Ключові слова:** фітопатогенні гриби, бактерії, віруси, біопрепарати, штами грибів та бактерій антагоністів, агроценоз.

### ВСТУП

Динаміка і темпи виробництва овочів, рівень забезпеченості населення овочевою продукцією визначаються розвитком і розміщенням овочівництва у країні. Серед овочевих рослин значне місце належить помідору (*Solanum lycopersicum* L.), що є однією з найбільш вирощуваною овочевою культурою в усьому світі [1]. В Україні їх

площі сягають до 84,3 тис. га. Цінність помідора визначається їхньою калорійністю, вмістом вітамінів і цукрів, корисних для здоров'я людини солей. Ця рослина містить у середньому 2,5–7,0% сухих речовин, 1,5–4,0 цукру, 20–35 мг% вітаміну С, різні мінеральні солі, органічні кислоти. Однак виробництву свіжих товарних і перероблених помідорів перешкоджають численні захворювання, спричинені грибами, бактеріями, вірусами [1]. Культивований помі-

дор має низьку генетичну різноманітність через його інтенсивну селекцію. З цих причин помідор більш схильний до високої захворюваності, і під час вирощування та післязбиральний період він може бути уражений понад 200 хворобами, спричиненими різними фітопатогенами [2].

**Мета дослідження:** з'ясувати основні хвороби помідора та проаналізувати методи мікробіологічного контролю щодо збудників хвороб помідора.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

**Фітопатогенні мікроміцети як збудники хвороб в агроценозах помідора.** Хвороби рослин помідора, спричинені фітопатогенними мікроміцетами, є одними з найнебезпечніших біологічних стресів, що завдають великої шкоди у багатьох країнах, зокрема в Україні. Фітопатогенні мікроміцети, паразитуючі на рослинах, зумовлюють величезні втрати у сільськогосподарському виробництві, знижуючи якість продукції, а також виділяють токсини, спричиняючи отруєння та численні серйозні захворювання, що вражають людей і тварин, які вживають цей продукт.

Фітопатогенні мікроміцети є основними руйнівними та поширеними патогенами рослин, що становлять близько 80% хвороб сільськогосподарських культур [2].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Однією із найбільш поширених хвороб помідора, спричинених фітопатогенними грибами, у всьому світі та Україні є фітофтороз (*Phytophthora infestans*). Це надзвичайно шкідлива хвороба рослин, яка щороку завдає величезних збитків сільському господарству в усьому світі. Наприклад, у Монголії, Китаї та США фітофтороз призвів до великих втрат виробництва помідорів на початку 2000-х років. Донині молекулярні механізми помідора *P. Infestans* поза межами розуміння, а метод боротьби з фітофторозом помідора все ще недостатньо ефективний [3].

Уражені рослини помідора швидко гинуть. За високої вологості на рослинах

з'являється світлий наліт зі спор гриба. Фітофторозом помідори заражаються за вологості повітря близько 90% (не менше 76%) і температури повітря +20°C.

Найпоширеніший засіб протидії *P. infestans* є фунгіциди, але вони мають певні недоліки: високу ціну, заборонене використання в органічному землеробстві, потенційний ризик для екосистеми та здоров'я, а також можливість появи стійких штамів. Були спроби культивування сортів рослин, стійких до *P. infestans*, але вони зазнали невдачі, оскільки адаптація збудника була незмірно швидшою, ніж адаптація хазяїна. Наразі ведеться активний пошук генів резистентності (R-ген), які *P. infestans* неможливо швидко подолати [3].

Також однією із найбільш небезпечних хвороб помідорів є альтернативоз (*Alternaria solani*), що уражує листки рослини. Сприятливі умови для росту та поширення *A. solani* включають часті опади, високу вологість та середньовисокі температури (+24...+29°C). За сильних інфекцій втрата врожаю сягає до 80%. Оскільки це збудник, що передається насінням, використання здорового насіння має першочергове значення для профілактики захворювань. Однак *A. solani* також поширюється альтернативними шляхами, оскільки він може виживати в рослинних залишках за допомогою конідій і міцелію та в ґрунті за допомогою хламідоспор [4].

Існують різні методи боротьби з *A. solani*, як-от вирощування вільних від хвороб трансплантатів (стійкі сорти), сівозміна та застосування засобів біологічного контролю, таких як *Trichoderma viride* та *Pseudomonas fluorescens*. У природі це нешкідливі види бактерій і грибів, які захищають коріння рослин від хвороб [5].

Ще однією із небезпечних хвороб помідора є септоріоз (*Septoria lycopersici*), що може спричинювати до 50% втрат урожаю. Слід зазначити, що втрати через хворобу в різних країнах різні та сягають до 80% в США, тоді як в Індії 100% опадання листків через цю хворобу.

На врожайність впливає зміна клімату, особливо з високою вологістю та темпе-

ратурою. Сприятливими для росту цього гриба є середні температури (+20...+25°C) з високою вологістю та дощі або верхнє зрошення із зволоженням листків протягом тривалих періодів [6]. Поширенню хвороби сприяє зимівля збудника пасльонових хазяїнах, як-от бур'яни *Solanum nigrum*, *S. Carolinense* та *Datura stramonium*, і залишках рослин помідора. Крім того, *Septoria lycopersici* передається насінням, що додатково ускладнює його стримування.

Останнім часом в агроценозах помідора зустрічається сіра гниль — збудник (*Botrytis cinerea*). За добрих умов патоген спричиняє руйнівну хворобу сірої плісняви на помідорі. Цей аскоміцет заражає понад 200 рослин-хазяїнів, що культивуються як у теплицях, так і в полі [7]. Втрата врожаю помідорів може становити близько 20%, інколи до 40% за оптимальних умов навколишнього середовища (м'які температури від +15 до +20°C та відносна вологість 90%). Важкі інфекції також можуть розвинути в захищених умовах, коли виникають комбінації високої температури (+25°C), ран на стеблі та високої концентрації конідій, що переносяться повітрям [7]. Фітопатоген *Botrytis cinerea* може зимувати у вигляді склероцій у ґрунті та в гнилих рослинних залишках, які триватимуть до наступного вегетаційного періоду.

Упродовж попередніх десятиліть хімічні фунгіциди залишалися найпоширенішим методом боротьби з *B. cinerea*. Однак цей патогенний мікроміцет розвиває стійкість до кількох фунгіцидів. Окрім того, токсичні залишки в плодах помідорів і ґрунті загрожують здоров'ю людини, ґрунту та навколишньому середовищу. Біологічний контроль можна використовувати як альтернативу для зниження ураження сірою гниллю, спричинену *B. cinerea*. Мікробіологічні засоби контролю з'явилися як альтернатива хімічним фунгіцидам, і вони вважаються безпечними методами в сучасному сільському господарстві. Вони стимулюють захисні механізми рослин: лікування захисним еліситором хітозаном; стероїдами; асоційовані бактерії, що діють як індуктори резистентності рослин або як

засоби біологічного контролю (наприклад, *Pythium oligandrum*, *Bacillus licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, штам *Pseudomonas* QBA5, *Streptomyces* spp., *Trichoderma atroviride*) [7].

Один із найвідомішою хворобою рослин помідора є фузаріозне в'янення (*Fusarium oxysporum*), що негативно впливає на культуру. Однак фузаріозне в'янення, викликане *F. oxysporum*, завдає серйозної шкоди на всіх фазах росту помідора. Наприклад, в Єгипті пошкодження врожаю помідора збудником *F. oxysporum* сягали до 67% від загальної площі посівів [8]. Слід зазначити, що цей патоген включає види, які також можуть інфікувати людей та інших тварин [9]. Види мікроміцету *Fusarium* spp. є важливими продуцентами мікотоксинів у свіжих і оброблених харчових продуктах (*F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici* Snyder and Hansen (Fol) і *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker (Forl)) [10]. Ці збудники інфікують рослини *Solanum lycopersicum* L., призводячи близько 20–60% втрати врожаю, інколи досягаючи 90% за оптимальних умов росту патогенів, тобто холодної погоди (<20°C), стерилізованих або фумігованих ґрунтів або культивування в безґрунтових системах. Однак також повідомлялось про високу інфікованість рослин помідора за високотемпературного режиму (27°C) [11]. Ці гриби є ґрунтовими патогенами, які виживають у ґрунті та рослинних залишках. Контроль хвороб, спричинених патогенними мікроорганізмами, включає використання екологічно стійких фунгіцидів, зокрема хімічні (наприклад, гімексазол) і біологічні засоби боротьби (*B. amyloliquefaciens*, *Pseudomonas chlororaphis*, *T. gamsii*, *Pythium oligandrum*) [12].

Також на помідорі як в Україні, так і у всьомі світі поширеним є вертицильозне в'янення рослин, збудник *Verticillium dahliae*, що викликає хворобу *Verticillium wilt*. Зменшення врожайності помідора може досягати 20–50% із більшим впливом у температурному діапазоні +21...+30°C, оптимальному для росту *V. dahliae*. Заражує гриб корінь помідора, поширюючись

акропетально через водопровідні судини до надземних частин рослини, що призводить до судинного в'янення. Симптоми спочатку помітні на старих листках, а потім прогресують до молодших листків, при цьому висихання поширюється від кінчика до черешка. Рослина реагує на інфекцію утворенням бар'єрів у судинах, але такі закупорки зумовлюють в'янення та загибель [13].

Контроль хвороби вертицильозне в'яненням включає застосування фумігації ґрунту хлорпікрином, дазометом, диметилсульфідом і метамом (включаючи натрій і калій), що є ефективними заходами боротьби. Усунення рослинних залишків, чергування рослин, використання стійких сортів помідора і підщеп, методи нехімічної дезінсекції ґрунту (наприклад, нагрівання ґрунту, анаеробна дезінсекція ґрунту, біофумігація), використання органічних домішок із додаванням біологічно активних штамів *T. harzianum*, *S. griseoviridis*).

**Фітопатогенні бактерії – збудники найпоширеніших хвороб в агроценозах помідора.** Бактеріальні хвороби *Solanum lycopersicum* L. можуть бути одними з найбільш серйозних і руйнівних, що вражають як польові, так і тепличні культури. У польових умовах, за високої вологості, вони можуть викликати локалізовані епідемії, що вражають молоді плоди [14].

Найбільш поширеною хворобою є бактеріальний рак помідора (*Clavibacter michiganensis* subsp.), яка завдає значних збитків у всьому світі. Ця бактерія нині класифікується як карантинний патоген А2. Оптимальна температура для розвитку хвороби становить +26°C, що призводить до надзвичайно швидкої загибелі рослин зі зниженням урожаю від 46 до 84%. Симптоми проявляються між зав'язуванням плодів і початком дозрівання. *C. michiganensis* є патогеном, що передається насінням. Однак, крім насіння, бактерія також може перебувати і на рослинних залишках.

Біологічний контроль патогенної бактерії здійснюють за допомогою компосту, еліситорів, але лише з помірною ефективністю. Найбільш рекомендовані методики для

своєчасного виявлення збудника хвороби безпосередньо в полі, навіть на ранніх стадіях інфекції, базуються на LAMP та аналізі візуальної кінцевої точки ImmunoStrip. Також ефективна термотерапія насіння або обробку насіння підкисленим нітритом або 1% соляною кислотою. Рекомендовано уникати зрошення дощуванням і надлишку азотних добрив [14; 15].

Також поширеною бактеріальною хворобою помідора є плямистість (крапчастість) збудник (*Pseudomonas syringae*). Це рухлива грамнегативна бактерія, яка викликає бактеріальну плямистість помідора. Для розвитку бактерії є діапазон температур +13...+28°C, з високою вологістю. Спалахи бактеріальної плямистості можуть спричинити 20–25% втрат розсади, тоді як втрати врожаю помідора можуть досягати 75% у разі раннього зараження. Основне поширення *P. syringae* відбувається через заражене насіння. Виявлення бактерії може бути визначено за допомогою аналізів LAMP або ПЛР на ранніх фазах хвороби [14].

Зниження патологічного стану рослин помідора базується на хімічному контролі бактерії *P. syringae* в полі шляхом застосування бактерицидів на основі міді. Відомо, що біологічний контроль здійснюють за допомогою бактерій штамів *Azospirillum brasilense*, *P. syringae* Cit7, *P. fluorescens*, *P. aeruginosa*, *B. stratosphericus*, *B. pumilus*, що стимулюють ріст рослин, і бактеріофагів [14; 15].

**Фітопатогенні віруси, які викликають хвороби в агроценозах помідора.** Вірусні хвороби є основним біотичним чинником, що перешкоджає продуктивності багатьох сільськогосподарських культур, через їх велику щільність популяції та короткий час розмноження. У результаті віруси мають високий потенціал для швидкої еволюції та адаптації в природних умовах. Вірусні хвороби щороку спричиняють значну втрату врожаю та помітне погіршення його якості.

Найпоширенішою хворобою в агроценозах помідора є вірус плямистого в'янення томатів (TSWV). Інфікує широкий спектр

сільськогосподарських культур, включаючи *Solanum lycopersicum* L., і може викликати у межах 40–95% втрат урожайності та товарної цінності помідорів відповідно. Початкові симптоми на листках можна помилково прийняти за ураження холодом, оскільки молоді листки має фіолетове забарвлення на нижніх пластинках листків. У міру прогресування хвороби на листках з'являються хлоротичні плями, які згодом некротуються. Вони поступово зливаються, надаючи листкам коричнево-фіолетовий колір, відомий як «бронзування листків». Некроз може поширюватися на черешки, стебла та квіти, а також плями з хроматичними змінами на ягоді. Симптоми ураження можуть відрізнитися залежно від часу зараження, виду хазяїна та чинників навколишнього середовища [16].

Контроль хвороби TSWV є складним через біологічні та молекулярні характеристики збудника, широке розповсюдження переносників трипсів і надзвичайно широке коло його хазяїнів. Отже, як і для більшості вірусних захворювань, необхідно розгортати профілактичні й інтегровані стратегії контролю з використанням здорового рослинного матеріалу та стійких сортів помідора.

Також поширеною хворобою в агроценозах помідора є вірус огіркової мозаїки (CMV). Він є дуже адаптивним вірусом з високою еволюційною здатністю, що може інфікувати понад 1200 видів рослин і передаватися більш ніж 80 видами попелиць циркуляційним, непостійним способом. А втрати виробництва помідора сягають до 100%. За сильних інфекцій листків мають скручені та загорнуті вгору краї. Процес дозрівання плодів сповільнюється, плоди часто не можуть набути повної стиглості. Плоди можуть демонструвати характерний некроз із внутрішнім затвердінням біля плодоніжки та потемнілими ділянками, що робить продукт абсолютно непридатним для продажу.

Ще однією із небезпечних хвороб помідора є вірус жовтого скручування листків помідора. Втрати врожаю, викликані цим вірусом, залежать від фенологічної стадії

рослини на момент інфікування можуть призвести до 100%.

Листочки рослини мають помітно пожовклі краї та загорнуті догори. Також можуть включати опадання квіток, відсутність зав'язування плодів і утворення непридатних для продажу плодів через їх малий розмір та блідий колір. У рослинах помідора такі віруси не передаються ні насінням, ні механічним шляхом. Їхній епідеміологічний цикл тісно пов'язаний із комахами-переносниками та їх хазяїнами [17].

Найбільш поширений у всіх областях України, де культивуються помідори — вірус томатної мозаїки (ToMV) [18]. Він може інфікувати кілька різних видів, але його основні господарі належать до сімейства *Solanaceae*, де врожайність може зазнавати зниження на 25–70%. На помідорах симптоми можуть залежати від погодно-кліматичних умов, віку рослини, штаму вірусу та сорту помідора. Після зараження ToMV квіти помідорів можуть опадати, що значно зменшує урожайність плодів. У теплиці влітку молоді листки деформуються і дрібнішають, на ньому можуть з'являтися легкі плями, скручування та пухирці. ToMV легко передається через насіння помідора (зовнішнє зараження). Цей вірус може залишатися активним у зараженому насінні до десяти років.

Для боротьби з вірусом необхідно використовувати сертифікований матеріал для розмноження, вільний від патогенів, оскільки вірус може поширюватися через заражене насіння [19]. Термотерапія насіння помідора або протруювання насіння перед посівом дає можливість знищити ToMV з інфікованого насіння. Нещодавнє дослідження з використанням обробки рослин помідора наночастинками оксиду цинку продемонструвало ефективність у підвищенні імунітету проти ToMV [20; 21].

**Біологічний контроль фітопатогенів в агроценозах помідора.** Важливе місце в підвищенні врожайності та поліпшенні якості овочевої, зокрема помідора, належить удосконаленню технологій виро-

щування сільськогосподарських культур. Досягти успіхів в отриманні високої стабільної врожайності за умов підвищення цін на енергоресурси можна за допомогою ресурсоощадних технологій, які включають високий рівень агротехніки, оптимальні норми удобрення та інтегровану систему захисту рослин від хвороб, бур'янів та шкідників, впровадження нових сортів і гібридів.

За впливу змін клімату, рослини стали більш сприйнятливими до хвороб. Наукові звіти дослідження довели, що рослина має здатність захищатися від хвороб через стійкість, щоб запобігти або обмежити прогресування патогену, або синтетичними чи хімічними засобами, тобто наявність певних речовин, які пригнічують патоген [22; 23].

Одним із дієвих заходів контролювання хвороб сільськогосподарських культур є біопрепарати, комплексна дія яких на рослини досліджена багатьма як вітчизняними науковцями (В.П. Патики, О.В. Шерстобова, В.В. Волкогон, С.Я. Коць, С.А. Вдовенко, В.Г. Сергієнко, Г.М. Ткаленко, С. В. Гораль), так і закордонними (P. Narayanasmu, A. Nicholas, E. Laslo, Munees Ahemad, M. Kamal, A. Abolfazl, D.Chandler, M.S. Khan). На сьогоднішній використання біопрепаратів є невід'ємною частиною рослинництва, що оптимізують живлення рослин, стимулюють їх розвиток і сприяють підвищенню продуктивності. Використання мікроорганізмів, що спонукають до зростання, є загальною стратегією дослідників для посилення та покращання захисної здатності та фізіологічного імунітету рослин, а також біодоступності мінералів у ґрунті. Рослини можуть індукувати стійкість до патогенних хвороб [24].

Біопрепарати використовуються для пригнічення росту фітопатогенів, стимуляції росту рослин і поліпшення засвоєння рослинами поживних речовин. Вони можуть складатися з бактерій і грибків, що сприяють росту рослин, рослинних екстрактів або сполук тваринного походження. Біостимулятори застосовують для підвищення врожайності та засвоєння поживних

речовин. Вони можуть бути з мікроорганізмів, білкових гідролізаців, екстрактів морських водоростей та інших речовин [25].

Біопрепарати на основі асоційованих мікроорганізмів зв'язуються з кореневою системою рослин та допомагають їм отримувати поживні речовини з ґрунту, а також захищають рослини від фітопатогенів. Застосування біопрепаратів може покращити колонізацію мікроміцетами коренів помідора, що позитивно впливає на їхній розвиток. Це робить рослини більш стійкими до стресових умов, як-от посуха чи хвороби. Крім того, мікроорганізми допомагають розкладанню органічних речовин у ґрунті, що сприяє формуванню родючого ґрунту. Це, своєю чергою, може позитивно позначитися на якості помідора. Рослини, що ростуть у здоровому ґрунті, мають кращий доступ до поживних речовин та води, що допомагає їм розвиватися і формувати якісні плоди. Отже, використання біопрепаратів може сприяти збільшенню колонізації мікроорганізмами кореневої системи помідора, що забезпечує їм кращий доступ до поживних речовин та робить рослини більш стійкими до стресових умов. Це передусім може істотно вплинути на якість помідора, забезпечуючи їм належний ріст і розвиток [24].

Один із поширених біологічних препаратів, що є чудовою альтернативою для заміни хімічних засобів захисту у боротьбі із хворобами та покращання росту культури є препарати, у складі яких містяться види *Trichoderma* spp. Вони широко використовуються в агроценозах помідора як біофунгіциди щодо патогенів *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* та *Sclerotium rolfsii*. Також види цього гриба широко застосовуються як стимулятори росту рослин помідора [27].

Науковцями із Єгипту було оцінено (*in vitro*) сім ізолятів *Trichoderma* spp. (Т1 до Т7) за допомогою біологічного аналізу щодо їх антагоністичних властивостей до мікроміцету *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL, збудник хвороби помідорного в'янення). Найвищий відсоток інгібування досліджуваного патогенного ізо-

ляту був отриманий з ізолятом *Trichoderma* (T7), за яким слідував ізолят *Trichoderma* (T3). У тепличних експериментах використання високо антагоністичних ізолятів *Trichoderma* spp. (T3 і T7) сприяло значному зниженню відсотка поширення хвороби порівняно з необробленим контрольним варіантом. Найменший відсоток ураження помідора виявили за використання ізолятом T3 (24,8%), а потім ізоляту T7 (34,6%) порівняно з іншими протестованими ізолятами [26].

У дослідженнях мексиканських учених було продемонстровано успішне застосування твердої суміші на основі каоліну як інокулят *T. asperellum* для посилення росту рослин помідора і захисту від патогенів. Мікроміцет *T. asperellum* пригнічує накопичення активної форми кисню, що дає змогу боротися із патогенами, які сприяють окислювальному процесу як механізму розвитку хвороби [28].

Науковці із відділу патології рослин Національного дослідницького центру в досліджах *in vitro* використовували п'ять ізолятів *Trichoderma*, зокрема *Trichoderma harzianum* (Th), *T. asperellum* (Ta), *T. virens* (Tvs1), *T. virens* (Tvs2) і *T. virens* (Tvs3), порівнювали за їх здатністю для пригнічення росту мікроміцету *Pythium aphanidermatum*. Ріст міцелію збудника інгібували *in vitro*, ізоляти роду *Trichoderma* spp. змогли не тільки зупинити поширення збудника, але і швидко колонізували колонію патогену завдяки інтенсивному росту. Крім того, конідії ізолятів роду *Trichoderma* spp. здатні пригнічувати проростання зооспор *P. aphanidermatum in vitro*. Були зроблені спроби боротьби з хворобами, пов'язаними з в'яненням томатів і кореневою гниллю, шляхом обробки ґрунту інокулятами ізолятів роду *Trichoderma* spp., які застосовувалися окремо або в комбінації. У тепличному експерименті інокуляція сумішшю п'яти ізолятів роду *Trichoderma* spp. істотно пригнічувала розвиток мікроміцету *P. aphanidermatum* і підвищувала стійкість рослин помідора на 74,5%. А в польових дослідженнях було зменшення загибелі рослин унаслідок хвороби кореневої гнилі

помідора, спричиненої збудником *P. aphanidermatum*, за допомогою ізолятів *Trichoderma*, що використовуються як окремо, так і в суміші. Інокуляція сумішшю п'ятьма ізолятами роду *Trichoderma* spp. була найефективнішою обробкою, зменшивши кореневу гниль на 57,2% і підвищивши стійкість рослин помідора на 87,5%. Випробувані ізоляти роду *Trichoderma* spp. стимулювали системні захисні реакції у рослин помідора, вирощених у полі, шляхом активації захисних ферментів, включаючи пероксидазу, поліфенолоксидазу та хітиназу. Крім того, вміст хлорофілу в листках оброблених рослин помідора був помітно підвищений. Інокуляція сумішшю п'яти ізолятів дала найвищі показники параметрів росту та врожайності плодів порівняно з окремою інокуляцією. Отже, було зроблено висновок, що суміш, яка містить види та ізоляти роду *Trichoderma* spp., може бути використана для контролю хвороб в'янення та кореневої гнилі помідора, спричинених збудником *Pythium aphanidermatum* [29].

Експериментами, здійсненими китайськими науковцями (*in vitro*) відмічено, що штам *Pseudomonas aeruginosa* (CQ-4) може ефективно контролювати поширення хвороби сірої гнилі помідора від 66,0 до 74,4%. Штам CQ-4 здатний посилити активність чотирьох стійких до хвороб захисних ферментів у рослинах помідора. Ферменти, як-от фенілаланін-аміакової ліази, поліфенолоксидази, пероксидази і супероксиддисмутази були підвищені на 35,6%, 37,6, 46,1 і 38,4% відповідно порівняно з контрольним варіантом. Це дослідження засвідчило, що штам може розчиняти фосфор, фіксувати азот і виробляти целюлазу, протеазу, ферофілін та інші антибактеріальні метаболіти, але він не виробляє хітиназу, глюканазу й HCN (синильну кислоту). Це дослідження виявило штам *P. aeruginosa*, який може ефективно контролювати хворобу, як-от сіра гниль помідора [30].

Бактерії роду *Bacillus subtilis* характеризуються помітною антагоністичною активністю щодо широкого кола фітопатогенних бактерій і мікроміцетів та є чинником біо-

логічного контролю фітопатогенів. Колонізація коренів рослин штамом *B. subtilis* посилює ріст і знижує відсоток ураження хворобою, що зменшує втрати врожаю та покращити якість плодів. Штам *B. subtilis* може контролювати інтенсивність розвитку хвороби рослини, включають конкуренцію з іншими мікроорганізмами, здатний утворювати інгібіторні речовини та підвищувати індукційну стійкість рослин [31]. Штами *B. subtilis* виявляють сильну антагоністичну активність щодо росту міцелію різних мікроміцетів шляхом виробництва антибіотиків. Дослідженнями Ni, Punja, продемонструвало ефективність застосування штаму *B. subtilis* на рослинах огірків і помідорів до або після початку інокуляції патогенів щодо різних хвороб. Продемонстровано потенціал широкого спектра дії штаму *B. subtilis* до різних патогенів на цих культурах [31].

Також перспективними для біологічного контролю фітопатогенів в агроecosистемах є мікроміцети виду *Conidiobolus obscurus*. З їхньої біомаси виділена бактерицидна фракція, яка в концентрації 0,025% стимулювала ріст і розвиток помідорів, збільшувала масу та довжину проростків на 25–30%. Біологічна ефективність цієї фракції проти м'якої гнилі проростків помідора сягала 95%.

Помітний захисний вплив на рослини спричиняють везикулярно-арбускулярні гриби, що формують розгалужені гіфи на поверхні коріння, завдяки чому значно зростає їх поглинальна поверхня й покращується живлення рослин, підвищується стійкість до впливу стресових чинників та фітопатогенів. Науковцями показано, що симбіоз арбускулярної мікоризи з рослинами знижує їх ураження ґрунтовими патогенами різних видів *Phytophthora*. Колонізація рослин помідорів грибом *Glomus mosseae* супроводжувалася зниженням розвитку захворювання, викликаного *Phytophthora parasitica* [32].

Вчені із Єгипту Saad та Badry проводили експерименти на двох ендоефітних грибах, а саме *Curvularia lunata* та *Nigrospora sphaerica*, які були виділені з *Melia*

*azedarach*, екзотичного дерева, завезеного в Єгипет з Азії [32]. Ендоефітні мікроміцети ідентифікували за допомогою мікроскопічного дослідження та молекулярної ідентифікації нуклеотидної послідовності шляхом секвенування ДНК очищеного продукту ПЛР. Було оцінено їхню антагоністичну дію щодо фітопатогенних грибів та їх здатність виробляти важливий гормон росту та забезпечувати деякі необхідні поживні речовини для росту рослин. Обидва ендоефітні мікроміцети виявляли антагоністичну активність: мікроміцет *C. lunata* викликав 56% і 50% пригнічення росту *Alternaria solani* і *Fusarium oxysporum*, тоді як мікроміцет *N. sphaerica* пригнічував обидва патогенні гриби на 63,4% і 56,6% відповідно. Експеримент із тепличним горщиком проводився з використанням ґрунту з дефіцитом фосфору, щоб з'ясувати здатність обох ендоефітних мікроміцетів покращувати ріст рослин помідора. Мікроміцет *N. sphaerica* істотно впливав на збільшення свіжої маси пагонів на 13% і 22% порівняно з мікроміцетом *C. lunata* і контролем відповідно. Щодо стану живлення рослин помідора, то обидва ендоефітні мікроміцети призвели до значного підвищення концентрації азоту в пагонах за внесення 50% рекомендованих мінеральних добрив. *C. lunata* та *N. sphaerica* підвищували концентрацію фосфору в пагонах на 13% порівняно з контролем. Антагоністичну властивість обох ендоефітних мікроміцетів щодо *F. oxysporum* на рослинах помідора перевіряли в умовах теплиці, де мікроміцет *N. sphaerica* характеризувався високою здатністю, у пригніченні росту патогену *F. oxysporum* на 40% та позитивно впливав на ріст рослин помідора. Отже, використання ендоефітного мікроміцету *N. sphaerica* як біодобрива для рослин є одним із засобів біоконтролю інфекційних хвороб рослин [32].

Вчені із Саудівської Аравії проводили дослідження на аскоміцеті *Paecilomyces* sp. Це ендоефітний гриб, який взаємодіє з рослинами та захищає їх від фітопатогенів. Індоліноцтова кислота та гібереліни є одними з фітогормонів, що виробляють *Paecilomyces* у результаті цих симбіотичних



відносин, які зменшують наслідки абіотичного стресу, такого як сіль, і посилюють ріст рослин [33]. *Paecilomyces* виявляє токсичну дію на фітопатогени, покращує ріст культур і діє як агент біологічного контролю. Кілька видів *Paecilomyces* виробляють широкий спектр вторинних метаболітів з унікальними біологічними властивостями, включаючи нематоцидні, фунгіцидні, бактерицидні та інсектицидні ефекти [33]. Отже, науковці досягли біологічного контролю над збудником кореневої гнилі *Rhizoctonia solani* на рослинах помідора за допомогою ендоефітного гриба *Paecilomyces*. Це дослідження виявило, що ендоефітний штам має потенціал для використання стимулятора росту рослин і застосування його в біологічному контролі проти *R. solani*. Низка досліджених штамів-антагоністів є основою чи перспективними для виготовлення мікробних препаратів для контролю фітопатогенів у агроєкосистемах і підвищення врожайності рослин помідора. Отже, аналіз джерел літератури дає змогу зробити висновок, що актуальним завданням є пошук шляхів біорегуляції фітопатогенів у агроєкосистемах помідора для забезпечення

гармонійного перебігу біологічних процесів у ґрунті, покращання кореневого живлення рослин та формування повноцінних рослинно-мікробних асоціацій, що дасть можливість контролювати розвиток і поширення патогенних організмів.

## ВИСНОВКИ

У цьому огляді було описано найшкідливіші патогени (мікроміцети, бактерії, віруси), які негативно впливають на агроєкосистему помідора. Також висвітлено функціонування у ґрунті мікроорганізмів антагоністів представників родів *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Conidiobolus* щодо фітопатогенів, які є важливим чинником запобігання поширенню хвороб рослин. Низка штамів антагоністів є перспективними для виготовлення мікробних препаратів із подальшим контролем фітопатогенів у агроєкосистемах і підвищення врожайності рослин. Отже, біорегуляція фітопатогенів в агроєкосистемах помідора є актуальною та перспективною технологією, яка може дати змогу ефективно контролювати хвороби рослин і збільшити врожайність без використання шкідливих хімічних речовин.

## ЛІТЕРАТУРА

1. FAOSTAT. Food and Agriculture Data. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Accessed 29 August, 2019.
2. Panno S., Davino S., Caruso A.G. et al. A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (11). P. 2188. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112188>.
3. Jiang N., Meng J., Cui J. et al. Function identification of miR482b, a negative regulator during tomato resistance to *Phytophthora infestans*. *Horticulture Research*. 2018. Vol. 5. P. 2–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0017-2>.
4. Matic S., Tabone G., Garibaldi A. and Gullino M. Alternaria leaf spot caused by Alternaria species: an emerging problem on ornamental plants in Italy. *Plant Disease*. 2020. Vol. 104. P. 2275–2287. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-20-0399-RE>.
5. Mohamed A.A., Salah M.M., El-Dein M.M.Z. et al. Ecofriendly bioagents, *Parthenocissus quinquefolia*, and *Plectranthus neochilus* extracts to control the early blight pathogen (*Alternaria solani*) in tomato. *Agronomy*. 2021. Vol. 11(5). P. 911. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050911>.
6. Avila M.C.R., Lourenço V.Jr., Quezado-Duval A.M. et al. Field validation of TOMCAST modified to manage Septoria leaf spot on tomato in the central-west region of Brazil. *Crop Protection*. 2020. Vol. 138. P. 105333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105333>.
7. De Vega D., Holden N., Hedley P.E. et al. Chitosan primes plant defence mechanisms against *Botrytis cinerea*, including expression of Avr9/Cf-9 rapidly elicited genes. *Plant, Cell and Environment*. 2021. Vol. 44. P. 290–303. DOI: <https://doi.org/10.1111%2Fpce.13921>.
8. Srinivas C., Nirmala Devi D., Narasimha Murthy K. et al. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity. A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019. Vol. 26. P. 1315–1324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002>.
9. Alamri S.A., Hashem M., Mostafa Y.S. et al. Biological control of root rot in lettuce caused by *Exserohilum rostratum* and *Fusarium oxysporum* via induction of the defense mechanism. *Biological Control*. 2018. Vol. 128. P. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.09.014>.
10. Lombard L., Sandoval-Denis M., Lamprecht S.C. and Crous P.W. Epitypification of *Fusarium oxysporum*

- rum* — Clearing the taxonomic chaos. *Persoonia*. 2019. Vol. 43. P. 1–47. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.01>.
11. Hassan H.A. Biology and Integrated Control of Tomato Wilt Caused by *Fusarium oxysporum lycopersici*: A Comprehensive Review under the Light of Recent Advancements. *Journal of the Botanical Research*. 2020. Vol. 3. P. 84–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.36959/771/565>.
  12. Kabaş A., Zengin S., Oğuz A. et al. Improvement of new tomato varieties resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. *Acta Horticulturae*. 2020. Vol. 1271. P. 427–434. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1271.58>
  13. Acharya B., Ingram T.W., Oh Y. et al. Opportunities and Challenges in Studies of Host-Pathogen Interactions and Management of *Verticillium dahliae* in Tomatoes. *Plants*. 2020. Vol. 9. P. 1622. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111622>.
  14. Chen Z.D., Kang H.J., Chai A.L. et al. Development of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for rapid detection of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in planta. *European Journal of Plant Pathology*. 2020. Vol. 156. P. 739–750. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.6154>.
  15. Chai A.L., Ben H.Y., Guo W.T. et al. Quantification of Viable Cells of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in Tomato Seed Using Propidium Monoazide and a Real-Time PCR Assay. *Plant Disease*. 2020. Vol. 104. P. 2225–2232. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-11-19-2397-re>.
  16. Lamichhane J.R., Osdaghi E., Behlau F. et al. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2018. Vol. 38. P. 28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>.
  17. Feng M., Cheng R., Chen M. et al. Rescue of tomato spotted wilt virus entirely from complementary DNA clones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020. Vol. 117. P. 1181–1190. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1910787117>.
  18. Цвігун В.О., Сус Н.П., Мазур С.О. та ін. Поширення та біологічні особливості вірусних хвороб томатів у агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № (4). P. 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959>.
  19. Rabie M., Ratti C., Calassanzio M. et al. Phylogeny of Egyptian isolates of Cucumber mosaic virus (CMV) and Tomato mosaic virus (ToMV) infecting *Solanum lycopersicum*. *European Journal of Plant Pathology*. 2017. Vol. 149. P. 219–225. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1164-2>.
  20. Sofy A.R., Sofy M.R., Hmed A.A. et al. Ameliorating the adverse effects of Tomato mosaic tobamovirus infecting tomato plants in Egypt by boosting immunity in tomato plants using zinc oxide nanoparticles. *Molecules*. 2021. Vol. 26. P. 1337. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26051337>.
  21. Sorokan A.V., Burkhanova G.F., Veselova S.V. et al. Endophytic bacteria to control plant viruses: an overview. *Microbial Endophytes and Plant Growth*. 2023. P. 51–66. DOI: [10.1016/B978-0-323-90620-3.00018-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90620-3.00018-0).
  22. Nаврылюк Л., Безноско І. and Кичигина О. The main mechanisms of environmentalization of the agricultural production. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 137–143. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287828>.
  23. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Парфенюк А.І., Безноско І.В. Сорт як фактор формування стійких агроценозів зернових культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. Vol. (2). P. 110–118. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>.
  24. Pylak M., Oszust K. and Fraç M. Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2019. Vol. 18 (3). P. 597–616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>.
  25. Wang H., Fan H. and Yao H. Effects of Elevated CO<sub>2</sub> on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Growth and Rhizosphere Soil Microbial Community Structure and Functionality. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 1752. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111752>.
  26. Moisan K., Cordovez V., van de Zande E.M. et al. Volatiles of pathogenic and non-pathogenic soil-borne fungi affect plant development and resistance to insects. *Oecologia*. 2019. Vol. 190. P. 589–604. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04433-w>.
  27. Attia M.S., Abdelaziz A.M., Al-Askar A.A. et al. Plant growth-promoting fungi as biocontrol tool against fusarium wilt disease of tomato plant. *Journal of Fungi*. 2022. Vol. 8 (8). P. 775. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof8080775>.
  28. Herrera-Téllez V.I., Cruz-Olmedo A.K., Plasencia J. et al. The protective effect of *Trichoderma asperellum* on tomato plants against *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea* diseases involves inhibition of reactive oxygen species production. *International journal of molecular sciences*. 2019. Vol. 20(8). P. 2007. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20082007>.
  29. Elshahawy I.E. and El-Mohamedy R.S. Biological control of Pythium damping-off and root-rot diseases of tomato using *Trichoderma* isolates employed alone or in combination. *Journal of Plant Pathology*. 2019. Vol. 101. P. 597–608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00248-z>.
  30. Wang X., Zhou X., Cai Z. et al. A biocontrol strain of *Pseudomonas aeruginosa* CQ-40 promote growth and control *Botrytis cinerea* in tomato. *Pathogens*. 2020. Vol. 10 (1). P. 22. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10010022>.
  31. Ni L. and Punja Z. Management of fungal diseases on cucumber (*Cucumis sativus* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crops in greenhouses using *Bacillus subtilis*. *Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol*. 2019. Vol. 2. P. 1–28. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15175-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15175-1_1).
  32. Saad M.M.G. and Badry H.H. Phytohormones producing fungal endophytes enhance nutritional status and suppress pathogenic fungal infection in tomato. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2020.

Vol. 22 (5). P. 1383–1395. URL: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-23233-en.pdf>.

33. Nguyen T. et al. Characterization of *Paecilomyces variotii* and *Talaromyces amestolkiae* in Korea based

on the morphological characteristics and multigene phylogenetic analyses. *Mycobiology*. 2016. P. 248–259. DOI: <https://doi.org/10.5941/MYCO.2016.44.4.248>.

## REFERENCES

- FAOSTAT. Food and Agriculture Data. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Accessed 29 August 2019 [in English].
- Panno, S., Davino, S., Caruso, A.G. et al. (2021). A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. *Agronomy*, 11 (11), 2188. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112188> [in English].
- Jiang, N., Meng, J., Cui, J. et al. (2018). Function identification of miR482b, a negative regulator during tomato resistance to *Phytophthora infestans*. *Horticulture Research*, 5, 2–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0017-2> [in English].
- Matić, S., Tabone, G., Garibaldi, A. & Gullino, M.L. (2020). Alternaria Leaf Spot Caused by Alternaria Species: An Emerging Problem on Ornamental Plants in Italy. *Plant Disease*, 104, 2275–2287. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-20-0399-RE> [in English].
- Mohamed, A.A., Salah, M.M., El-Dein, M.M.Z. et al. (2021). Ecofriendly bioagents, *Parthenocissus quinquefolia*, and *Plectranthus neochilus* extracts to control the early blight pathogen (*Alternaria solani*) in tomato. *Agronomy*, 11 (5), 911. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050911> [in English].
- Ávila, M.C.R., Lourenço, V.Jr., Quezado-Duval, A.M. et al. (2020). Field validation of TOMCAST modified to manage Septoria leaf spot on tomato in the central-west region of Brazil. *Crop Protection*, 138, 105333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105333> [in English].
- De Vega, D., Holden, N., Hedley, P.E. et al. (2021). Chitosan primes plant defence mechanisms against *Botrytis cinerea*, including expression of Avr9/Cf-9 rapidly elicited genes. *Plant, Cell and Environment*, 44, 290–303. DOI: <https://doi.org/10.1111%2Fpce.13921> [in English].
- Srinivas, C., Nirmala Devi, D., Narasimha Murthy, K. et al. (2019). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity — A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 1315–1324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002> [in English].
- Alamri, S.A., Hashem, M., Mostafa, Y.S. et al. (2018). Biological control of root rot in lettuce caused by *Exserohilum rostratum* and *Fusarium oxysporum* via induction of the defense mechanism. *Biological Control*, 128, 76–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.09.014> [in English].
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Lamprecht, S.C. & Crous, P.W. (2019). Epitypification of *Fusarium oxysporum* — Clearing the taxonomic chaos. *Persoonia*, 43, 1–47. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.01> [in English].
- Hassan, H.A. (2020). Biology and Integrated Control of Tomato Wilt Caused by *Fusarium oxysporum lycopersici*: A Comprehensive Review under the Light of Recent Advancements. *Journal of the Botanical Research*, 3, 84–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.36959/771/565> [in English].
- Kabaş, A., Zengin, S., Oğuz, A. et al. (2020). Improvement of new tomato varieties resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. *Acta Horticulturae*, 1271, 427–434. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1271.58> [in English].
- Acharya, B., Ingram, T.W., Oh, Y. et al. (2020). Opportunities and Challenges in Studies of Host-Pathogen Interactions and Management of Verticillium dahliae in Tomatoes. *Plants*, 9, 1622. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111622> [in English].
- Chen, Z.D., Kang, H.J., Chai, A.L. et al. (2020). Development of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for rapid detection of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in planta. *European Journal of Plant Pathology*, 156, 739–750. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ps.6154> [in English].
- Chai, A.L., Ben, H.Y., Guo, W.T. et al. (2020). Quantification of Viable Cells of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in Tomato Seed Using Propidium Monoazide and a Real-Time PCR Assay. *Plant Disease*, 104, 2225–2232. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-11-19-2397-re> [in English].
- Lamichhane, J.R., Osdaghi, E., Behlau, F. et al. (2018). Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9> [in English].
- Feng, M., Cheng, R., Chen, M. et al. (2020). Rescue of tomato spotted wilt virus entirely from complementary DNA clones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 1181–1190. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1910787117> [in English].
- Tsvigun, V.O., Cus, N.P., Mazur, S.O. et al. (2021). Poshyrennya ta biolohichni osoblyvosti virusnykh khvorob tomativ u ahrostenozakh Ukrainy [Distribution and biological features of viral diseases of tomatoes in agrocenoses of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, (4), 82–89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252959> [in Ukrainian].
- Rabie, M., Ratti, C., Calassanzio, M. et al. (2017). Phylogeny of Egyptian isolates of Cucumber mosaic virus (CMV) and Tomato mosaic virus (ToMV) infecting *Solanum lycopersicum*. *European Journal of Plant Pathology*, 149, 219–225. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1164-2> [in English].
- Sofy, A.R., Sofy, M.R., Hmed, A.A. et al. (2021). Ameliorating the adverse effects of Tomato mosaic

- tobamovirus infecting tomato plants in Egypt by boosting immunity in tomato plants using zinc oxide nanoparticles. *Molecules*, 26, 1337. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26051337> [in English].
21. Sorokan, A.V., Burkhanova, G.F., Veselova, S.V. et al. (2023). Endophytic bacteria to control plant viruses: an overview. *Microbial Endophytes and Plant Growth*, 51–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90620-3.00018-0> [in English].
  22. Havryliuk, L., Beznosko, I. & Kichigina, O. (2023). The main mechanisms of environmentalization of the agricultural production. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 3, 137–143. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287828> [in English].
  23. Mostovyak, I.I., Demyaniuk, O.S., Parfenyuk, A.I. & Beznosko, I.V. (2020). Sort yak faktor formuvannya stiykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur [The variety as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops]. *Scientific Progress & Innovations*, (2), 110–118. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13> [in Ukrainian].
  24. Pylak, M., Oszust, K. & Fraç, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18 (3), 597–616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5> [in English].
  25. Wang, H., Fan, H. & Yao, H. (2020). Effects of Elevated CO<sub>2</sub> on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Growth and Rhizosphere Soil Microbial Community Structure and Functionality. *Agronomy*, 10, 1752. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111752> [in English].
  26. Moisan, K., Cordovez, V., van de Zande, E.M. et al. (2019). Volatiles of pathogenic and non-pathogenic soil-borne fungi affect plant development and resistance to insects. *Oecologia*, 190, 589–604 [in English].
  27. Attia, M.S., Abdelaziz, A.M., Al-Askar, A.A. et al. (2022). Plant growth-promoting fungi as biocontrol tool against fusarium wilt disease of tomato plant. *Journal of Fungi*, 8 (8), 775. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof8080775> [in English].
  28. Herrera-Téllez, V.I., Cruz-Olmedo, A.K., Plasencia, J. et al. (2019). The protective effect of *Trichoderma asperellum* on tomato plants against *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea* diseases involves inhibition of reactive oxygen species production. *International journal of molecular sciences*, 20 (8), 2007. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20082007> [in English].
  29. Elshahawy, I.E. & El-Mohamedy, R.S. (2019). Biological control of Pythium damping-off and root-rot diseases of tomato using *Trichoderma* isolates employed alone or in combination. *Journal of Plant Pathology*, 101, 597–608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00248-z> [in English].
  30. Wang, X., Zhou, X., Cai, Z. et al. (2020). A biocontrol strain of *Pseudomonas aeruginosa* CQ-40 promote growth and control *Botrytis cinerea* in tomato. *Pathogens*, 10 (1), 22. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10010022> [in English].
  31. Ni, L. & Punja, Z.K. (2019). Management of fungal diseases on cucumber (*Cucumis sativus* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crops in greenhouses using *Bacillus subtilis*. *Bacilli and Agrobiotechnology: Phyto-stimulation and Biocontrol*, 2, 1–28. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15175-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15175-1_1) [in English].
  32. Saad, M.M.G. & Badry, H.H. (2020). Phytohormones producing fungal endophytes enhance nutritional status and suppress pathogenic fungal infection in tomato. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22 (5), 1383–1395. URL: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-23233-en.pdf> [in English].
  33. Nguyen, T. et al. (2016). Characterization of *Paecilomyces variotii* and *Talaromyces amestolkiae* in Korea based on the morphological characteristics and multigene phylogenetic analyses. *Mycobiology*, 44 (4), 248–259. DOI: <https://doi.org/10.5941/MYCO.2016.44.4.248> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.03.2024

## ПОЗАКОРЕНЕВЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН: АКТУАЛЬНІСТЬ, ПОТРЕБИ, ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ

О.Г. Мусич<sup>1</sup>, О.В. Зубко<sup>1</sup>, П.М. Душко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» (м. Київ, Україна)

e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3874-741X

e-mail: zubko2019alex@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2521-8087

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-1408-0342

У статті теоретично проаналізовано потреби рослин у поживних речовинах та збалансованість надходження макро- і мікроелементів для правильного їх росту і розвитку. В основу методології досліджень покладено системний підхід оцінки періодичності позакореневого підживлення рослин комплексними препаратами різного складу. Встановлено, що за позакореневого підживлення існує частина поживних речовин після того, як вони потрапляють у листок рослини. Молекули меншого розміру або молекули з меншим позитивним зарядом легше переносяться в судинній системі, звідки вони переміщуються в інші частини рослини, включаючи амоній ( $\text{NH}_4^+$ ), калій ( $\text{K}^+$ ) і сечовину ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ). Із іншого боку, більші молекули, а також іони з великим позитивним зарядом мають тенденцію залишатися доволі близько до своєї точки входу, оскільки прилипають до негативно заряджених клітинних стінок. Вони досить щільно утримують нерухомі поживні речовини, зокрема кальцій ( $\text{Ca}^{2+}$ ), залізо ( $\text{Fe}^{2+}$ ), марганець ( $\text{Mn}^{2+}$ ), цинк ( $\text{Zn}^{2+}$ ) і мідь ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Зазначено важливість поєднання біотехнологічного та екологічного аспекту в розробці і застосуванні комплексних сполук для позакореневого підживлення. Використання сполук на основі ЕДТА є потенційно небезпечним для сільськогосподарської продукції та навколишнього середовища. У довгостроковій перспективі це зумовлює збільшення забруднення сільськогосподарських земель, деградації ґрунтів, зменшення врожайності та погіршення якості продукції. Під час внесення комплексних листових добрив елементи з сильним позитивним зарядом, такі як кальцій, не дуже активно переміщуються в рослині. Відповідно, негативно заряджені елементи, як-от фосфор, повільно потрапляють у листки рослин. Обидва елементи відносно нерухомі після входу. Додаткові дослідження засвідчили, що різноманітні види рослин істотно різняться за здатністю поглинати поживні речовини через листки. Відмінності в товщині кутикули, кількості пор і стійкості, а також генетичні чинники й фактори навколишнього середовища — все це впливає на здатність виду засвоювати поживні речовини, що вносяться на листки.

**Ключові слова:** поживні речовини, макро- і мікроелементи, фітостимулятори, рідкі комплексні добрива, технології вирощування.

### ВСТУП

За останні роки аграрні товаровиробники значну увагу приділяють вирощуванню високорентабельних технічних культур, порушуючи науково обґрунтовану структуру сівозмін. Це зумовило негативні соціально-екологічні наслідки, а також проблеми дефіциту продукції нішевого асортименту як комерційного, так і соціального значення. Як відомо, у більшості вітчизняних сільськогосподарських підприємств (наприкладі Волинської обл.) відсутні науково обґрунтовані сівозміни, розораність сіль-

госпугідь сягає 65,3% (по Україні — 77,8%), для вирощування сільськогосподарських культур не достатня кількість добрив, що посилює виснаження землі, зниження родючості ґрунтів, їх деградації [1].

Забезпечення оптимального режиму живлення сільськогосподарських культур — одне із найважливіших завдань технологій їх вирощування, від виконання якого залежить формування найкращих умов росту і розвитку рослин та функціонування агроєкосистем посіву культури загалом. Однак слід констатувати, що сучасний стан розвитку землеробства України

характеризується значним дефіцитом основних елементів живлення рослин, який у середньому на 1 га сільськогосподарських угідь становить 50,2 кг за діючою речовиною [2; 3]. Крім того, за умов гострого дефіциту органічних добрив використання на добриво побічної продукції є ефективним агрохімічним заходом, здатним забезпечити високу врожайність сільськогосподарських культур. Ефективність альтернативних органо-мінеральних систем удобрення залежить від інтенсивності процесів мінералізації органічної речовини в ґрунті, збалансованості поживного середовища за макро- і мікроелементами, їх спроможності забезпечити рослини елементами живлення в найкритичніші фази росту і розвитку.

Відомо, що вирощування і постійне оновлення нових більш продуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур вимагає врахування кількісного впливу на їх урожайність норм добрив, оскільки культури істотно відрізняються від вивчених раніше сортів і гібридів як значенням окупності добрив, так і коефіцієнтом використання основних елементів. Така постановка питання потребує кількісної оцінки їх інтенсивності з точки зору використання основних ресурсів і передусім мінерального живлення [4; 5].

Тому визначення джерел і способів досягнення бездефіцитного балансу поживних речовин у землеробстві країни є основою досягнення лідируючих позицій у світі за продуктивністю сільськогосподарських культур.

**Мета дослідження** — аналіз науково обґрунтованої стратегії і перспектив позакореневого живлення під час застосування нових комплексних сполук у період вегетації рослин.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні уявлення про мінеральне живлення рослин виходить своїми коренями з аристотелівського вчення про живлення рослин соками землі (Арістотель, 384 р. до н. е.), водної теорії живлення Я.Б. Ван

Гельмонта (1629) та гумусової теорії живлення рослин, яку запропонував А. Теер наприкінці XVIII — на початку XIX ст. Незважаючи на те, що точними експериментами швейцарця Н.Т. Соссюр (1804) доведено, що ґрунт є джерелом мінерального живлення рослин, гумусова теорія панувала до 40-х років XX ст. [6; 7].

До того ж ще в 1770 р. А. Болотов виклав теорію мінерального живлення рослин, а пізніше Ю. Лібіх довів, що це живлення відбувається переважно добривами з ґрунту [8].

На сьогодні, як зарубіжні, так і вітчизняні дослідження спрямовані на вивчення систем удобрення та позакореневого внесення рідких органо-мінеральних добрив, які позитивно впливають на ріст й розвиток рослин. Низка науковців Дегодюк Е.Г., Поліщук В.О. [9; 10] вважають, що запорукою одержання урожаїв із високою якістю є не відмова від застосування мінеральних добрив, а оптимальне мінеральне живлення рослин. Також Паламарчук В.Д., Гудзь В.П. та ін. [11] відмічають, що поєднання органічних та помірних норм мінеральних добрив сприяє позитивному впливу на ріст й розвиток рослин. Як наголошує Матковська М.В. [12], мінеральні добрива в різних дозах та співвідношеннях позитивно впливають на зимостійкість рослин, особливо — підвищення норм фосфорно-калійних добрив. Позитивна дія на зимостійкість відбувається через вплив на інтенсивне накопичення пластичних речовин, зменшення кількості вільної води в клітинах рослин.

Також мінеральне живлення досить істотно діє на формування вторинної кореневої системи, що забезпечує основне засвоєння поживних елементів та води з ґрунту. За даними А.Д. Гирка [13], під час застосування  $N_{30}P_{30}K_{30}$  кількість вторинних коренів збільшувалася на 14,3–33,3%, а за  $N_{60}P_{60}K_{60}$  — на 16,6–42,8% проти контролю.

До того ж варто відмітити, що незбалансовані норми мінеральних добрив негативно впливають на показники кислотності ґрунтового розчину та неодмінно

закріплюють елементи живлення, що погано діє на засвоєння елементів живлення кореневою системою рослин. Наразі це є актуальною проблемою, яка зустрічається в багатьох країнах Європи, не обминула вона і Україну.

Ще в середині ХХ ст. було встановлено, що більш засухоустійкі сорти культур ефективніше використовують підвищені норми елементів живлення за зниженої вологості ґрунту, ніж нестійкі форми, це було підтверджено дослідниками в Україні [14–16] та інших країнах. Доведено, що ефективність споживання води та поживних речовин тісно пов'язані між собою, хоча й не лінійно для окремих елементів [17].

Різниця акумуляції мінеральних елементів у рослинах може бути зумовлена відмінностями адаптаційної здатності генотипів та їхньої реакції на різні ґрунтово-кліматичні умови [18; 19].

Загалом, визначення необхідності застосування мінеральних добрив наразі головна проблема у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Незважаючи на численні дослідження, чимало питань мінерального живлення ще не розв'язано, що спричинено еколого-біологічними особливостями рослин, різними вимогами до елементів живлення у період онтогенезу, однак базові потреби рослин

у поживних речовинах не часто змінюються.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основу методології досліджень покладено системний підхід — метод логічного аналізу на основі узагальнення проаналізованих та систематизованих наукових джерел вітчизняних і зарубіжних авторів у галузі агроекології, агрохімії, біохімії та фізіології рослин.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Система удобрення, як важлива складова технології вирощування сільськогосподарських культур, забезпечує одержання стабільно високих урожаїв продукції рослинництва та збереження родючості ґрунту. За тривалого застосування органічних та мінеральних добрив у сівозміні у біологічний кругообіг залучається значна кількість макро- і мікроелементів. Так, для правильного росту рослин і їх розвитку від насіння і до зрілості необхідні шістнадцять різних елементів, три з яких — вуглекислий газ, кисень і водень — рослина отримує безпосередньо із зовнішнього середовища, а решта тринадцять забезпечуються ґрунтом (рис. 1).



Рис. 1. Необхідні елементи для росту та розвитку рослин

Примітка: створений авторами з використанням програми «Corel Draw».

Без вивчення особливостей надходження та витрат елементів живлення у землеробстві неможливо контролювати і свідомо впливати на обмін поживних речовин у системі «добриво – ґрунт – рослина» [20].

Наявність у ґрунті всіх речовин дає можливість підвищити ефективність фотосинтезу і внутрішньоклітинних процесів, а в результаті – одержати значні врожаї, запобігати захворюванням, мати підвищену стійкість до стресів. Окрім того, мікроелементи прискорюють і покращують перебіг біохімічних реакцій.

Для утворення нових пагонів, листків, квітконосів та коренів рослин необхідний певний набір речовин, а відсутні мікро- і макроелементи рослини поглинають через коріння або надземну (вегетативну) частину. Під дією сонячного світла в клітинах відбуваються обмінні процеси, в результаті мінеральні речовини перетворюються в органічні. За нестачі елементів культури зупиняються в рості, не настає цвітіння, може осипатися зав'язь і плоди частіше хворіють [8].

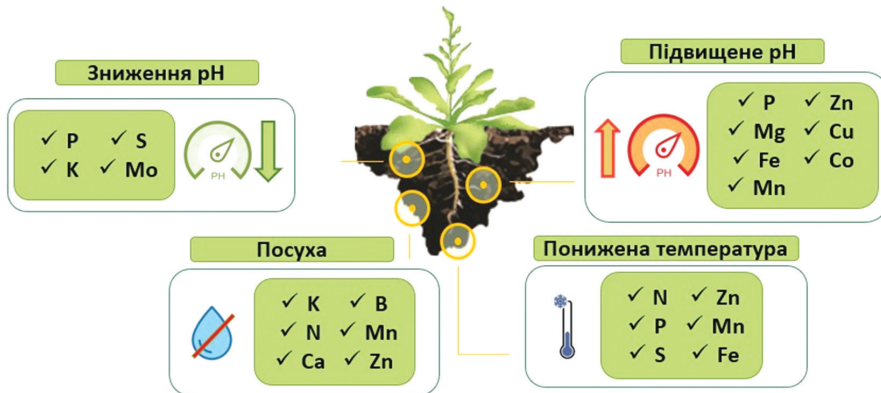
Доступність поживних речовин із ґрунту та інтенсивність засвоєння кореневою системою деяких елементів живлення значною мірою залежить від низки чинників:

- *фізико-хімічних* (тип ґрунту, рН та його соловий склад, вміст органічної речовини, мінеральні добрива);

- *біологічних* (мікробіологічна активність ґрунту, зараженість хворобами та шкідниками, культура та розвиток її кореневої системи);
- *екологічних* (вологість та температура ґрунту).

Насправді, теоретично, елемент присутній у ґрунті у необхідній концентрації, але рослиною не засвоюється через певні чинники, рослина відчуває дефіцит цього елементу. Наслідком цього є зниження врожаю та слабкий фізіологічний стан самої культури. При значеннях рН ґрунту вище 7,5 доступність поживних речовин, зокрема фосфору, бору, марганцю та цинку зменшується, хоча в ґрунті може бути присутня висока загальна кількість цих елементів. Низька температура ґрунту порушує засвоєваність азоту, фосфору, сірки, заліза, марганцю та цинку, а висока температура та посушливі умови спричиняють порушення поглинання калію, кальцію, міді й бору. Високий вміст кальцію та магнію заважають мобілізації кореневою системою калію, надлишок іонів заліза та марганцю блокують надходження фосфору, міді та молібдену. Високий вміст органічної речовини ускладнює поглинання заліза, марганцю, міді та молібдену (рис. 2) [21; 22].

Порівняно з традиційним методом внесення мінеральних добрив на поверхню ґрунту з наступним підживленням рослин



**Рис. 2.** Потреба рослини в елементах живлення за несприятливих умов довкілля

Примітка: створений авторами з використанням програми «Corel Draw».



рідкими добривами безпосередньо в зону кореня має низку переваг:

- потрібні елементи живлення, попадаючи в розчиненому вигляді, легко засвоюються. Рослинам не потрібно витратити енергію на звільнення елементів живлення, які знаходяться в адсорбованих ґрунтових колоїдах або у важкорозчинних сполуках;
- елементи живлення засвоюються в тій кількості, яка потрібна рослині на певному етапі розвитку. Рослина впродовж вегетації не відчуває надлишок або дефіциту мінеральних елементів, поступово формується режим живлення з рівномірним забезпеченням всіх макро- і мікроелементів;
- під час застосування рідких добрив зменшується втрата елементів живлення та ймовірність одержання рослиною різних стресів, прискорюється процес метаболізму, підвищується якість та кількість продукції, що вирощується.

Деякі добрива під час розчинення залишають осад, який заважає якісній роботі систем внесення поживних речовин у зону кореня. Проблема щодо знищення осаду можна виконати завдяки позакореному живленню рослин (по листках). Засвоєння елементів живлення не обмежується коре-

невою системою. В багатьох випадках для поліпшення стану рослини, її стійкості чи толерантності до того чи іншого чинника, а також за погіршення погодно-кліматичних умов, а також зростання вартості основних добрив дало поштовх до появи нових агротехнічних прийомів для підвищення врожайності та якості продукції [23].

Позакоренеve живлення – це точний ефективний засіб ліквідації дефіциту елемента живлення порівняно з внесенням добрива в ґрунт, оскільки поживні речовини надходять безпосередньо до тканини рослини в критичні стадії її розвитку при переході від вегетативного до репродуктивного періоду та у випадках підвищення стресостійкості або ліквідації дії несприятливих чинників середовища (приморозків, граду та ін.) з урахуванням всіх екологічних умов (ґрунт, його фізико-біологічна активність, ураження хворобами, шкідниками, тощо) [24].

Ріст рослини, її розвиток, підтримка в доброму стані – складний процес, який базується на забезпеченні всіма необхідними поживними елементами, в певну фазу росту за весь період вегетації (рис. 3).

На початку вегетації, під час росту у складі поживних речовин переважає азот, як основа для повноцінного нарощуван-

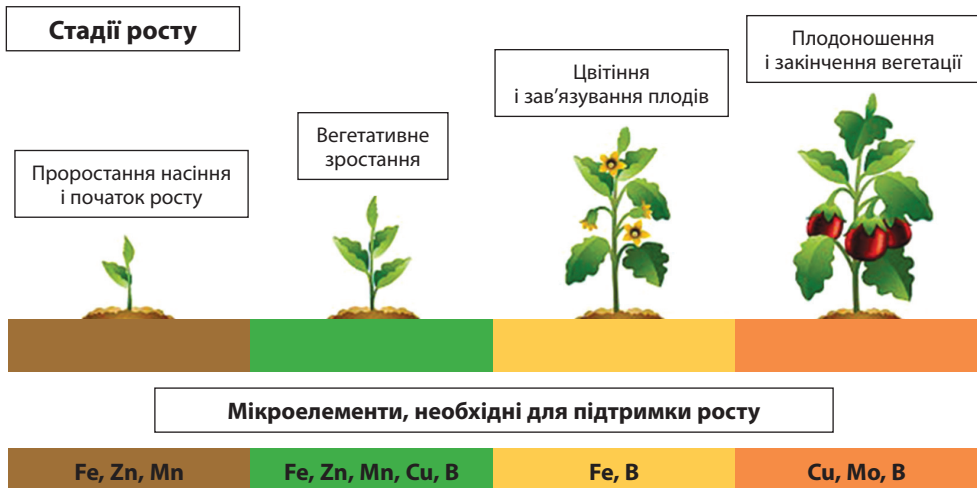


Рис. 3. Потреба рослини в елементах на всіх фазах росту

Примітка: створений авторами з використанням програми «Corel Draw».

ня зеленої маси. У період бутонізації та цвітіння — рослини потребують наявності калію і фосфору. В процесі плодоношення — рослинам необхідні сполуки калію, азоту та фосфору.

Наприкінці вегетації — калій і фосфор підготують рослини до зимівлі, підвищують стійкість до умов низьких температур. Необхідні сполуки з мінімальним вмістом азоту. Крім того, необхідно вносити в ґрунт комплексні сполуки з мікроелементами [1]:

- за проростання насіння або набухання бруньок — цинку, заліза, магнію;
- у період активної вегетації — додається бор і мідь;
- цвітіння і утворення зав'язей неможливі без заліза й бору;
- плодоношення і закінчення вегетації — міді, молібдену, бору.

Зважаючи на це, позакореневе живлення є важливим додатковим інструментом для ефективного управління продуктивністю рослин, потребує застосування невеликих кількостей діючих речовин порівняно з великою кількістю дорогих добрив для внесення в ґрунт. Низькі концентрації та норми використання зменшують екологічне навантаження на ґрунт та довкілля. Позакореневе підживлення широко використовують для забезпечення рослини елементами з низькою мобільністю. Обробка плодів фруктових дерев препаратами кальцію з метою підвищення лежкості та якості, а внесення розчинів бору у фазі бутонізації стимулюють цвітіння, проростання пилкових трубок та збільшує відсоток зав'язування плодів. Окрім того, обробка рослин через листову поверхню стимулює перебіг фізіологічних процесів, підвищується продуктивність фотосинтезу, прискорюється синтез вуглеводів, органічних кислот та інших біологічно активних речовин, надходження їх у кореневу зону. Виділення цих речовин кореневою системою посилює активність мікроорганізмів, стимулює розчинність та засвоєння важкодоступних поживних речовин [8].

Отже, для ефективного використання позакореневого живлення необхідні певні

умови, зокрема тестування ґрунту; географічне розташування культури; тканинна діагностика культури; урахування критичних фаз розвитку рослини, особливо в умовах стресу; вплив абіотичних чинників.

Щодо механізму дії позакореневого підживлення є предметом численних дискусій, хоча науковці констатують більш ефективно поглинання рослиною поживних речовин по листках, ніж корінням [24]. Дослідження радіоізотопним методом встановлено, що поживні речовини з більшою ймовірністю потрапляють через кутикулу листка. Остання містить надзвичайно дрібні пори з щільністю близько десяти мільярдів пор на  $\text{cm}^2$  площі поверхні листка. Ці мікропори вистелені негативними зарядами, які мають тенденцію притягувати (в іонній формі) позитивно заряджені елементи, як-от кальцій ( $\text{Ca}^{2+}$ ), магній ( $\text{Mg}^{2+}$ ), калій ( $\text{K}^+$ ), азот в амонійній формі ( $\text{NH}_4^+$ ) тощо, через кутикулу залежно від низки чинників, включаючи концентрацію поживних речовин, розмір молекули, органічні або неорганічні речовини, а негативно заряджені важливі елементи в іонній формі, такі як фосфор ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), сірка ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) і азот в нітратній формі ( $\text{NO}_3^-$ ), ускладнюють проникнення листків через кутикулу. В той час як протилежні заряди притягуються, подібні заряди відштовхуються один від одного [24].

За позакореневого підживлення існує частина поживних речовин після того, як вони потрапляють у листок рослини. Молекули меншого розміру або молекули з меншим позитивним зарядом легко переносяться в судинній системі, звідки вони переміщуються в інші частини рослини, включаючи амоній ( $\text{NH}_4^+$ ), калій ( $\text{K}^+$ ) і сечовину ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ). Із іншого боку, більші молекули й іони з великим позитивним зарядом мають тенденцію залишатися досить близько до своєї точки входу, оскільки прилипають до негативно заряджених клітинних стінок. Вони досить щільно утримують нерухомі поживні речовини, зокрема кальцій ( $\text{Ca}^{2+}$ ), залізо ( $\text{Fe}^{2+}$ ), марганець ( $\text{Mn}^{2+}$ ), цинк ( $\text{Zn}^{2+}$ ) і мідь ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

Отже, під час внесення листових добрив елементи з сильним позитивним зарядом, як-от кальцій, не дуже активно переміщуються в рослині. Відповідно, негативно заряджені елементи, такі як фосфор, повільно потрапляють у листок. Дослідження засвідчили [24], що різноманітні види рослин істотно різняться за здатністю поглинати поживні речовини через листки. Відмінності в товщині кутикули, кількості пор і стійкості, а також генетичні чинники й фактори навколишнього середовища — все це впливає на здатність виду засвоювати поживні речовини, що вносяться на листки.

Отже, за певних обставин позакореневе підживлення є корисним для підтримки поживного благополуччя сільськогосподарських культур, для корекції дефіциту поживних мікроелементів. Так, позакореневе підживлення азоту (N) може принести користь більшості овочів, якщо в рослині мало N. Форми азоту сечовини є найефективнішими. Також дієвими є метилсечовина (формальдегід сечовини), триазоли ( $C_2H_3N_3$ ) і сульфат амонію. Позакореневий калій ( $K^+$ ) використовується для покращення плодоношення овочів, таких як помідори й дині. Кращі джерела для цього — сульфат калію або нітрат калію.

Позакореневий магній ( $Mg^{2+}$ ), зазвичай, використовується для обробки помідорів, динь і бобів. Кращим джерелом є сульфат магнію.

Часто рекомендовано використання позакореневого кальцію, але, оскільки він дуже малорухомий, його необхідно застосовувати на відповідних стадіях росту, щоб був ефективним. Наприклад, для зменшення гнилі плодів помідорів або перцю використовують кальцій по листках, коли плоди дуже маленькі. Кращими джерелами кальцію для листків є нітрат кальцію, хлорид кальцію і деякі хелатні сполуки з кальцієм.

Залізо ( $Fe^{2+}$ ), марганець ( $Mn^{2+}$ ) або цинк ( $Zn^{2+}$ ) найкраще вносити як позакореневе підживлення — сульфати. Хоча ці металеві мікроелементи не є мобільними, позакореневе підживлення дуже ефектив-

не для усунення локальних пошкоджень у листках.

Не всі добрива придатні для позакореневого застосування, переважно це стосується рідких добрив із високою розчинністю, низьким сольовим індексом та головне, високою частотою сумісності компонентів. Також необхідно враховувати, що максимальне поглинання можливо при мінімально ушкодженому або непошкодженому листку.

Сучасні добрива для позакореневого живлення різні за складом, формою діючої речовини. Для їх виробництва застосовують чисту хімічну сировину з високим ступенем подрібнення, низькою вологістю, мікроелементами в хелатній формі, як найефективнішому, стабілізаторами, ад'ювантами (прилипачами).

Вимоги до розчинних комплексних добрив позакореневого підживлення можна звести до таких пунктів:

- активність та біозасвоюваність розчинних комплексів макро- і мікроелементів;
- відсутність великих малорухливих макромолекул комплексуютьвачів і стабілізаторів;
- стійкість багатоконпонентних розчинів до концентрування і зберігання.

Хелатні добрива — економічно виправданий спосіб забезпечення рослин необхідними елементами живлення. На українському ринку їх безліч. На жаль, серед них чимало таких, які можуть завдати серйозної шкоди, це добрива з ЕДТА [25]. Щоб рослина могла легко поглинути та засвоїти певний мікроелемент, останній вноситься в біологічно-активній формі, тобто потрібний своєрідний транспортний засіб. Таким засобом слугує ЕДТА — біологічно-активний ліганд.

ЕДТА — етилендіамінтетраоцтова кислота, органічна сполука яка щільно пов'язує іони деяких елементів ( $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ); утворює стабільні комплекси хелати (від грецького слова *chele* — «крабова клешня»). Невисока вартість зумовила його широке використання, наслідком якого стало багато проблем, які виявляються поступово:

- доведено, що мікродобрива на основі ЕДТА непридатні для кореневих підживлень на карбонатних та лужних ґрунтах ( $\text{pH} > 8$ );
- ЕДТА віднімає  $\text{Ca}^{2+}$  з будь-яких структур, що його містять, порушує метаболізм рослинної клітини; зовні дефіцит  $\text{Ca}^{2+}$  супроводжується в'яненням рослини, нестача призводить до зниження врожайності, погіршення якості насіння та плодів, зменшення термінів їх зберігання;
- ЕДТА не засвоюється рослиною. Віддавши рослині мікроелемент, хелатант потрапляє у ґрунт, концентруючись переважно у верхньому 10 см шарі, оскільки сполука стійка, не руйнується, а пов'язує важкі метали (ртуть, миш'як, кадмій, свинець та ін.), а останні як солі погано засвоюються рослиною. Комплекси ЕДТА з важкими металами призводять до більш інтенсивного і неконтрольованого їх поглинання кореневою системою. Дослідження показують, що ЕДТА впливає на накопичення важких металів рослиною, навіть на третій рік після її одноразового внесення. Концентрація важких металів у рослинах підвищується до токсичного рівня, що призводить до пригнічення, зменшення врожайності та зниження якості продукції [25; 26].

Тому, використання сполук на основі ЕДТА є потенційно небезпечним для сільськогосподарської продукції та навколишнього середовища. У довгостроковій перспективі це призводить до збільшення забруднення сільськогосподарських земель, деградації ґрунтів, зменшення врожайності та погіршення якості продукції.

До мікродобрив з визначеними мікроелементами ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{B}^{3+}$ ) додають ультрамікроелементи цитокинінів, як додаткових стимуляторів. Ще в 1955 р. в рослинах знайдені хімічні сполуки — фактори росту, що регулюють процес поділу клітин. Це так звані цитокиніни, похідні пуринових азотистих основ, точніше аденіну. Саме вони визначають фізіологічний вплив кореневої системи на обмін речовин надземних органів. Багаті на них

клітини апікальних пагонів і меристем кореня. В 2001 р. завдяки генній інженерії з *Arabidopsis thaliana* (Гусимка звичайна) виділено ген, який кодує ключовий фермент синтезу цитокинінів. Припускають, що маркер-тДНК-плазмід допомагає рослині утворювати цитокиніни за хімічного перетворення тРНК. Донині в літературі маловідомо про метаболізм цитокинінів, але є підтвердження, що підживлення рослин азотом стимулює утворення останніх. Цитокиніни як багатофункціональні фітогормони, прискорюють поділ клітин і тканин, беруть участь в орґаноутворенні, затримують старіння листків (омолоджувальний ефект), підвищують стресостійкість рослин, регулюють азотний обмін [27].

Отже, важливе поєднання біотехнологічного та екологічного аспектів у розробці і застосуванні комплексних сполук для позакореневого підживлення.

## ВИСНОВКИ

Сучасний розвиток енергоощадних технологій сприяє запровадженню нових технологій; збалансованому застосуванню добрив — крапельному в зоні кореня та позакореневого — в зоні листків.

Без мікроелементів принципи неможливе повноцінне засвоєння основних добрив (азоту, фосфору, калію). Тільки мікроелементи забезпечують нормальний перебіг фізіологічних процесів у рослині, підвищують її метаболізм, стресостійкість та дають змогу отримати врожай належної якості.

Позакореневе підживлення — рентабельний метод забезпечення рослин поживними речовинами, ефективний метод лікування дефіциту певних поживних речовин і прискорювач росту рослин під час стресу.

Листкове підживлення найбільш ефективне за інтенсивної технології вирощування рослин, коли лімітувальним чинником зростання врожайності є нестача макро- та мікроелементів.

Позакореневе живлення є єдиним шляхом збереження динаміки ростових проце-

сів і роботи фітогормональних систем під час нестачі елементів живлення з ґрунту.

Мікродобрива з мікроелементами у хелатній формі – водорозчинні, без осаду, збільшують ступінь засвоєння азоту, фосфору й калію з ґрунту, позитивно впливають на стан рослин, повністю виключають фізіологічну депресію останніх, що пози-

тивно позначається на класності та якості врожаю.

Встановлено, що мікродобрива на основі ЕДТА непридатні для кореневих підживлень на карбонатних та лужних ґрунтах. Також висока стійкість комплексів ЕДТА з біометалами робить його неефективним стабілізатором за позакореневого внесення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Переверзева А.В., Волков В.П., Лях В.О. Вплив деградації ґрунтів на продовольчу безпеку. *Агро-світ*. 2020. № 19–20. С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.19-20.10>.
2. Писаренко В.М. Органічні добрива: моногр. Полтава: ГС «Полтавське товариство сільського господарства», 2022. 156 с.
3. Milenko O. et al. Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25 (4). P. 61–66. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(4\).2022.61-66](https://doi.org/10.48077/scihor.25(4).2022.61-66).
4. Дегодюк Е.Г., Проненко М.М., Ігнатенко Ю.О. та ін. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: наук.-метод. та наук.-практ. реком. / за ред. Е.Г. Дегодюка. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.
5. Gavryliuk A. Plowing straw requires additional nitrogen application. *AgroTimes*. 2020. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/zaoryuvannya-solomy-potrebuye-dodatkovogo-vnesennya-azotu>.
6. Thomas C.L., Acquah G.E., Whitmore A.P. et al. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations. *Agronomy*. 2019. Vol. 9(12). P. 776. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120776>.
7. Гавій В.М., Приплавко С.О., Коваленко С.О. та ін. Ґрунт як джерело живлення рослин: навч. посіб. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 190 с.
8. Циліорик О.І. Система мучильовального обробітку ґрунту в Північному Степу: моногр. Дніпро: Новий Світ — 2000, 2019. 298 с.
9. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Проненко М.М. та ін. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: науково-методичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 48 с.
10. Поліщук В.О., Журавель С.В. Вплив систем удобрення і позакореневого підживлення в міжфазні періоди на ріст і розвиток рослин картоплі. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.13>.
11. Гудзь В.П., Шувар І.А., Юник А.В. та ін. Адаптивні системи землеробства: підруч. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 336 с.
12. Матковська М.В. Вплив мінерального живлення та фунгіцидного захисту на підвищення урожайності ячменю озимого. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 104–109. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-104-110>.
13. Гирка А.Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у Північному Степу: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2015. 352 с.
14. Білера Н. Вплив умов навколишнього середовища на поглинання елементів живлення рослинами. 2022. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-umov-navkolyshnogo-seredovyssha-napoglynannya-elementiv-zhyvlennya-roslynamy>.
15. Мірошніченко М.М., Звонар А.М., Панасенко Є.В., Леонов О.Ю. Находження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодніми умовами роки. *Аерохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 51–62. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-06>.
16. Рубан С. Азотні добрива за дефіциту вологи: як оптимізувати. 2021. URL: <https://supragronom.com/blog/856-azotni-dobryva-za-defitsitu-vologiyak-optimizuvati-vnesennya>.
17. Писаренко В.М., Писаренко В.В., Писаренко П.В. Управління агротехнологіями за умов посух: моногр. Полтава: Громадська спілка «Полтавське товариство сільського господарства», 2020. 161 с.
18. Sancar B. Mineral content of some bread wheat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00235-0>.
19. Слюсар І.Т., Камінський В.Ф., Соляник О.П. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від рівня удобрення на дренажних органічних ґрунтах. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11 (812). С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-01>.
20. Муха Р.А. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарської галузі України. *Ефективна економіка*. 2019. № 8. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.8.32>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
21. Ладичук Д.О., Шапоринська Н.М. Шляхи вирішення проблеми втрат водних та земельних ресурсів Херсонської області. *Досягнення України та ЄС в екології, біології, хімії, географії та аграрних науках: моногр.* Рига, Латвія: «Baltija Publishing», 2021. С. 264–281.
22. Чуйко Д.В., Криворученко Р.В. Екологічна пластичність та стабільність сортів кондитерського соняшнику в умовах Східного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26 (3). DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.05>.

23. Вторичные метаболиты: определение, классы и функции. URL: [https://www.plantcelltechnology.com/blog/secondary-metabolites-definition-classes-and-functions-part1/Anjali\\_Singh\\_Feb\\_09\\_2022](https://www.plantcelltechnology.com/blog/secondary-metabolites-definition-classes-and-functions-part1/Anjali_Singh_Feb_09_2022).
24. Fageria N.K., Barbosa Filho M.P., Moreira A. and Guimarães C.M. Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*. 2009. Vol. 32 (6). P. 1044–1064.
25. Козельська Г. ЕДТА в складі мікродобрив — нова загроза для врожайності і родючості ґрунтів. URL: <https://www.unian.ua/ecology/edta-v-skladi->

- mikrodoobriv-nova-zagroza-dlya-vrozhaynosti-i-rodyuchosti-gruntiv-11013242.html.
26. Javier Hernandez-Allica, Carlos Garbisu, Oihana Barrutia and Jose Maria. Becerril EDTA-induced heavy metal accumulation and phytotoxicity in cardoon plants. *Environmental and Experimental Botany*. 2007. Vol. 60. P. 26–32.
27. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 2017. 200 с.

## REFERENCES

1. Pereverzeva, A.V., Volkov, V.P. & Lyakh, V.O. (2020). Vplyv dehradatsiyi gruntiv na prodovol'chu bezpeku [Impact of soil degradation on food security]. *Ahrosvit — Agroworld*, 19–20, 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.19-20.10> [in Ukrainian].
2. Pisarenko, V.M. (2022). *Orhanichni doobryva [Organic fertilizers]*. Poltava: GS «Poltava Society of Agriculture» [in Ukrainian].
3. Milenko, O. et al. (2022). Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific horizons*, 25 (4), 61–66 [in English].
4. Dehodyuk, E.G. (Ed.), Pronenko, M.M., Ignatenko, Yu.O. et al. (2020). *Suchasni systemy udobrennya v zemlerobstvi Ukrainy [Modern systems of fertilization in agriculture of Ukraine]*. Vinnitsa: Vyd-vo «Tvory» [in Ukrainian].
5. Gavryliuk, A. (2020). Plowing straw requires additional nitrogen application. *Agrotimes*. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/zaoryuvannya-solomy-potrebuye-dodatkovogo-vnesennya-azotu> [in English].
6. Thomas, C.L., Acquah, G.E., Whitmore, A.P. et al. (2019). The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations. *Agronomy*, 9 (12), 776. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120776> [in English].
7. Gaviy, V.M., Pryplavko, S.O., Kovalenko, S.O. et al. (2017). *Grunt yak dzherelo zhyvlennya roslin [Soil as a source of nutrition for plants]*. Nizhyn [in Ukrainian].
8. Tsilyurik, O.I. (2019). *Systema mul'chuval'noho obrobittu ґрунту v Pivnichnomu Stepu [Mulching soil cultivation system in the Northern Steppe]*. Dnipro: Novyy Svit — 2000 [in Ukrainian].
9. Degodyuk, S.E., Degodyuk, E.G., Pronenko, M.M. et al. (2020). *Efektivnist' zastosuvannya vidnovlyuvanykh mistsevnykh resursiv za orhanichnoho zemlerobstva [Effectiveness of using renewable local resources in organic farming]*. Vinnitsa: Vyd-vo «Tvory» [in Ukrainian].
10. Polishchuk, V.O. & Zhuravel, S.V. (2023). Vplyv system udobrennya i pozakorenevoho pidzhyvlennya v mizhfazniy periody na rist i rozvytok roslin kartopli [The influence of fertilization systems and foliar fertilization in interphase periods on the growth and development of potato plants]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk — Taurian Scientific Herald*, 133, 92–97. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.13> [in Ukrainian].
11. Hudz, V.P., Shuvar, I.A., Yunyk, A.V. et al. (2017). *Adaptivni systemy zemlerobstva [Adaptive farming systems]*. Kyiv: Tsentр uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
12. Matkovska, M.V. (2020). Vplyv mineral'noho zhyvlennya ta funghitsydnoho zakhystu na pidvyshchennya urozhaynosti yachmenyu ozymoho [The effect of mineral nutrition and fungicidal protection on increasing the yield of winter barley]. *Ahrobiolohiya — Agrobiology*, 1, 104–109. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-104-110> [in Ukrainian].
13. Girka, A.D. (2015). *Ahrobiolohichni osnovy formuvannya produktyvnosti ozymykh ta yarykh zernovykh kul'tur u Pivnichnomu stepu [Agrobiological bases of formation of productivity of winter and spring grain crops in the Northern steppe]*. Doctor's thesis. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
14. Bilera, N. (2022). *Vplyv umov navkolyshn'oho sere-dovyshcha na pohlynannya elementiv zhyvlennya roslinamy [The influence of environmental conditions on the absorption of nutrients by plants]*. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-umov-navkolyshnogoseredovyshcha-na-poglynannya-elementiv-zhyvlennya-roslinamy> [in Ukrainian].
15. Mirosnychenko, M.M., Zvonar, A.M., Panasenko, E.V. & Leonov, O.Yu. (2020). Nadkhodzhennya elementiv zhyvlennya do roslin pshenytsi ozymoyi ryznykh sortiv u kontrastni za pohodnyy umovamy roky [Supply of nutrients to winter wheat plants of different varieties in years with contrasting weather conditions]. *Ahrokhimiya i ґruntoznavstvo — Agrochemistry and soil science*, 89, 51–62. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-06> [in Ukrainian].
16. Ruban, S. (2021). *Azotni doobryva za defitsytu volohy: yak optymizuvaty [Nitrogen fertilizers with a moisture deficit: how to optimize]*. URL: <https://superagronom.com/blog/856-azotni-dobryva-za-defitsitu-vologiyak-optimizuvati-vnesennya> [in Ukrainian].
17. Pisarenko, V.M., Pisarenko, V.V. & Pisarenko, P.V. (2020). *Upravlinnya ahrotekhnolohiyamy za umov posukh [Management of agricultural technologies under drought conditions]*. Poltava: GS «Poltava Society of Agriculture» [in Ukrainian].
18. Sancar, B. (2022). Mineral content of some bread wheat cultivars. *Cereal Research Communications* [in English].
19. Slyusar, I.T., Kamynskyi, V.F. & Solyanyk, O.P. (2020). Produktyvni silskohospodarskykh kultur zalezho vid rivnya udobrennya na drenovanykh

- orhanohennykh gruntakh [Productivity of agricultural crops depending on the level of fertilization on drained organic soils]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Herald of Agrarian Science*, 11 (812), 5–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-01> [in Ukrainian].
20. Mucha, R.A. (2019). Suchasnyy stan, problemy ta perspektyvy rozvytku sil's'kohospodars'koyi haluzi Ukrainy [The current state, problems and prospects of the development of the agricultural sector of Ukraine]. *Efektivna ekonomika — Efficient economy*, 8. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.8.32>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua> [in Ukrainian].
21. Ladychuk, D.O. & Shaporynska, N.M. (2021). Shlyakhy vyryshennya problem y vtrat vodnykh ta zemel'nykh resursiv Khersons'koyi oblasti [Ways to solve the problem of loss of water and land resources of the Kherson region]. *Dosyahnennya Ukrainy ta YeS v ekolohiyi, biolohiyi, khimiyi, heohrafiyi ta ahrarnykh naukakh [Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences]*. (pp. 264–281). Riga: «Baltija Publishing» [in Ukrainian].
22. Chuyko, D.V. & Krivoruchenko, R.V. (2023). Ekolohichna plastychnist ta stabilnist sortiv kondyterskoho sonyashnyku v umovakh Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Ecological plasticity and stability of confectionary sunflower varieties in the conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3). DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.05> [in Ukrainian].
24. Fageria, N.K., Barbosa Filho, M.P., Moreira, A. & Guimarães, C.M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 6, 1044–1064 [in English].
25. Kozelska, G. (2020). EDTA v skladi mikrodbryv — nova zahroza dlya vrozhaynosti i rodyuchosti gruntiv [EDTA as part of microfertilizers is a new threat to soil productivity and fertility]. URL: <https://www.unian.ua/ecology/edta-v-skladi-mikrodbryv-nova-zagroza-dlya-vrozhaynosti-i-rodyuchosti-gruntiv-11013242.html> [in Ukrainian].
26. Hernandez-Allica, Javier, Garbisu, Carlos, Barrutia, Oihana & Becerril, Jose Maria (2007). EDTA-induced heavy metal accumulation and phytotoxicity in cardoon plants. *Environmental and Experimental Botany*, 60, 26–32 [in English].
27. Vedenichova, N.P. & Kosakivska, I.V. (2017). Tsytokininy yak rehulatory ontogenezu roslin za riznykh umov zrostannya [Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions]. Kyiv: Nash format [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 04.04.2024

## АГРОЕКОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЧНОЇ СІВОЗМІНИ В ЗОНІ ПОЛІССЯ

О.І. Савчук<sup>1</sup>, Т.Ю. Приймачук<sup>1</sup>, О.В. Дребот<sup>2</sup>,  
А.П. Кудрик<sup>2</sup>, Н.В. Цуман<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Полісся НААН (м. Житомир, Україна)

e-mail: [grunt17isgp@gmail.com](mailto:grunt17isgp@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6702-239X

e-mail: [isgp.ek@gmail.com](mailto:isgp.ek@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6088-1730

<sup>2</sup>Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

e-mail: [o\\_drebot@ukr.net](mailto:o_drebot@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4146-3266

e-mail: [zem\\_kudryk@ukr.net](mailto:zem_kudryk@ukr.net); ORCID: 0000-0001-6456-0902

<sup>3</sup>Житомирський агротехнічний фаховий коледж (м. Житомир, Україна)

e-mail: [innater-59@ukr.net](mailto:innater-59@ukr.net); ORCID: 0000-0003-0770-6009

На дерново-підзолистому ґрунті вивчалась ефективність біологізованої короткоро-таційної зернової сівозміни: пелюшка—овес—овес—вика—овес—ячмінь за органічного способу вирощування культур. В умовах дефіциту гною, оптимізація системи живлення здійснювалася за рахунок побічної продукції зернових і зернобобових культур, сидерату редьки олійної, застосування позакореневої обробки посівів препаратами біологічного походження (мікродобривом Аватар, біопрепаратом Біокомплекс-БТУ та рідким біодобривом Волинські гумати), зокрема, на фоні мінеральних добрив, дозволених в органічному виробництві (P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> — фосфоритного борошна і сульфату калію). Метою досліджень було встановити вплив біологічної системи удобрення на продуктивність сівозміни, якість зерна, родючість ґрунту та економічну ефективність вирощування культур. Встановлено, що в середньому за 2021–2023 рр. досліджень, максимальні показники врожайності зерна отримані за всіх чинників впливу: пелюшка—овес — 2,25 т/га, овес — 1,88, вика—овес — 1,66 і ячмінь — 1,61 т/га, загальна продуктивність сівозміни за цих умов становила 2,28 т зернових одиниць. Визначено, що вміст білка в зерні вієса сягав 9,1–9,8%, ячменю — 10,8–11,7%, у насінні пелюшки білковість була на рівні 18,2–19,0%, вики — 22,9–23,8%, найнижчі показники відмічені на контролі. Встановлено, що у біологізованій сівозміні з 50%-м насиченням зернобобовими культурами досягається бездефіцитний баланс гумусу і поживних речовин. За рахунок побічної продукції та добрив біологічного походження, у ґрунті щороку накопичується 175–350 кг гумусу, що забезпечує просте та розширене відтворення його родючості. Азот надходить за рахунок сидерату редьки олійної, з побічною продукцією зернобобових культур та біологічно фіксований з атмосфери. Винос фосфору і калію врожайми культур меншеється надходженням цих елементів із соломою й сидератом. Через диспаритет цін вирощування зернових культур за всіх чинників впливу було збитковим, рентабельність зернобобових — 19,6–64,4%. Рівень рентабельності загальної сівозміни за обробки посівів препаратами становив 6,5–14,8%, а затрати, понесені на придбання та внесення фосфорно-калійних добрив, не окупилися приростом урожайності культур.

**Ключові слова:** дерново-підзолистий ґрунт, зернові та зернобобові культури, біологічна система удобрення, продуктивність, якість зерна, родючість ґрунту, економічна ефективність.

### ВСТУП

За відсутності тваринницької галузі в умовах гострого дефіциту гною, актуальність досліджень зумовлена необхідністю запровадження органічної сівозміни шляхом збільшення частки однорічних бобо-

вих культур до 50% із застосуванням побічної продукції й сидерату як органічних добрив та біологічних засобів удобрення рослин, з метою отримання екологічно безпечної продукції й збереження родючості дерново-підзолистого ґрунту.

Метою досліджень було вивчити ефективність біологічних чинників впливу на



особливості формування продуктивності зернових і зернобобових культур в органічній сівозміні, якість зерна, баланс гумусу й поживних речовин у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті та економічну доцільність вирощування культур.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одним із потужних чинників інтенсифікації виробництва в органічному землеробстві є підбір культур у сівозміні. Сівозмінна є плановим і раціональним заходом, який збільшує врожайність за зменшення матеріальних витрат [1; 2]. Оскільки органічне землеробство передбачає повну відмову від використання мінеральних добрив і агрохімікатів, то тільки шляхом правильного підбору культур можна зберегти й підвищити родючість ґрунту, регулювати процеси гуміфікації та мінералізації органічної речовини, підвищити ефективність використання вологи й поживних елементів та поліпшувати фітосанітарний стан посівів [3; 4].

Під біологізованими або органічними сівозмінами розуміють екологічно зрівноважені сівозміни, які максимально насичені бобовими культурами, з вирощуванням культур у післяжнивних та проміжних посівах на корм і сидерат, використанням на добриво вторинної продукції рослинництва, які збагачують ґрунт на органічну речовину, поліпшують його азотний режим, сприяють ефективнішому використанню біологічного потенціалу природних ресурсів, надійно захищають ґрунт від ерозії [5; 6].

Сучасний рівень ведення землеробства та потреби виробництва в ринкових умовах вимагають організації екологічно збалансованих сівозмін з оптимальним насиченням, співвідношенням та розміщенням сільськогосподарських культур, ґрунтово-екологічний підхід до яких поєднує всі біологічні чинники землеробства й спрямований на забезпечення раціонального використання земельних ресурсів, охорони ґрунтів і навколишнього середовища [7; 8]. В органічному землеробстві велике значення мають біологічні й мікробіологічні

препарати та добрива нового покоління з метою отримання екологічно безпечної та якісної продукції [9; 10].

Нашими науковцями було розроблено систему землеробства «Древлянська», яка передбачає впровадження короткоротаційних сівозмін з 50%-м насиченням однорічними бобовими культурами, що дає можливість постачати азот, як найбільш лімітувальний елемент у дерново-підзолистих ґрунтах, усувати загрозу ґрунтовотомі, підвищити мікробіологічну активність ґрунту. Такі скорочені біологізовані сівозміни є динамічними, лабільними залежно від умов ринку, прості у впровадженні. Як бобові культури, залежно від ґрунтово-кліматичних умов України, можуть бути пелюшка, люпин, вика, горох, соя, сочевиця, боби тощо [11; 12].

Розробці ефективних технологічних заходів у науково обґрунтованих сівозмінах в органічному землеробстві для різних зон України, переважно на родючих ґрунтах, присвячені праці відомих вчених, зокрема П.І. Бойко, В.О. Єщенко, М.К. Шичула, І.А. Шувар, В.М. Писаренко, В.В. Пиндус та ін. Однак за сучасного стану сільськогосподарського виробництва потребують удосконалення агротехнічні заходи у короткоротаційній сівозміні для господарств, що знаходяться в зоні Полісся на дерново-підзолистих ґрунтах із низькими показниками родючості.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювалися на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся НААН у с. Грозине Коростенського р-ну Житомирської обл. упродовж 2021–2023 рр. у біологізованій короткоротаційній зерновій сівозміні: пелюшка — овес — вика — ячмінь. Пелюшка і вика висівалися в сумішці з підтримувальною культурою (вівсом) у співвідношенні 1:0,2. Ґрунт дерново-підзолистий глеуєватий супіщаний, має низьку забезпеченість рухомими формами фосфору і калію, кислу реакцію ґрунтового розчину та низький вміст гумусу — 1,03%.

Схема досліду включала застосування препаратів та мінеральних добрив, що дозволені органічним виробництвом: 1) контроль (солома + сидерат) – фон; 2) фон + Аватар; 3) фон + Аватар + P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>; 4) фон + Біокомплекс-БТУ; 5) фон + Біокомплекс-БТУ + P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>; 6) фон + Волинські гумати; 7) фон + Волинські гумати + P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>.

Розмір загальної ділянки – 16 м<sup>2</sup>, облікової – 9 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова. Після збирання кожної культури побічна продукція залишалася на полі з наступним придискуванням та посівом редьки олійної на сидерат. На фоні соломи і сидерату проводили дворазову позакореневу обробку посівів мікродобривом Аватар, біопрепаратом Біокомплекс-БТУ і рідким біодобривом Волинські гумати, що дозволені для використання в органічному виробництві. Додатково введені варіанти із сумісним застосуванням природних мінеральних добрив (фосфоритного борошна і сульфату калію), які вносилися під осінню оранку.

У ґрунтових зразках визначали: гумус – за Тюрнімом (ДСТУ 4289:2004); рН ґрунту – потенціометричним методом згідно із ДСТУ ISO 10390 – 2001; фосфор і калій – за Кірсановим (ДСТУ 4405–2005); гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537:2014; хімічний аналіз рослин на вміст NPK (за методикою Гінзбург); визначення якіс-

них показників (білка) – за методикою М.М. Городнього; узагальнення матеріалів та аналіз результатів досліджень проводили за програмою «STATISTICA».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Упродовж трьох років досліджень, культури в сівозміні через погодні умови висівалися в різні строки, що позначалося на їх продуктивності. У 2021 р. посів проведений у доволі пізні строки – 19 квітня, що особливо негативно вплинуло на врожайність ячменю. У 2021 р. у період появи сходів були зафіксовані нічні приморозки до мінусових значень, унаслідок яких спостерігалось зрідження посівів вики, що вплинуло на її ріст і розвиток та формування врожайності. У 2023 р. через інтенсивні весняні опади спостерігалось підтоплення ділянки, що затримало посів культур та істотно знизило їх продуктивність.

У середньому за три роки на контрольному варіанті (солома + сидерат) урожайність зерна культур встановлена на рівні: пелюшка–овес – 1,70 т/га, овес – 1,31, вика–овес – 1,32 і ячмень – 1,21 т/га (табл. 1).

За позакореневої обробки посівів препаратами вихід зерна збільшився на 12,1–26,7%. Сумісне застосування фосфорно-калійних добрив із препаратами збільшило врожайність зерна пелюшки – до 2,25, ві-

Таблиця 1. Продуктивність культур (т/га) та сівозміни залежно від системи удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

№ вар.	Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Культури сівозміни				Збір на 1 га сівозмінної площі зернових одиниць, т
		пелюшка	овес	вика	ячмінь	
1	Контроль (солома + сидерат) – фон	1,70	1,31	1,32	1,21	1,72
2	Фон + Аватар	1,87	1,48	1,41	1,32	1,88
3	Фон + Аватар + P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	2,07	1,69	1,51	1,50	2,11
4	Фон + Біокомплекс-БТУ	2,04	1,58	1,48	1,38	1,97
5	Фон + Біокомплекс-БТУ+ P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	2,25	1,83	1,60	1,61	2,26
6	Фон + Волинські гумати	2,07	1,66	1,53	1,38	2,06
7	Фон + Волинські гумати + P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	2,22	1,88	1,66	1,58	2,28
NIP <sub>05</sub> , т/га		0,18	0,14	0,12	0,12	

вса – до 1,88, вики – до 1,66 і ячменю – до 1,61 т/га, або на 8,5–16,7%, порівняно до варіантів, на яких застосовували тільки позакореневе підживлення. На посівах вівса і ячменю приріст урожайності від фосфорно-калійних добрив становив 14,9–19,1, а на посівах пелюшки і вики – 7,6–11,8%.

Через низьку родючість дерново-підзолистого ґрунту загальна продуктивність сівозміни була не високою. З одиниці площі вихід зернових одиниць на контролі сягав 1,72 т. За обробки посівів препаратами, цей показник збільшився на 9,3–32,5%. Максимальні показники продуктивності сівозміни відмічені за застосування Біокомплекс-БТУ і Волинських гуматів на фоні внесення  $P_{40}K_{60}$  – 2,26–2,28 т зернових одиниць.

Важливе значення для товаровиробників сільськогосподарської продукції має її якість, від якої залежить закупівельна ціна, а відповідно і їх прибуток. За нашими спостереженнями, виповненість зерна істотно не залежала від системи удобрення

(табл. 2). Маса 1000 насінин становила у пелюшки – 131–140 г, вівса – 36–41, вики – 58–62 і ячменю – 42–47 г. Натура зерна пелюшки була в межах 804–814 г/л, вівса – 401–415, вики – 809–817 і ячменю – 618–626 г/л. Істотна зміна цих показників від чинників впливу не встановлена.

Уміст білка в зерні вівса становив 9,1–9,8%, ячменю – 10,8–11,8%, у насінні пелюшки білковість була на рівні 18,2–19,2%, вики – 22,9–23,8%, відмічено тенденцію до підвищення показника на удобрених варіантах порівняно з контролем.

Оскільки основна функція сівозміни полягає у створенні бездефіцитного балансу гумусу й поживних речовин, одним із завдань наших досліджень було вивчення умов збереження родючості ґрунту при відсутності підстилкового гною і хімічних мінеральних добрив шляхом залучення до кругообігу біологічного азоту зернобобових культур, побічної продукції, сидерату та препаратів і добрив природного походження.

Таблиця 2. Якісні показники зерна культур залежно від системи живлення (середнє за 2021–2023 рр.)

Показник	№ варіанта							НІР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Пелюшка</i>								
Маса 1000 насінин, г	131	132	136	135	140	137	138	11,6
Натура, г/л	808	807	812	804	814	812	810	48,4
Вміст білка, %	18,2	18,6	18,6	18,8	19,0	18,4	19,2	1,22
<i>Овес</i>								
Маса 1000 насінин, г	36	38	39	36	40	38	40	4,1
Натура, г/л	404	408	413	401	408	406	415	22,5
Вміст білка, %	9,1	9,4	9,8	9,4	9,5	9,6	9,7	0,8
<i>Вика</i>								
Маса 1000 насінин, г	60	58	58	61	59	59	62	4,8
Натура, г/л	811	811	809	813	813	817	817	54,6
Вміст білка, %	22,9	23,7	23,5	23,8	23,8	23,4	23,8	1,25
<i>Ячмінь</i>								
Маса 1000 насінин, г	45	45	47	46	47	45	47	3,9
Натура, г/л	621	624	620	626	625	618	624	39,8
Вміст білка, %	10,8	11,0	11,2	11,5	11,5	11,4	11,8	0,92

Під час аналізу балансу гумусу [13], враховувалось надходження кореневих і післязливних решток, побічної продукції зернових і зернобобових культур, сидеральної редьки в кожному полі сівозміни з використанням коефіцієнтів гуміфікації. Проведений нами аналіз синтезу органічної речовини показав, що на кожному варіанті системи удобрення присутність соломи та сидерату забезпечили достатнє накопичення органіки для досягнення бездефіцитного балансу гумусу. У перерахунку на 1 га сівозміної площі, на контролі цей показник становив 175 кг, на варіантах з використанням позакореневого обробітку препаратами – 200–250 кг, тобто досягається бездефіцитний або врівноважений баланс гумусу, який забезпечує просте відтворення родючості ґрунту [14]. За сумісного внесення фосфорно-калійних природних мінералів і біопрепаратів, позитивний баланс гумусу був на рівні 300–350 кг, що гарантує розширене відтворення і підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту (рис. 1).

Важливим показником, який дає можливість оцінити погіршення, збереження чи поліпшення родючості ґрунту є баланс поживних речовин, що складається з приходної і витратної його частини. Розрахунок балансу елементів живлення необхідний для більш обґрунтованого прогнозування потреби рослин в елементах мінерального живлення та ефективного їх використання [15]. За дефіциту гною, удобрення культур слід здійснювати таким способом, щоб унеможливити від’ємний баланс елементів живлення, не погіршувати родючість ґрунту і зберігати довкілля. Все це зумовило проблематику наших досліджень.

Винос елементів живлення нами розраховано за результатами хімічного складу основної та побічної продукції. До прибуткової частини зараховували надходження азоту з опадами і насінням, соломою і сидератом та біологічний азот, який фіксується зернобобовими культурами з атмосфери, а надходження фосфору і калію – з мінеральними добривами (фосфоритним

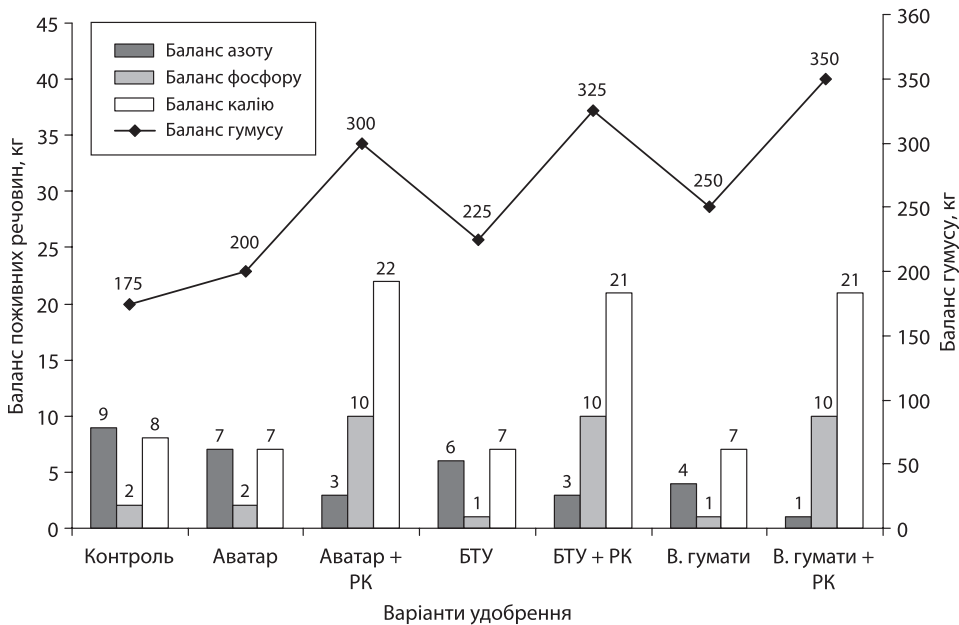


Рис. 1. Баланс поживних речовин та гумусу в сівозміні, кг на 1 га сівозміної площі (середнє за 2021–2023 рр.)

борошном і сульфатом калію), соломою й сидеральною редькою.

Встановлено, на всіх варіантах склався бездефіцитний баланс гумусу. Щорічний надлишок становить 1–9 кг на 1 га ріллі за інтенсивності балансу 101–120%, що близько до нормативних показників [13].

Що стосується фосфору і калію, то їх винос урожаєм повністю покривався надходженням із побічною продукцією і сидератом. За цих умов надлишок фосфору був на рівні 1–2 кг, а калію — 7–8 кг на 1 га сівозмінної площі, що відповідає бездефіцитному балансу. За використання фосфоритного борошна (P<sub>40</sub>), щорічний надлишок фосфору становив 10 кг з інтенсивністю балансу 157–170%, що близько до встановленого нормативу. А застосування сульфату калію (K<sub>60</sub>), збільшило балансовий показник до 21–22 кг, з інтенсивністю 163–172%. Деяко підвищений показник інтенсивності балансу вказує, що в подальших дослідженнях можливо переглянути дозу калію в бік його зниження за умови застосування побічної продукції та сидеральних культур.

Розрахунки економічної ефективності проводилися з метою визначення найбільш оптимальної системи живлення для культур з точки зору економічної доцільності [16]. Дані показники визначалися згідно цін на насіння, пальне, добрива тощо, що склалися на 01.10.2023 р. Реалізаційна ціна на органічне зерно збільшена на 30% і встановилась на рівні: вівса — 4550 грн/т, ячменю — 5200 грн/т і зернобобових культур після очистки від вівса — 10400 грн/т.

Через диспаритет цін вирощування зерна на ячменю та вівса за всіх чинників впливу було збитковим. За рахунок дворазового підвищення закупівельної ціни на зернобобові пелюшку і вику, рівень рентабельності їх вирощування становив 56,3–64,4 і 19,6–29,5% відповідно, а обробка їх посівів препаратами, підвищила цей показник на 5,3–15,1% порівняно до контрольного варіанта.

З огляду на загальну продуктивність сівозміни, середній рівень рентабельності по культурах на контролі сягав 3,4% (рис. 2).

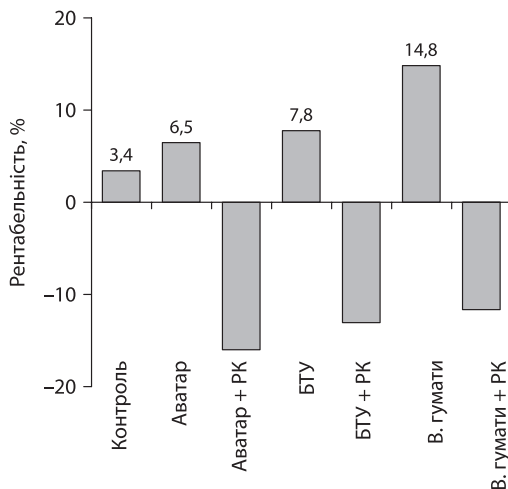


Рис. 2. Рівень рентабельності сівозміни, % (середнє за 2021–2023 рр.)

За обробки посівів препаратами біологічного походження, цей показник збільшився до 6,5–14,8%. Найбільш вигідним з точки зору економічної ефективності, був позакореневий обробіток посівів Волинськими гуматами.

Затрати, понесені на придбання та застосування мінеральних добрив (фосфоритного борошна та сульфату калію), не окупилися приростом урожайності всіх культур.

## ВИСНОВКИ

На дерново-підзолистом ґрунті з низьким рівнем родючості у органічній короткоротаційній сівозміні з 50% насиченням зернобобовими культурами (пелюшка і вика), використанням у кожному полі побічної продукції та післяживної редьки олійної як органічні добрива, досягається бездефіцитний (урівноважений) баланс гумусу та поживних речовин у ґрунті. Позакореневий обробіток посівів препаратами біологічного походження (мікродобриво Аватар, біопрепарати Біокомплекс-БТУ, рідке біодобриво Волинські гумати), збільшують урожайність зерна на 12–26% та підвищують рівень рентабельності вирощування зернобобових культур на 5,3–15,1%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко П.І., Цимбал Я.С. Рациональні сівозміни — основа органічного землеробства. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: матеріали X міжнар. наук.-практ. конф. (снт Чабани, 12 верес. 2019 р.)*. Київ: ТОВ «Твори», 2019. С. 15–18.
2. Виробництво органічної продукції рослинництва в межах сільських сельбшичних територій: метод. реком. / за ред. В.Ф. Камінського. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 166 с.
3. Lorenz, K. and R. Lal. Environmental Impact of Organic Agriculture. *Advances in Agronomy*. 2016. 139. P. 99–152.
4. Шевченко М.С., Шевченко С.М., Швець Н.В. Фактори сівозмінного комплексу і фітоценотичні мутації забур'яненості посівів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 3. С. 62–67.
5. Таргоня В.С., Новохацький М.Л. Біологізовані сівозміни органічних виробництв в різнорівневих системах екологічного землеробства. *Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали VII міжн. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 23–24 трав. 2019 р.)*. С. 5–8.
6. Hiel M.P., Barbieux S., Pierreux J. et al. Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *PeerJ*. 2018. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836>. URL: <https://www.readcube.com/articles/10.7717/peerj.4836>.
7. Бойко П.І., Литвінов Д.В., Цимбал Я.С., Кудря С.О. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. № 1. С. 1–14.
8. Jörgensen R.G. (2016). Bodenfruchtbarkeit. In: B. Freyer (Ed.): *Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen*. Haupt, Bern. P. 298–316.
9. Городиська І.М., Терновий Ю.В., Чуб А.О. Роль біологічних препаратів у органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2018.276333>.
10. Крутякова В.І., Гулич О.І., Янєс Л.А. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1. С. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202212-04>.
11. Іванюк В.О. Система землеробства «Древлянська» дозволяє відмовитись від пестицидів та мінеральних добрив. *Суперагроном*. 2017. URL: <https://superagronom.com/news/1240-sistema-zemlerobstva-drevlyanska-dozvolyaє-vidmovitis-vid-pestitsidiv-ta-mineralnih-dobriv>.
12. Іванюк О.В., Іванюк В.О. Ідеальне вирівнювання, або де взяти вологу. *Зерно*. 2018. № 7. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2018/iyul-2018-god/idealne-virivnyuvannya-abo-de-vzyati-vologu>.
13. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП «Міська друкарня», 2011. 30 с.
14. Зозуля А.К., Дудченко І.В., Котвицький В.Б. Рекомендації по визначенню балансу гумусу та поживних речовин в господарствах Волинської області. Луцьк: «Міська типографія», 1996. 98 с.
15. Карбівська У.М. Баланс поживних речовин дерново-підзолистого ґрунту за вирощування злакових трав. *Вісник Харківського Національного Аграрного Університету ім. В.В. Докучаєва*. 2018. № 1–2. С. 76–81.
16. Олійник О.В., Скрамна О.Ю. Інтегральна оцінка ефективності управління формуванням прибутку від реалізації продукції в сільськогосподарських підприємствах. *Економіка АПК*. 2016. № 4. С. 75–80.

## REFERENCES

1. Boiko, P.I. & Tsybmal, Ya.S. (2019). Ratsionalni sivozminy — osnova orhanichnoho zemlerobstva [Rational crop rotation is the basis of organic agriculture]. *Poiednannia nauky, osvity, praktychnoho vyrobnytstva i spravedlyoho prodazhu yakisnoi orhanichnoi produktsii: materialy X mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [A combination of science, education, practical production and fair sale of quality organic products: materials of the X International Scientific and Practical Conference]*. (pp. 15–18). Kyiv: TOV «Tvory» [in Ukrainian].
2. Kaminsky, V.F. (Ed.). (2018). *Vyrobnytstvo orhanichnoi produktsii roslinnytstva v mezhakh silskykh selbshchynykh terytorii: metodychni rekomendatsiyi [Production of organic crop production within rural agricultural areas: methodological recommendations]*. Vinnytsia: TOV «Tvory» « [in Ukrainian].
3. Lorenz, K. & Lal, R. (2016). Environmental Impact of Organic Agriculture. *Advances in Agronomy*, 139, 99–152 [in English].
4. Shevchenko, M.S., Shevchenko, S.M. & Shvets, N.V. (2016). Faktory sivozminnoho kompleksu i fitotsenotychni mutatsii zaburianenosti posiviv [Factors of the crop rotation complex and phytocenotic mutations of crop weediness]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu — Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 3, 62–67 [in Ukrainian].
5. Tarhonia, V.S. & Novokhatskyi, M.L. (2019). Biologizovani sivozminy orhanichnykh vyrobnytstv v riznорivnevnykh systemakh ekolohichnoho zemlerobstva [Biologized crop rotations of organic production in multi-level systems of ecological agriculture]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka:*

- materialy VII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Organic production and food safety: materials VII International science and practice conferences].* (pp. 5–8). Zhytomyr: Forested [in Ukrainian].
6. Hiel, M.P., Barbieux, S., Pierreux, J. et al. (2018). Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *PeerJ.*, 6, 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836> [in English].
  7. Boiko, P.I., Litvinov, D.V., Tsymbal, Ya.S. & Kudria, S.O. (2018). Pryntsypy rozroblennia system riznorotatsiinykh sivozmin v Ukraini [Principles of development of multi-rotational crop rotation systems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» — Collection of scientific works of NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 1, 3–14* [in Ukrainian].
  8. Jörgensen, R.G. (2016). Bodenfruchtbarkeit. In: B. Freyer (Ed.): *Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen*. Haupt, Bern, 298–316 [in English].
  9. Gorodyska, I.M., Ternovyj, Yu.V. & Chub, A.O. (2018). Rol biologichnyx preparativ u organichnomu zemlerobstvi [The role of biological products in organic farming]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced natural resources*, 2, 54–58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2018.276333> [in Ukrainian].
  10. Krutiakova, V.I., Hulych, O.I. & Yanse, L.A. (2023). Stan i problemy rynku biolohichnykh zasobiv zakhystu roslyn v Ukraini [State and problems of the market of biological plant protection products in Ukraine]. *Visnyk ahromoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 1, 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk.202212-04> [in Ukrainian].
  11. Ivaniuk, V.O. (2017). Systema zemlerobstva «Drevlianska» dozvoliaie vidmovytys vid pestytsydiv ta mineralnykh dobryv [The «Drevlyanska» farming system allows you to abandon pesticides and mineral fertilizers]. *Superahronom — Super agronomist*. URL: <https://superagronom.com/news/1240-sistema-zemlerobstva-drevlyanska-dozvolyaie-vidmovytys-vid-pestytsydiv-ta-mineralnih-dobriv> [in Ukrainian].
  12. Ivaniuk, O.V. & Ivaniuk, V.O. (2018). Idealne vyrivnivuvannya, abo de vziaty volohu [Perfect leveling, or where to get moisture]. *Zerno — Grain*, 7. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2018/iyul-2018-god/idealne-vyryvnyuvannya-abo-de-vzyati-vologu> [in Ukrainian].
  13. Baliuk, S.A., Hrekov, V.O. & Lisovyi, M.V. (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rechovyv u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia [Calculation of the balance of humus and nutrients in agriculture of Ukraine at different levels of government]*. Kharkiv: KP «Miska drukarnia» [in Ukrainian].
  14. Zozulya, A.K., Dudchenko, I.V. & Kotvyts'kyi, V.B. (1996). *Rekomendatsii po vyznachenni balansu humusu ta pozhyvnykh rechovyv v hospodarstvakh Volynskoi oblasti [Recommendations for determining the balance of humus and nutrients in farms of the Volyn region]*. Lutsk: «Miska typohrafiia» [in Ukrainian].
  15. Karbivska, U.M. (2018). Balans pozhyvnykh rechovyv dernovo-pidzolistoho gruntu za vyroshchuvannya zlakovykh trav [Nutrient balance of sod-podzolic soil for the cultivation of grasses]. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Ahrranoho Universytetu im. V.V. Dokuchaeva — Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva*, 1–2, 76–81 [in Ukrainian].
  16. Oliinyk, O.V. & Skromna, O.Iu. (2016). Intehralna otsinka efektyvnosti upravlinnia formuvanniam prybutku vid realizatsii produktsii v silskohospodarskykh pidpryemstvakh [Integral assessment of the effectiveness of management of the formation of profit from the sale of products in agricultural enterprises]. *Ekonomika APK — Economy of agro-industrial complex*, 4, 75–80 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 27.03.2024

# ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКТІВ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ З ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ЗА МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Ю.В. Подоба, В.О. Пінчук, О.В. Тертична, І.В. Безноско

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: 2375797@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1000-7946  
e-mail: pinchuk\_vo@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0646-1580  
e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9514-2858  
e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2217-5165

Продуктом анаеробної мікробіологічної трансформації пташиного посліду є рідкий суспендований продукт (дігестат), склад якого характеризується набутими завдяки діяльності анаеробних мікроорганізмів новими хімічними особливостями. Цей процес відбувається у біогазових установках, і внаслідок метанового збродження пташиного посліду утворюється біогаз і залишки органічної сировини, що використовується як добриво. Міжнародна практика застосування дігестатів як органічне добриво або поліпшувач ґрунту для власних потреб господарства є аналогічною класичним компостам і не вимагає санітарно-мікробіологічної сертифікації, проте існують норми доброї органічної сертифікації, а також різноманітні галузеві настанови з якості органічних добрив. У роботі проаналізовано міжнародні й національні санітарні мікробіологічні норми щодо дігестатів, продуктів переробки побічної продукції тваринництва і органічних речовин для внесення у ґрунт, зокрема Регламент (ЄС) 2019/1009 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 р. «Про встановлення правил розміщення на ринку добрив ЄС», ДСТУ 7527:2014 «Послід птиці. Технології біологічного перероблення. Загальні вимоги», ДСТУ 7938:2015 «Добрива органічні. Агрономічні вимоги щодо якості добрив для використання в органічному виробництві». Узагальнено інформацію з наукових статей, стандартів окремих країн та настанов міжнародних органів добровільної сертифікації щодо оцінювання дігестату, що вноситься у ґрунт як органічне добриво або покращувач ґрунту. Встановлено, що обов'язковими санітарними мікробіологічними характеристиками для таких речовин є бактерії групи сальмонел (*Salmonellas* spp.) і бактерії групи кишкової палички (*Escherichia* spp.), а також у стандартах деяких країн та у науковій літературі рекомендовано проводити визначення бактерій групи *Coliform* і бактерій *Streptococcus faecalis*, наявність яких вказує на можливу присутність потенційно небезпечних штамів мікроорганізмів. Із застосуванням лабораторного обладнання оптимізовано умови гранулювання твердої фракції дігестату для отримання гранульованого органічного добрива із осаду біогазової установки. Мікробіологічний аналіз гранульованого дігестату виявив відсутність бактерій групи сальмонел (*Salmonellas* spp.) і бактерій групи кишкової палички (*Escherichia* spp.) у досліджених зразках, проте відзначено високу чисельність пліснявих грибів  $1,2 \cdot 10^4 \pm 7,25 \cdot 10^2$  КУО/г, що може бути наслідком зберігання вологої сировини. Для контролю вторинного бактеріального заміщення органічної сировини у процесі зберігання оцінили ефективність застосування комерційних біопрепаратів. Показано перспективність використання комерційних мікробних препаратів, зокрема МусоНеп (МікоХелп), для контролю пліснявих грибів роду *Penicillium* spp. у технологіях переробки побічної продукції сільського господарства на органічні добрива та запобігання псуванню готової продукції у процесі зберігання.

**Ключові слова:** ґрунт, добрива, бактерії, мікроміцети, умовно патогенні мікроорганізми, санітарні норми, дігестат, побічні продукти птахівництва, мікробні препарати.

## ВСТУП

Розглядаючи вплив галузі тваринництва на довкілля, необхідно констатувати,

що сільськогосподарські підприємства з утримання тварин щороку мають значні обсяги побічних продуктів виробництва.

Практика поводження з побічними продуктами тваринництва переважно ба-



зується на внесенні їх у ґрунт після компостування. Однак останнім часом фермери активно вкладали кошти в будівництво комплексів для отримання біогазу з побічних продуктів агровиробництва. Водночас, проблема поводження з побічними продуктами не втратила актуальності і перейшла на інший рівень — розробка технологій утилізації або поводження з побічними продуктами біогазових станцій. Дігестат, що утворюється після анаеробного збродження органічної речовини, є продуктом мікробіологічної трансформації сировини, і придатний до внесення у ґрунт як органічне добриво за умови його відповідності санітарно-гігієнічним вимогам, зокрема до мікробіологічного складу.

Тому **метою досліджень** був аналіз вмісту мікроорганізмів у дігестаті з пташиного посліду згідно з міжнародними і українськими санітарно-гігієнічними нормами.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одним із субстратів для отримання органічних добрив є продукти анаеробного мікробіологічного перетворення пташиного посліду, що відбувається у біогазових установках. Внаслідок метанового бродиння пташиного посліду утворюється рідкий суспендований продукт (дігестат), склад якого характеризується набутими завдяки діяльності анаеробних мікроорганізмів новими хімічними особливостями.

Внесення дігестату у ґрунт має бути біологічно безпечним із мінімальними ризиками переносу бактерій, вірусів, паразитів, насіння бур'янів та інших культур, фітопатогенів тощо [1; 2]. У міжнародних настановах і регламентах як основні санітарно-гігієнічні показники щодо дігестатів біогазових комплексів для їх використання як органічні добрива, виділяють мікробіологічні показники і вміст хімічних елементів, які прийнято називати важкими металами [3; 4].

Однак процес анаеробного збродження органічної сировини детально досліджено у роботах вітчизняних і зарубіж-

них вчених (Seadi, 2012, Захаренко, 2015; Максінко, 2017) [1; 3; 4], інформація з вивчення мікробіологічних аспектів є доволі обмеженою (Govasmark, 2011, Abubaker, 2012) [2; 5], а також залишаються розбіжності під час оцінювання екологічної безпечності продуктів біологічного перероблення гною тварин, і простежується відсутність зв'язку між виробничниками, науковцями й законотворцями.

З огляду на те, що мікробіологічний процес метаноутворення відбувається з виділенням теплоти і його тривалість достатня для пригнічення переважної більшості патогенів і інших біологічних агентів [1; 5], процес контролю якості дігестату має починатися з контролю умов протікання процесу метаноутворення (температура і час), а також запобігання контамінації під час транспортування сировини та інших етапах виробництва.

Серед загальних санітарних норм мікробіологічного стану дігестату, який буде вноситися у ґрунт, у міжнародних джерелах увагу акцентують на чотирьох показниках: бактерії групи сальмонел (*Salmonellas* spp.), бактерії групи кишкової палички (*Escherichia* spp.), бактерії групи *Coliform*, і бактерії *Streptococcus faecalis* [6–9]. За винятком деяких штамів сальмонели, загальна присутність цих бактерій не вказує на безпосередню загрозу санітарному стану ґрунту, а лише характеризує імовірність присутності у субстраті інших штамів бактерій, що викликають захворювання. Наприклад, непатогенний і безпечний *Streptococcus faecalis* є виключно індикаторним штамом стерилізаційного ефекту, оскільки він є більш стійкішим до дії температури порівняно з переважною більшістю інших патогенних бактерій, вірусів і яєць паразитів. Відсутність живих бактерій *Streptococcus faecalis* показує ефективність санітарної дії температури та експозиції у біогазовому тенку. Наприклад, бактерії *Escherichia coli* та *Salmonella typhi* за кімнатної температури залишаються життєздатними до 20 діб, тоді як за 35°C цей час скорочується до 10 діб, а бактерії *Streptococcus faecalis* залишаються життєздатними до

35 діб за кімнатної температури та 15 діб за 35°C [10].

Згідно з останніми законодавчими ініціативами [11], вимоги щодо проведення державної реєстрації пестицидів і агрохімікатів не поширюються на дігестат, що утворюється в біогазових установках, який використовується як органічне добриво чи покращувач ґрунту. Також цей закон [11] містить визначення поняття: «дігестат, що утворюється в біогазових установках, — залишки сировини, побічних продуктів та відходів тваринного або рослинного походження, в суміші або ні, що утворюються в результаті контрольованого процесу анаеробного зброджування з виділенням біогазу, що відповідає вимогам, встановленим Регламентом (ЄС) 2019/1009 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 р. про встановлення правил розміщення на ринку добрив ЄС», який містить вимоги до отримання дігестату, зокрема температурні та експозиційні умови анаеробного бродіння, які впливають на ступінь знезараження субстрату. Що стосується цього Регламенту [6], який встановлює вимоги до якості органічних добрив як до товару з метою їх комерсціалізації та торгівлі у межах Євросоюзу, то в ньому не виділено норми окремо для дігестатів, проте у загальних розділах про органічні добрива і покращувачі ґрунту нормується допустиме мікробіологічне забруднення: *Salmonella* spp. — у 5 досліджених зразках відсутня в 25 г або 25 мл, *Escherichia coli* або *Enterococcaceae* — 1000 в 1 г або 1 мл 5-ти досліджених зразків [6]. Наразі, все зводиться до того, що тільки дігестат високої якості може бути сертифікований як органічне добриво [9; 12].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У лабораторії екології тваринництва Інституту агроекології і природокористування НААН оптимізовані умови гранулювання твердої фракції дігестату для отримання гранульованого органічного добрива із осаду біогазової установки [13].

Мікробіологічний аналіз дігестату проведено в Українській лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Визначення загальної чисельності сапрофітних мікроорганізмів, наявності патогенних мікроорганізмів роду *Salmonella* і бактерій групи кишкової палички (*colititr*, БГКП) проводилось за методичними вказівками з санітарно-мікробіологічними дослідженнями ґрунту № 1446-76, № 2293-81.

Чисельність мікроорганізмів екологічних та таксономічних груп ґрунтових мікроорганізмів (амоніфікувальні, амілолітичні, оліготрофні, актиноміцети та мікроміцети) проводилась згідно з РМ.УЛ.5.4-23 «Визначення чисельності основних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів».

Для контролю вторинного бактеріального засмічення переробленої сировини у процесі зберігання проведено тест з оцінки ефективності застосування комерційних біопрепаратів для контролю і запобігання росту пліснявих грибів роду *Penicillium* spp., під час зберігання органічної сировини, отриманої з побічної продукції птахівництва.

Для контролю росту пліснявих грибів у органічному добриві використовували комерційні препарати МусоХелп (МікоХелп) і Органік-Баланс (Organic-Balance) українського виробництва [14]. Ці препарати характеризуються високою фунгіцидною дією, завдяки різноманітному складу корисної мікробіоти.

Для дослідження шляхів мікробіологічного контролю пліснявих грибів у органічних добривах проведено низку лабораторних аналізів *in vitro* зі встановлення ступеня пригнічення росту пліснявих грибів за впливу різних комерційних препаратів [15; 16].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Міжнародна практика використання продуктів біогазових станцій після

анаеробного збродження як органічного добрива або поліпшувача ґрунту переважно спрямована на внутрішнє споживання для власних потреб, і є аналогічною класичним компостам, що не передбачає обов'язкові дослідження якості та сертифікацію, якщо власник вносить дигестат на поля в межах свого господарства [17]. Втім, низка настанов якості Європейського Союзу щодо органічних добрив містять норми добровільної сертифікації, де регламентуються бажані показники мікробіологічного і хімічного складу. Також у багатьох країнах світу на основі цих регламентів ISO розробляються державні настанови з якості органічних добрив на основі дигестатів біогазових комплексів [7; 8].

Проаналізовано, що загальна кількість бактерій груп: сальмонел (*Salmonellas* spp.), кишкової палички (*Escherichia* spp.), *Coliform*, і бактерії *Streptococcus faecalis* у дигестаті погіршує його санітарні показники і вказує на можливу присутність потенційно небезпечних штамів мікроорганізмів (табл. 1).

В українських нормативах якості органічних добрив, зокрема з посліду птиці, за санітарно-бактеріологічними показниками органічна суміш має відповідати вимогам ДСТУ 7527:2014 [18]: індекс бактерій групи кишкових паличок (БГКП) не більше 10000 КУО/дм<sup>3</sup>, наявність патогенної мікрофлори і життєздатних яєць гельмінтів не дозволена.

Щодо норм органічного землеробства, ДСТУ 7938:2015 [19] містить більш жорсткі вимоги щодо наявності бактерій групи кишкових паличок (індекс БГКП) — 3 КУО/г, та ентерококів — 3 КУО/г, а також невизначену з точки зору лабораторного аналізу вимогу відсутності патогенної мікрофлори. Серед інших вимог щодо санітарного стану органічних добрив у ДСТУ 7938:2015 вказано відсутність життєздатних яєць та личинок гельмінтів і цист кишкових патогенних найпростіших.

Мікробіологічним аналізом гранульованого дигестату з пташиного посліду (табл. 2) визначено відсутність небезпечних штамів *Salmonellas* spp., *Escheri-*

Таблиця 1. Узагальнені міжнародні обмеження щодо санітарно-бактеріологічних показників дигестату, що вноситься у ґрунт як органічне добриво або покращувач ґрунту

Мікробіологічний показник або штам	Нормоване значення
<i>Salmonella</i> spp.	Відсутні у 25 г або 25 мл
<i>Escherichia coli</i> та <i>Enterococcaceae</i>	1000 КУО/г або мл
Загальне число <i>Coliforms</i>	500 КУО/г
<i>Fecal Streptococci</i>	500 КУО/г

*chia* spp. і його відповідність санітарним нормам щодо органічних добрив, дозволених для застосування в органічному землеробстві.

Гранульований дигестат характеризується наявністю високої концентрації життєздатних бактерій  $1,7 \cdot 10^6 \pm 9,59 \cdot 10^2$  КУО/г, переважна більшість яких, ймовірно, брала участь у метаногенезі і розкладі сировини у біогазовій установці та є складовою технологічного процесу отримання біогазу. Ці бактерії не втратили життєдіяльність навіть у термічних умовах гранулювання, де температура матриці підвищується до 80°C.

Таблиця 2. Санітарно-мікробіологічні показники твердої фракції дигестату з біогазової станції ферментації на пташиному посліді

Найменування показників, одиниці вимірювань	Результати випробувань
Загальна кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі, КУО/г	$1,7 \cdot 10^6 \pm 9,59 \cdot 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (БГКП), <i>coli</i> -титр, в 1 г	Не виявлено
Наявність або відсутність <i>Salmonella</i> spp. у 50 г	Не виявлено
Чисельність дріжджів, КУО/г	Не виявлено
Визначення чисельності пліснявих грибів, КУО/г	$1,2 \cdot 10^4 \pm 7,25 \cdot 10^2$

Таблиця 3. Мікробіологічні показники мулу аеробного розкладу пташиного посліду

Найменування показників, одиниці вимірювань	Результати
Загальна кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі, КУО/см <sup>3</sup>	$1,3 \cdot 10^{10} \pm 1,7 \cdot 10^9$
Бактерії групи кишкових паличок (БГКП), ( <i>coli</i> -титр), КУО/см <sup>3</sup>	$4 \cdot 10^{-3} \pm 7 \cdot 10^{-5}$

Однак загальна кількість життєздатних мікроорганізмів після анаеробного метанового зброджування значно менша (у 7647 разів) порівняно з даними аеробного розкладу (табл. 3), і характеризується відсутністю бактерій групи кишкових паличок, що є позитивним, оскільки не потрібно застосовувати додаткові методи стерилізації сировини під час отримання добрив.

Також проведений тест на наявність пліснявих грибів (див. табл. 2), який засвідчив достатньо високу концентрацію спор у гранульованому дігестаті, що може бути наслідком росту плісняви і засміченням спорами на одному або обох технологічних етапах:

- 1) під час транспортування і зберігання сировини для біогазової установки — пташиного посліду;
- 2) під час транспортування і зберігання продукту біогазової установки — дігестату.

Зменшити ймовірність мікробної контамінації сировини можливо завдяки її попередньої теплової обробки пастеризацією за 70°C упродовж 1 год, або стерилізацією під тиском (2,4 атм.) за 133°C протягом 20 хв [20; 21].

Висока чисельності пліснявих грибів у органічних добривах не є критичним чинником із точки зору санітарних норм, але доводить той факт, що послід і продукти його переробки є поживним субстратом не тільки для рослин, а насамперед для мікроорганізмів. Ймовірність бактеріального засмічення і розвитку мікроорганізмів навіть у гранулах дігестату за умов неналежного зберігання не гарантує повного припинен-

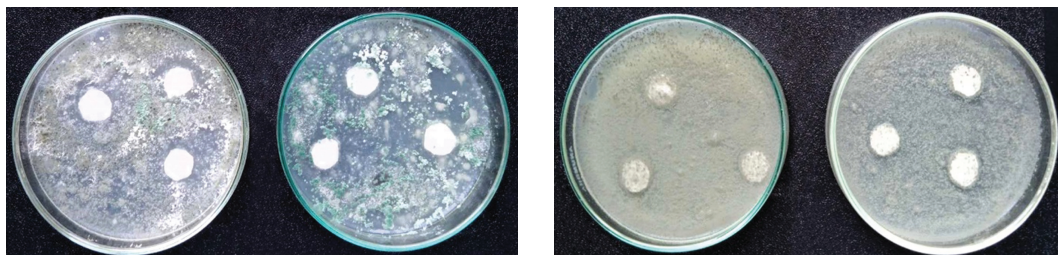
ня біологічних процесів, та можливий повторний розвиток мікроорганізмів, в результаті чого змінюються показники якості продукту [22].

За неналежного зберігання посліду птиці і продуктів його переробки, особливо у вологих умовах, спостерігається інтенсивний ріст пліснявих грибів, як-от *Penicillium* spp. Це створює загрозу псування органічних добрив і підвищує їх мікробіологічну засміченість інфекційними структурами патогенів [23; 24]. Зокрема існують дані, що представники пліснявих грибів роду *Penicillium*, зокрема *Penicillium chrysogenum*, який належить до ґрунтової мікрофлори, здатні продовжувати свою життєдіяльність на субстраті, яким є послід курей, що призводить до мікробного синтезу і накопиченню окремих антибіотиків мікробного походження за тривалого зберігання [25].

Досліджено чутливість грибів роду *Penicillium* spp. до дії препаратів МусоХелп (МікоХелп) і Органік-Баланс (Organic-Balance) за пригніченням росту гриба, що чітко виділяється на фоні суцільного газону росту культури (*рис.*).

За результатами дослідження (див. *рис.*) виявлено істотне пригнічення росту гриба роду *Penicillium* spp. за впливу препарату МусоХелп (МікоХелп), який містить у своєму складі гриби роду *Trichoderma* spp., що здатні швидше колонізувати субстрат і активно конкурувати з патогенною мікобіотою. Водночас, за впливу препарату Органік-Баланс (Organic-Balance), ріст пліснявих грибів *Penicillium* spp. характеризувався незначним пригніченням розвитку (повітряний міцелій був зріджений і слабо розвивався на субстраті). Отже, встановлено перспективність використання комерційних мікробних препаратів для контролю пліснявих грибів роду *Penicillium* spp. у технологіях переробки побічної продукції сільського господарства на органічні добрива та запобігання псуванню готової продукції у процесі зберігання.

Однак будь-які методи біологічного контролю бактеріальної засміченості мають допоміжну функцію, і для запобігання



Тестування антипліснявої дії комерційних мікробних препаратів для органічного субстрату після перероблення пташиного посліду

Примітка: ліворуч – МусоХелп (МікоХелп), праворуч – Органік-Баланс (Organic-Balance).

контамінації мікроорганізмами і псування продуктів переробки органічного походження необхідний належний контроль як органічної сировини, так і технологічних процесів під час отримання та зберігання органічних добрив із продуктів переробки побічної продукції тваринництва.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що 1 г гранульованого дігестату з біогазової установки на пташиному посліді містить 1,7 млн життєздатних бактерій і 12 тис. спор пліснявих грибів. Бактерій групи кишкових паличок і сальмонел не виявлено.

Обов'язковими санітарними мікробіологічними характеристиками для оцінювання органічних речовин, що вносяться у ґрунт, зокрема дігестатів та інших продуктів переробки побічної продукції тваринництва, є бактерії групи сальмонел (*Salmonellas* spp.) і бактерії групи кишкової палички (*Escherichia* spp.).

Мікробіологічні показники продуктів анаеробного розкладу органічної сировини з пташиного посліду, зокрема дігестату

біогазових установок, що працюють на пташиному посліді або гної тварин без підстилки залежить переважно від якості посліду та води. Якість сировини впливає на якість дігестату та зумовлюється санітарно-епідеміологічним станом тварин і приміщень, мікробіологічною засміченістю кормів, попередньою обробкою сировини для завантаження до біогазової установки.

Наявність збудників інфекційних хвороб у посліді птиці та наявність фітопатогенів у зерні, яке використовується для приготування преміксів, підвищує ймовірну їх міграцію до складу органічного добрива за умови неналежного протікання метанового бродіння з порушенням температурних і експозиційних умов.

Для запобігання мікробіологічної контамінації під час зберігання та транспортування сировини й органічних добрив необхідною умовою є дотримання санітарних вимог до всіх технологічних процесів, починаючи від умов утримання та годівлі тварин — до умов зберігання готової продукції і внесення у ґрунт.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer / Seadi T. and Lukehurst C. 2012. 39 p. URL: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2012/05/digestate\\_quality\\_web\\_new.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2012/05/digestate_quality_web_new.pdf).
2. Abubaker J. Biogas residues as fertilisers — effects on wheat growth and soilmicrobial activities. *Applied Energy*. 2012. Vol. 99. P. 126–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.050>.
3. Захаренко М.О., Яремчук О.С., Шевченко Л.В. та ін. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств: моногр. Київ, 2015. 380 с. URL: <http://repository.vsau.org/repository/getfile.php/19557.pdf>.
4. Максінко Л.М. Екобезпечні технології анаеробної переробки й утилізації відходів свинарства і птахівництва: дис. ... канд. с.-г. наук: 13.00.16. Львів, 2017. 200 с. URL: <http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/52/1/Maksishko%20L.%20M.pdf>.

5. Govasmark E., Stab J., Holen B. et al. Chemical and microbiological hazards associated with the re-cycling of anaerobic digested residue intended for use in agriculture. *Waste Management*. 2011. Vol. 12. P. 2577–2583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.07.025>.
6. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. *Official Journal of the European Union*. 2019. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1009/2023-03-16>.
7. Philippine National Standard. Organic Fertilizer PNS/BAFPS 40: 2013. URL: [https://www.researchgate.net/publication/332037765\\_PHILIPPINE\\_NATIONAL\\_STANDARD\\_PNSBAFPS\\_40\\_2013\\_Organic\\_Fertilizer?enrichId=rgreq-9523db6749cc88fbc6e6dfa059279572-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWd1OzMzMjAzNzYzOTg0NA%3D%3D&el=1\\_x\\_3&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/332037765_PHILIPPINE_NATIONAL_STANDARD_PNSBAFPS_40_2013_Organic_Fertilizer?enrichId=rgreq-9523db6749cc88fbc6e6dfa059279572-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWd1OzMzMjAzNzYzOTg0NA%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf).
8. Rwanda Standard. Organic fertilizer – Specification. ICS 65.080. DRS 279: 2020. URL: [www.portal.rsb.gov.rw](http://www.portal.rsb.gov.rw).
9. European quality assurance scheme for compost and digestate: ECN-QAS Quality Manual / Siebert S. and Auweele W.V. European Compost Network. 2018. 134 p. URL: <https://www.compostnetwork.info/ecn-qas/ecn-qas-manual/#>.
10. Kumar R., Gupta M.K. and Kanwar S.S. Fate of bacterial pathogens in cattle dung slurry subjected to anaerobic digestion. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 1999. Vol. 15. P. 335–338. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008906831493>.
11. Про внесення змін до деяких законів України щодо вдосконалення державного регулювання у сфері поводження з пестицидами і агрохімікатами: Закон України від 16.11.2022. № 2775-IX. *Офіційний вісник України*. 2023 р. № 2. Ст. 80. С. 13. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2775-20>.
12. Lamolinara B., Pérez-Martínez A. and Guardado-Yordi E. Anaerobic digestate management, environmental impacts, and techno-economic challenges. *Waste Management*. 2022. Vol. 140. P. 14–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.035>.
13. Пінчук В.О., Подоба Ю.В., Тертична О.В. та ін. Екологічно безпечні технології переробки побічної продукції тваринного походження з отриманням органічного добрива: наук.-метод. реком. Київ: ДІА, 2023. 50 с.
14. Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2023 р. (станом на 4 грудня 2023 р.). URL: <https://data.gov.ua/dataset/389ddb5a-ac73-44bb-9252-f899e4a97588>.
15. Коваленко В.Л., Якубчак О.М., Ященко М.Ф. Методи контролю ефективності дії дезінфектантів на мікроміцети. Київ: «Біг енд смол», 2010. 12 с.
16. Екологічне оцінювання впливу сортів сої на формування фітопатогенного фону в умовах органічного виробництва: метод. реком. / за ред. Парфенюк А.І. та ін. Київ, 2020. 20 с.
17. Drosig B., Fuchs W., Al Seadi T. and Madsen M. Nutrient recovery by biogas digestate processing: International Energy Agency – IEA Bioenergy / 2015. Task 37. 40 с. URL: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/08/NUTRIENT\\_RECOVERY\\_RZ\\_web2.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/08/NUTRIENT_RECOVERY_RZ_web2.pdf).
18. ДСТУ 7527:2014. Послід птиці. Технології біологічного переробляння. Загальні вимоги. [Чинний від 2015–02–01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2017. 22 с.
19. ДСТУ 7938:2015. Добрива органічні. Агрономічні вимоги щодо якості добрив для використання в органічному виробництві. [Чинний від 2016–09–01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2016. 11 с.
20. Regulation (EC) no 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation). *Official Journal of the European Union*. 2019. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1069/2019-12-14>.
21. Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1605 of 22 May 2023 supplementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the determination of end points in the manufacturing chain of certain organic fertilisers and soil improvers (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 2023. URL: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2023/1605/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1605/oj).
22. Bagge E., Sahlström L. and Albin A. The effect of hygienic treatment on the microbial flora of bio-waste at biogas plants. *Water Research*. 2005. Vol. 39 (20). P. 4879–4886. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.03.016>.
23. Asghar W. and Kataoka R. Effect of co-application of *Trichoderma* spp. with organic composts on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. *Archives of Microbiology*. 2021. Vol. 203. Iss. 7. P. 4281–4291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>.
24. Ameen F. and Al-Homaidan Ali A. Compost Inoculated with Fungi from a Mangrove Habitat Improved the Growth and Disease Defense of Vegetable Plants. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Iss. 1. P. 1–13. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/su13010124>.
25. Доброжан Ю.В. Санітарно-гігієнічна оцінка посліду курей за вмістом антибіотиків: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.06. Київ, 2020. 22 с. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/1\\_dobrozhan\\_yuliy\\_a\\_viktorivna.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/1_dobrozhan_yuliy_a_viktorivna.pdf).

## REFERENCES

1. Seadi, T. & Lukehurst, C. (2012). Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer. URL: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2012/05/digestate\\_quality\\_web\\_new.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2012/05/digestate_quality_web_new.pdf) [in English].

2. Abubaker, J. (2012). Biogas residues as fertilisers — effects on wheat growth and soilmicrobial activities. *Applied Energy*, 99, 126–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.050> [in English].
3. Zakharenko, M.O., Yaremchuk, O.S., Shevchenko, L.V. et al. (2015). *Biotehnolohiia vidkhodiv ivarynytskyykh pidpriemstv: monohrafiia* [Biotechnology of waste from livestock enterprises: monograph]. Kyiv. URL: <http://repository.vsu.org/repository/getfile.php/19557.pdf> [in Ukrainian].
4. Maksishko, L.M. (2017). Ekobezpechni tekhnolohii anaerobnoi pererobky y utylizatsii vidkhodiv svynarstva i ptakhivnytstva [Eco-friendly technologies of anaerobic processing and utilization of pig and poultry wastes]. *Candidate's thesis*. Lviv. URL: <http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/52/1/Maksishko%20L.%20M.pdf> [in Ukrainian].
5. Govasmark, E., Stab, J., Holen, B. et al. (2011). Chemical and microbiological hazards associated with the recycling of anaerobic digested residue intended for use in agriculture. *Waste Management*, 12, 2577–2583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.07.025> [in English].
6. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. (2019). *Official Journal of the European Union*. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1009/2023-03-16> [in English].
7. Organic Fertilizer (2013). PNS/BAFPS 40. Philippine National Standard. URL: [https://www.researchgate.net/publication/332037765\\_PHILIPPINE\\_NATIONAL\\_STANDARD\\_PNSBAFPS\\_40\\_2013\\_Organic\\_Fertilizer?enrichId=rgreq-9523db6749c88fbc6edfa059279572-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdloZmzMjAzNzc2NTtBUzo3NDZzNjkzNjY3MjA1MjIAMSU1Mzc2NzYzOTg0NA%3D%3D&el=1\\_x\\_3&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/332037765_PHILIPPINE_NATIONAL_STANDARD_PNSBAFPS_40_2013_Organic_Fertilizer?enrichId=rgreq-9523db6749c88fbc6edfa059279572-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdloZmzMjAzNzc2NTtBUzo3NDZzNjkzNjY3MjA1MjIAMSU1Mzc2NzYzOTg0NA%3D%3D&el=1_x_3&esc=publicationCoverPdf) [in English].
8. Organic fertilizer — Specification. (2020). ICS 65.080. DRS 279. *Rwanda Standard*. URL: [www.portal.rsb.gov.rw](http://www.portal.rsb.gov.rw) [in English].
9. Siebert, S. & Auweele, W.V. (2018). European quality assurance scheme for compost and digestate: ECN-QAS Quality Manual. European Compost Network. URL: <https://www.compostnetwork.info/ecn-qas/ecn-qas-manual/#> [in English].
10. Kumar, R., Gupta, M.K. & Kanwar, S.S. (1999). Fate of bacterial pathogens in cattle dung slurry subjected to anaerobic digestion. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15, 335–338. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008906831493> [in English].
11. Pro vnesennia zmin do deiakyykh zakoniv Ukrainy shchodo vdoskonalennia derzhavnogo rehuliuвання u sferi povodzhennia z pestytsydami i ahrokhimikatamy: Zakon Ukrainy vid 16.11.2022 [On amendments to some laws of Ukraine regarding the improvement of state regulation in the field of handling pesticides and agrochemicals: Law of Ukraine from November 16<sup>th</sup>, 2022]. (2023). *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy — Official Gazette of Ukraine*, 2, art. 80. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2775-20> [in Ukrainian].
12. Lamolinara, B., Pérez-Martínez, A. & Guardado-Yordi, E. (2022). Anaerobic digestate management, environmental impacts, and techno-economic challenges. *Waste Management*, 140, 14–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.035> [in English].
13. Pinchuk, V.O., Podoba, Yu.V., Tertychna, O.V. et al. (2023). *Ekolohichno bezpechni tekhnolohii pererobky pobichnoi produktsii ivarynnoho pokhodzhennia z otrymanniam orhanichnoho dobrovya: naukovy-metodychni rekomendatsii* [Environmentally safe technologies for processing by-products of animal origin with obtaining organic fertilizer: scientific and methodological recommendations]. Kyiv: TOV «DIA» [in Ukrainian].
14. Perelik pestytsydiv ta ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. (2024). Kyiv. URL: <https://data.gov.ua/dataset/389ddb5a-ac73-44bb-9252-f899e4a97588> [in Ukrainian].
15. Kovalenko, V.L., Yakubchak, O.M. & Yashchenko, M.F. (2010). *Metody kontroliu efektyvnosti dii dezinfektantiv na mikromiseti* [Methods of controlling the effectiveness of disinfectants on micromycetes]. Kyiv [in Ukrainian].
16. Parfeniuk, A.I. (Eds.). (2020). *Ekolohichne otsiniuvannya vplyvu sortiv soi na formuvannya fitopatohennoho fonu v umovakh orhanichnoho vyrobnytstva: metodychni rekomendatsii* [Ecological assessment of the impact of soybean varieties on the formation of phytopathogenic background in organic production conditions: methodological recommendations]. Kyiv: TOV «DIA» [in Ukrainian].
17. Drosig, B., Fuchs, W., Al Seadi, T. & Madsen, M. (2015). Nutrient recovery by biogas digestate processing: International Energy Agency — IEA Bioenergy. URL: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/08/NUTRIENT\\_RECOVERY\\_RZ\\_web2.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/08/NUTRIENT_RECOVERY_RZ_web2.pdf) [in English].
18. Poslid pyttsi. Tekhnolohii biolohichnoho pererobliannya. Zahalni vymohy [Poultry droppings. Technologies of biological processing. General requirements]. (2015). *DSTU 7527:2014 from January 1<sup>st</sup> 2014*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
19. Dobryva orhanichni. Ahronomichni vymohy shchodo yakosti dobrovyy dlia vykorystannia v orhanichnomu vyrobnytstvi [Organic fertilizers. Agronomic requirements for the quality of fertilizers for use in organic production]. (2016). *DSTU 7938:2015 from September 1<sup>st</sup> 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
20. Regulation (EC) no 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation). (2019). *Official Journal of the European Union*. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1069/2019-12-14> [in English].

21. Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1605 of 22 May 2023 supplementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the determination of end points in the manufacturing chain of certain organic fertilizers and soil improvers (Text with EEA relevance). (2023). *Official Journal of the European Union*. URL: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2023/1605/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1605/oj) [in English].
22. Bagge, E., Sahlstrom, L. & Albihn, A. (2005). The effect of hygienic treatment on the microbial flora of biowaste at biogas plants. *Water Research*, 39 (20), 4879–4886. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.03.016> [in English].
23. Asghar, W. & Kataoka, R. (2021). Effect of co-application of *Trichoderma* spp. with organic composts on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. *Archives of Microbiology*, 203, 4281–4291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4> [in English].
24. Ameen, F. & Al-Homaidan, Ali A. (2021). Compost Inoculated with Fungi from a Mangrove Habitat Improved the Growth and Disease Defense of Vegetable Plants. *Sustainability*, 13, 1–13. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/su13010124> [in English].
25. Dobrozhan, Yu.V. (2020). Sanitarno-hihienichna ot-sinka poslidu kurei za vmistom antybiotyktiv [Sanitary and hygienic evaluation of chicken droppings according to the content of antibiotics]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/1\\_dobrozhan\\_yuliya\\_viktorivna.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/1_dobrozhan_yuliya_viktorivna.pdf) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 10.04.2024

---



## П.І. БОЙКУ — 90

*Вельмишановному Петру Івановичу —  
на честь 90-річного ювілею*



Виповнюється 90 років **Петру Івановичу Бойку** — відомому вченому у галузі біологічно-інтенсивного та органічного землеробства, екологічно збалансованих і ґрунтозахисних сівозмін різних ротацій та спеціалізації, сільськогосподарської аллопатії; головному науковому співробітнику відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «ІЗ НААН», доктору сільськогосподарських наук, професору; заслуженому діячеві науки і техніки України, Довічному державному стипендіату видатних діячів науки України; активному популяризатору досягнень науки в аграрне виробництво; ветерану праці; учаснику війни; щирій, порядній, доброзичливій людині.

Народився видатний науковець 10 липня 1934 р. у с. Гаркушинці Миргородського р-ну Полтавської обл. До 1954 р. працював у місцевому колгоспі та Миргородському коноплезаводі. Упродовж 1954–1956 рр. — служба в Армії на Північному Флоті Іоканьгської Військово-Морської Базис в Мурманській обл.; у 1956–1957 рр. — судовий виконавець Миргородського народного суду Полтавської обл. Упродовж

1957–1962 рр. — навчання на агрономічному факультеті Полтавського сільськогосподарського інституту (нині — Полтавський державний аграрний університет МОН України), після закінчення якого працював керуючим відділу радгоспу «Оржицький» Лубенського р-ну Полтавської обл.

Наукова діяльність П.І. Бойка є вагомим внеском у розвиток наукових основ біологічно-інтенсивного землеробства, теоретичних і практичних аспектів побудови сівозмін різних типів та видів і пов'язана з ННЦ «ІЗ НААН». Петро Іванович у 1963–1967 рр. — головний агроном, старший науковий співробітник, завідувач відділу рільництва Драбівської дослідної станції Українського науково-дослідного інституту землеробства і аспірант лабораторії сівозмін цього самого Інституту. Упродовж 1968–2011 рр. працює в лабораторії сівозмін ННЦ «Інститут землеробства УААН». У 1968–1992 рр. — молодшим, старшим і провідним науковим співробітником; у 1992–2003 рр. — завідувачем лабораторії сівозмін; із 2003 р. — головним науковим співробітником. У зв'язку з реорганізацією у 2011 р. лабораторію сівозмін об'єднали

з відділом землеробства на меліорованих землях, де нині П.І. Бойко працює головним науковим співробітником.

У 1969 р. захистив кандидатську дисертацію, присвячену оптимальному розміщенню кукурудзи у польових сівозмiнах Лiвобережного Лiсостепу України, у 1997 р. — докторську дисертацію, придiлену встановленню наукових i технологiчних основ вирощування кукурудзи у сiвозмiнах Лiсостепу України. П.І. Бойку присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника (1972 р.), професора (1998 р.).

Петром Івановичем опубліковано понад 320 наукових i науково-методичних праць, серед яких 5 монографiй, 21 книга, пiдручник, 10 рекомендацiй, має 2 авторських свiдоцтва. Широкому колу вчених-аграрiїв i практикiв добре вiдомi такi науковi доробки: iндивiдуальна монографiя «Кукурудза в iнтенсивних сiвозмiнах» (1990 р.), наукове видання «Бiологiчна та екологiчна роль сiвозмiн в землеробствi» (1990 р.); колективнi монографiї «Агроклiматичнi умови формування продуктивностi сiвозмiн Лiвобережного Лiсостепу» (2015 р.), «Науковi основи виробництва органiчної продукцiї в Україні» (2016 р.), «Сiвозмiни та родючiсть чорнозему Лiвобережного Лiсостепу» (2019 р.), «Науково-технологiчнi та агробiологiчнi основи високопродуктивних агроекосистем України» (2021 р.); пiдручник «Екологiчнi проблеми землеробства» (2010 р.); рекомендацiї «Сiвозмiни у землеробствi України» (2002 р.), «Впровадження короткоротацiйних сiвозмiн в органiчному землеробствi» (2015 р.) та iн.

П.І. Бойко упродовж 2005–2009 рр. обирався членом спецiалiзованої вченої ради iз захисту дисертацiй Д 26.371.01 в Інститутi агроекологiї i природокористування НААН; 2003–2015 рр. — спецiалiзованої вченої ради iз захисту дисертацiй Д 26.004.10 у Нацiональному унiверситетi бiоресурсiв i природокористування України МОН України; з 2013 р. — спецiалiзованої вченої ради iз захисту дисертацiй Д 27.361.01 у ННЦ «IЗ НААН», а також редакцiйних колегiй науково-теоретичного журналу «Землеробство та рослинництво: теорiя i практика», збiрникiв Мiжнародних та Всеукраїнських конференцiй ННЦ «IЗ НААН». Упродовж

1970–1995 рр. призначався секретарем та головою Координацiйно-методичної комiсії з проблем сiвозмiн у землеробствi України, з 1996 р. — членом Координацiйно-методичної ради Науково-методичного центру «Землеробство».

Вчений створив вiдому наукову школу з розвитку бiологiчно-iнтенсивного землеробства та екологiчно безпечних сiвозмiн рiзних типiв i видiв. Пiд його науковим керiвництвом пiдготовлено 8 кандидатiв наук.

За плiдну багаторiчну працю П.І. Бойка вiдзначено низкою державних нагород та громадських вiдзнак, серед яких: 7 медалей, зокрема Пам'ятна ювiлейна медаль «100 рокiв Нацiональнiй академiї аграрних наук України» (2019 р.); Почесне звання «Заслужений дяч науки i технiки України» (2015); Довiчна державна стипендiя видатних дячiв науки України (2017); Вiдзнака Мiнiстерства аграрної полiтики та продовольства України (2019); Почеснi грамоти Мiнiстерства аграрної полiтики та продовольства України (2000, 2004); Почесна вiдзнака НААН (2009); Почеснi грамоти НААН (2004, 2014); Почеснi грамоти ННЦ «IЗ НААН» (1966, 1967, 1975, 1980, 1987, 1988, 2009, 2014, 2019).

Життєвий шлях та творчi досягнення П.І. Бойка є справжнiм прикладом для всiх його колег та численних учнiв. Вiд щирого серця побажаємо Петру Івановичу — компетентному й мудрому фахiвцевi, надзвичайно вiдданому своїй працi, гарному сiм'янину, який вмiє вислухати та поради-ти, пожартувати й захистити, бути вимогливим i добродушним вдночас, а також патрiоту, вiдданому своїй рiднiй Україні найцiннiшого у життi людини — мiцного здоров'я i довголiття, щастя та сiмейного затишку, достатку й подальших успiхiв на науковiй i життєвiй нивi!

*Коваленко Н. П.,  
доктор iсторичних наук, старший  
науковий співробітник, старший науковий  
спiвробiтник IФРГ НАН України;*

*Цимбал Я. С.,  
кандидат сiльськогосподарських наук,  
завiдувач вiддiлу сiвозмiн i землеробства  
на мелiорованих землях ННЦ «IЗ НААН»*

---

---

# ABSTRACT

---

---

**Chobotko G., Raichuk L., Shvydenko I., Umanski M.** From crisis to recovery: scientific endeavors of the Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS of Ukraine in minimizing the consequences of the Chernobyl accident. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 6–16.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: favor09@ukr.net*

The participation of scientists from the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in mitigating and minimizing the consequences of the Chernobyl disaster during 1986–2024 is elucidated. It is demonstrated that the history of the development of radioecological research at the Institute originates from the early days following the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. Actually, from this time onwards, the monitoring of radiation in agricultural lands affected by accidents has begun. One of the most crucial directions of work during this period was conducting of aerial and ground radiation reconnaissance. Active efforts were made in radioecological monitoring and dosimetric control of the population. The radioactive contamination of the territory was analyzed based on landscape, basin, and landscape-geochemical principles, upon which maps of radiation contamination of the territory for  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , and  $^{94}\text{Pu}$  were compiled. During the remote period of Chernobyl disaster aftermath, the team of the unit was engaged in developing countermeasures for various types of economic activities in conditions of radioactive contamination, taking into account modern trends in the development of the natural-economic complex and new economic conditions based on landscape-ecological approach. Analysis of the results of scientific activities of the institution's staff indicates that during the post-accident period, the team of radioecologists gathered and systematized significant volumes of information, which were transformed into various databases, cartographic materials, mathematical models, methodological recommendations, regulations, drafts of normative documents, and so forth. Information was provided on the contribution of the Institute's employees to the development of radioecology, restoration of agricultural production on radioactively contaminated lands, and rehabilitation of territories affected by the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. Furthermore, contemporary radioecological problems and threats posed by the full-scale military aggression of Russia against Ukraine were outlined, including its violation of all seven principles of radiation safety, as well as potential radiation-related hazards in the future.

**Key words:** radioecology, migration of radionuclides, rehabilitation of radioactively contaminated landscapes, radiation threats.

**Hutsuliak H.<sup>1</sup>, Vysochanska M.<sup>2</sup>, Sakharnatska L.<sup>3</sup>** Agroecological problems of territorial communities in the Carpathian region and ways to solve them. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 17–23.

<sup>1</sup> *Prekarpathian State Agricultural Experimental Station of Institute of Agriculture of Carpathian Region*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>3</sup> *Uzhhorod National University*

*e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net*

The article examines the theoretical and practical issues of ecological situation problems, which are connected with the implementation of administrative-territorial reform and decentralization reform in the country, which is accompanied by the unification of territorial communities and the organization of land territory, which consists in the social relations of landowners and land users, the assessment of real land use structures and optimal use of land resources. It is suggested that the united territorial communities adjust the ratio between destabilizing and stabilizing agricultural lands and bring the use of land resources closer to ecologically balanced development of nature management. The reasons for the problems of ecological situations are revealed and, after analyzing in detail the relationship between destabilizing and stabilizing agricultural lands, ways to solve them are proposed. It has been determined that reducing air pollution requires the joint efforts of governments, industry, the public and every individual. Due to the global nature of the problem, international cooperation and sharing of best practices also play a key role in finding effective solutions. Solutions to environmental problems are proposed, including reducing emissions, implementing and strictly enforcing environmental standards for industrial enterprises and vehicles, improving the efficiency of energy use and switching to cleaner fuels; development of public transport: encouraging the use of public transport, cycle paths and pedestrian zones to reduce the number of private cars on the roads; support for clean technologies; investing in the development and implementation of clean technologies, such as renewable energy sources (solar and wind energy), which reduce dependence on fossil fuels; urban greening; expanding green space in urban areas to absorb carbon and reduce air temperature. Trees and plants also help filter pollutants from the air.

**Key words:** balanced development, nature management, land resources, territorial communities, land relations.

**Paliyanychko N., Hrom V.** Agricultural manufacturers taxation in the context of food security: environmental and economic aspects. *Agroecological journal*. 2024. No 2. P. 24–32.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: vadimgrom@ukr.net*

The article examines the state, problems and prospects of taxation of agricultural producers. An analysis of the structural elements of the tax policy was carried out. The tax burden is calculated in relation to net profit, the area of agricultural land and arable land. The shortcomings of special regimes of taxation of domestic agricultural enterprises are identified. Directions for improving the mechanism of taxation of agricultural producers have been developed. The functioning of agricultural producers should provide for various state supports in the fiscal sphere, including the provision of certain tax benefits. The relationship between the taxation of agricultural enterprises and the effectiveness of their activities in the context of ensuring the food security of the State, as well as the environmental aspects of taxation, in particular the impact of taxation on the stimulation of environmentally friendly production and the use of land resources, have been studied. Recommendations have been made on improving the taxation system of agricultural commodity producers in order to increase food security and preserve ecological stability. The authors analyzed tax rates, benefits and burdens related to agricultural enterprises, which affect their financial situation and development. The article highlights the main aspects that determine the taxation of agricultural producers, and also takes into account modern trends and prospects in this area. The study helps to understand the complex aspects of taxation that affect agriculture, and also highlights possible ways to optimize the tax burden to support the sustainable development of the agricultural sector and draws attention to possible strategies for optimizing tax payments for agricultural producers aimed at increasing their competitiveness and sustainability in changing conditions market. Effective management of agribusiness is possible only under the condition of stability and predictability of tax legislation, which ensures the optimal tax burden on enterprises. The specificity of the agricultural sector requires special approaches to the taxation of business entities in this sector of the economy. Therefore, the problem of forming an effective system of taxation of the activities of entrepreneurial structures in the agrarian sector of the economy, including in order to ensure the appropriate level of food security of the state, is becoming actualized. Such measures consist in creating a favorable tax environment that promotes the development of the agricultural sector, increasing its production potential and increasing its contribution to the country's economy.

**Key words:** agricultural land, agribusiness, agricultural activity, taxes and fees, tax burden.

**Kovaliv O.** Replication of the true knowledge of constitutional land law is the basis of sustainable nature management in Ukraine. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 33–44.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: okovaliv@ukr.net*

It was established that the root cause of the multi-year wandering of the Ukrainian «elite» in the search for ways and methods of forming the sustainable development of a new sovereign Ukrainian state, among the civilized nations of the world, was the hybrid manipulative pro-Soviet system of knowledge of the «departmental monopoly», which took root in the scientific and pedagogical environment of Ukraine and gradually grew into the «corrupt-oligarchic» system of interest in the entire space of social relations. It is substantiated that the communist majority of the Verkhovna Rada of Ukraine already in 1992 (in the pre-constitutional period) in a hybrid way (divide and rule) spontaneously divided the land and its natural resources, which is the absolute property of the Ukrainian people, into three different forms of ownership of «land» (state, collective and private). The so-called land reform carried out in Ukraine on the basis of «collective ownership of land» has not been introduced into the constitutional field until now, but on the contrary continues to deepen, by introducing in an anti-constitutional way the contrived circulation of agricultural land (up to 10 thousand hectares in the same hands). It has been proved that the most important primary action as a factor in establishing law and order in the Ukrainian reality is true knowledge of the economic and legal essence of constitutional land pragmatism. The level of life activity in today's Ukraine depends on the level of worldview education of its citizens, especially young people who study in the institutions of the Ministry of Education and Science of Ukraine. It is required that every educated citizen of Ukraine, as a full-fledged (de jure) co-founder of the state (republic) and co-owner of the land and its natural resources, especially young students graduating from universities, including agricultural ones, should have knowledge of constitutional rights regarding «land» as the main capital of the nation, which is the irreplaceable basis of everyone's civilized and prosperous life. It has been proven that the presence of a personal founding (statutory) share in the capital of the nation, the size of which will initially be equivalent to more than 200 thousand US dollars, will become a real driver of the process of manifestation of the civil rights of a Ukrainian.

**Key words:** knowledge, constitutional law, land, natural resources, management, agriculture, fertile soils, nature management.

**Koniakin S., Burda R., Budzhak V.** Attributive analysis of the anthropophytes fraction as a part of the urban flora of Kyiv urban area (climamorphotype, residence time category, pathway of introduction into Ukraine and geographical origin). *Agroecological journal*. 2024. No 2. P. 45–51.

*Institute for Evolutionary Ecology, NAS of Ukraine*  
e-mail: ser681@ukr.net

The significant global growth of invasions, distribution and naturalization of alien vascular plants requires clear knowledge about the volume, taxonomic and typological diversity of plant invasions in Ukraine in order to control and contain them. The screening of four features of the fraction of alien species of urban flora of the KUA is outlined: climamorphotype, time, way of immigration, and geographic spread. According to our data, the taxonomic diversity of the fraction is high. The alien flora of Kyiv urban area is 711 species-level taxa recruited from 358 genera, 95 families, 6 classes, and 3 divisions. Attributive analysis relies on categories of invasive botany. The climamorphotype is represented by fanerophytes – 127 species, 18% or the total amount, hamephytes – 13 (1.8%), hemicryptophytes – 83 (11.7%), cryptophytes – 79 (11.1%), terrerophytes – 389 (55%) and hydrophytes – 9 (1.3%), other categories – 10 species. According to the time of immigration, the following are present: archaeophytes – 112 species, 16% or the total amount, kenophytes – 194 (27%) and eukenophytes – 404 (57%) and not determined one taxa. According to the method of immigration, the fraction contains acolytophytes – 149 species, 21% or the total amount, ergasiophytes – 331 (46.6%), xenophytes – 201 (28.4%) and xeno-ergasiophytes – 28 (3.9%) and 2 others. The trend of increasing the role of immigrants-ergasiophytes – «escaped plants» – has been noted. Screening of geographic origin records wide spatial amplitude: immigrant plants from five continents are present. Immigrants of Mediterranean origin dominate – 230 species, 32% or the total amount, American 179 (25%), and Asian 154 (24%), represented equally, European – 51 (7%). The geographical origin was not revealed for 38 species, 5%. Attention is drawn to "species of anthropogenic origin" (23 species, 3%), as well as the high presence of hybrid combinations at the species level – 16 hybrids, 2%, etc. The growth trends of the participation of American and East Asian immigrant species in the urban flora of KUA, predicted at the beginning of the 2000s, have been confirmed. In general, the taxonomically rich fraction of anthropophytes of the urban flora of KUA, according to the screening results, demonstrates a variety of typological features. However, each of the specified properties requires constant, detailed study for the purpose of reliable monitoring of plant invasions.

**Key words:** invasion, distribution, naturalization, screening, vascular plants, plant invasions, alien species, Ukraine.

**Bondarenko O.<sup>1</sup>, Martynenko V.<sup>2</sup>** Representatives of the *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*) genus in the flora of the Dnister-Tiligul river bottom. *Agroecological journal*. 2024. № 2. P. 52–64.

<sup>1</sup> *Odesa National Mechnykov University*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: vseobouse123@gmail.com

Complex studies of individual systematic groups allow to carry out a modern inventory of species in certain territories, to determine the features of naturalization, adaptation of plant species, to identify ecological features of plant species under the conditions of anthropogenic transformation of intra- and extra-zonal and zonal coenoses. Odesa region is a territory where natural and spontaneous fractions of flora are in constant interaction caused by human influence, as a result of which a wide range of ecotopes was formed: from man-made to natural ones. The goal is to establish a modern list of species of *Euphorbia* genus in the lower reaches of the Dniester–Tyligul interfluvium. Literary sources, herbarium materials of the MSUD, many years of own research of the territory were used. 16 species of *Euphorbia* have been identified, the most widespread are species of petrophytic and steppe coenoses: *E. agraria*, *E. sequierana*, *E. stepposa*. And also – *E. virgultosa*. Relatively few references and localities are presented: *E. chamaesyce*, *E. falcata*, *E. esula*. Occasionally occur: *E. humifusa*, *E. davidii*, *E. lucida*, *E. peplis*, *E. peplus*. Ruderal species that are, however, cultivated are: *E. cyparissias*, *E. variegata* and *E. lingulata*. We present the last species as a ruderal plant for the first time. The only locality on the territory has *E. valdevillosocarpa* (sozophyte of the state level of protection, ChKU). All found species are mainly hemicryptophytes (62.50% of species of the genus in the region), heliophytes (87.50%), xeromesophytes (62.50%), representatives of meadow (25.00%) and ruderal (31.25%) ecological and coenotic groups. Eight belong to the synanthropic fraction of the flora, five of them are elements of the adventitious fraction of the flora. *E. davidii* is an invasive species. Two more species are sozophytes. For Odesa region, a number of species and forms of *Euphorbia* genus are listed in the MSUD herbarium collection or available literary sources. Some of the herbarium materials of the species in the historical collections of the MSUD, which we reviewed, obviously need to be redefined by specialists.

**Key words:** Odesa region, spurge, herbarium collections.

**Volkova O.<sup>1</sup>, Belyaev V.<sup>1</sup>, Pryshliak S.<sup>1</sup>, Skyba V.<sup>2</sup>, Prysiazhniuk N.<sup>2</sup>, Nagorniuk O.<sup>3</sup>** Dynamics of <sup>137</sup>Cs content in higher aquatic plants of Kyiv and Kaniv Reservoirs. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 65–71.

<sup>1</sup> *Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine*

<sup>2</sup> *Bila Tserkva National Agrarian University*

<sup>3</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: onagornuk@ukr.net*

The study aimed to determine the temporal parameters of <sup>137</sup>Cs specific activity in higher aquatic plants of Kyiv and Kaniv reservoirs. Parameters characterizing the dynamics of <sup>137</sup>Cs content for hydrophytes (*Potamogeton perfoliatus* and *Ceratophyllum demersum*) and helophytes (*Phragmites australis* and *Typha angustifolia*) were determined based on the results of <sup>137</sup>Cs specific activity determination in the aboveground plant organs. Plant samples were collected in 1989–2021 from a polygonal area in the upper part of Kyiv reservoir (shallow waters near Strakholyssia village) and in 2000–2021 from a polygonal area in the middle part of the Kaniv reservoir (shallow waters near Rzhyschiv and the Borispol islands). A model of specific activity of aquatic organisms was substantiated (or developed) in case of exponential decrease in radionuclide levels in the environment. The main parameter of the model is the period of resulting halving of organism specific activity due to the decrease in radionuclide concentration in water, its irreversible fixation in bottom sediments, and radioactive decay. During 1989–2021, the half-life period of <sup>137</sup>Cs specific activity in *Potamogeton perfoliatus*, *Ceratophyllum demersum*, and *Phragmites australis* of Kyiv reservoir was 5.4 years. Two time intervals were identified, characterized by different intensities of radionuclide specific activity decrease. During the periods of 1989–1996 (1998), the specific activity of <sup>137</sup>Cs in the studied plant species decreased by half in approximately 2 years. For the time interval of 2011(2012)–2021, the half-life period of <sup>137</sup>Cs content in *Potamogeton perfoliatus* and *Ceratophyllum demersum* increased on average to 12 years. A tendency towards a slowdown in the rate of specific activity decrease was observed for *Phragmites australis*. During 1987–1996, the half-life period of maximum <sup>137</sup>Cs specific activity in higher aquatic plants of Kaniv reservoir was 2.1 years. Thus, during the first decade after the accident, the rates of <sup>137</sup>Cs content decrease in plants of Kyiv and Kaniv reservoirs did not differ. In 2000–2021, the rate of <sup>137</sup>Cs specific activity decrease in *Potamogeton perfoliatus* and *Ceratophyllum demersum* of Kaniv reservoir corresponded on average to a half-life period of about 20 years. For *Phragmites australis* and *Typha angustifolia*, only a tendency to decrease in <sup>137</sup>Cs activity was noted, corresponding to a half-life period of about 40 years. Over time, the half-life period of <sup>137</sup>Cs specific activity in higher aquatic plants of Kyiv and Kaniv reservoirs increases, which is explained by the slowdown in the rate of decrease in volumetric activity of <sup>137</sup>Cs in the waters of the Dnipro and Pripjat rivers. A model of <sup>137</sup>Cs specific activity in higher aquatic

plants of reservoirs for periods exceeding 20 years after accidental radionuclide entry into ecosystems of large plain reservoirs has been proposed. The parameters of the model describing the dynamics of <sup>137</sup>Cs specific activity can be used for predictive assessments of <sup>137</sup>Cs content in higher aquatic plants in the event of accidental radionuclide entry into ecosystems of large plain reservoirs.

**Key words:** hydrosphere, modeling, radioactive pollution, higher aquatic plants, reservoirs.

**Mudrak O.<sup>1</sup>, Morozova T.<sup>2</sup>** Ecological monitoring of iodine in pastoral ecosystems. Agroecological journal. 2024. No. 2. P. 72–79.

<sup>1</sup> *Public Higher Educational Establishment*

*«Vinnytsia Academy of Continuing Education»*

<sup>2</sup> *National Transport University*

*e-mail: tetiana.morozova@ukr.net*

The problem of iodine deficiency is relevant in many countries, including Ukraine, and has serious health consequences due to the insufficient iodine content in food. In order to overcome iodine deficiency, it is important to be based on monitoring the iodine content in food and water in the relevant area. An excessive increase in iodine in salt can cause hyperthyroidism. Monitoring iodine-deficient areas in rural areas becomes especially important, as plants grown on soils with low iodine content may contain insufficient amounts of this element, which can lead to severe iodine deficiency among the population. Iodine is also important for animal health and can improve animal performance. Some plants accumulate iodine from the soil, which can improve their resistance to diseases and negative factors, and the interaction of iodine with other chemical elements is also important. The article summarizes scientific data on the peculiarities of the iodine cycle in the soil-plant-animal chain in pastoral ecosystems, develops recommendations for assessing and overcoming iodine deficiency in ecosystems of this type. The iodine content was determined by a method based on the oxidation of iodide to iodine with the subsequent addition of NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub> to destroy excess nitrite. The subject of the study were soils, plants of pastoral ecosystems and milk. In the mountainous zone of pastoral ecosystems, a significant iodine deficiency in soils was detected, due to the iodine-deficient nature of the territory. A similar, but less pronounced deficit is observed in the foothills and plains of Northern Bukovina. The iodine content in the green mass of plants does not have general patterns and is not confined to natural zones. The lowest iodine content was found in *Plantago major* L. Iodine deficiency in milk is more pronounced and decreases from the plain to the mountainous zone. A close correlation was established between the iodine content in the soil and the density of livestock, as well as the indicators of pasture digression. A high correlation between the iodine content in milk and its content in plants was found. Crops adapted to iodine deficiency

conditions cannot withstand the effects of recommended iodine concentrations, which can adversely affect yields. However, lower iodine concentrations can stimulate seed germination.

**Key words:** iodine deficiency diseases, model plant species, biogeochemical province, biogeochemical chain, lower threshold value.

**Moroz V.** Climate stabilizing value of oak shelterbelts in Zhytomyr Polissia. *Agroecological journal*. 2024. No 2. P. 80–89.

*Western Ukrainian National University*

*e-mail: viramoroz001@gmail.com*

Woody forest plantations, including shelterbelts, are one of the stabilizers of the optimal ecological state of the environment in agricultural landscapes. Shelterbelts are able to sequester carbon from the atmosphere in their phytomass and generate oxygen for a long time. These processes contribute to the partial but permanent prevention of global climate change. According to the calculations, we determined the volume of tree trunks in the protective strips, the cross-sectional area of the trunk, and the phytomass of wood, bark, and crown in a completely dry state. Based on the research data, correlations were created between the main taxonomic indicators and phytomass fractions, which showed a close relationship between phytomass fractions and the height and diameter of tree trunks. In the course of the research, a regression equation was built between tree phytomass and biometric indicators such as trunk height and diameter. The amount of carbon sequestered by the oak shelterbelts was determined by determining the proportion of carbon in the phytomass in absolutely dry residue. The main soil and climatic indicators were established, which in most temporary test plots were characterized by pH = 7.0 (neutral), the level of atmospheric air temperature under the forest protection strips was 2°C lower than in agroecosystems (field), and the soil temperature was 8°C lower than in the studied agroecosystems. Soil moisture was identical. According to the statistical analysis, the sample was homogeneous in terms of height, diameter, and age of the plantation. The obtained results allow for further analysis and construction of regression equations between tree phytomass and biometric parameters — height, diameter. It has been determined that an increase in tree diameter by 1.94% and height by 1.0% has a direct impact on the growth of phytomass of common oak wood. It has been established that the total phytomass of oak in linear plantations is 157.7 kg for a middle-aged tree and 275.9 kg for a mature tree. According to the established value of the conversion coefficient of the carbon-absorbing capacity of field protection strips of oak plantations, CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere in the Zhytomyr Polissia zone are annually reduced by 5%. The obtained equation of the conversion coefficient, with a sufficiently high

determination index, makes it possible to use the obtained dependence in further calculations.

**Key words:** CO<sub>2</sub> emissions; carbon-absorbing capacity; conversion rate; agricultural landscape.

**Mudrak O.<sup>1</sup>, Mudrak H.<sup>2</sup>, Antoniuk Yu.<sup>3</sup>, Riabokon O.<sup>1</sup>, Herasimova O.<sup>1</sup>** Ecological assessment of natural complexes in «Serednie Pobuzhzhia» regional landscape park: theory and practice. *Agroecological journal*. 2024. No 2. P. 90–99.

<sup>1</sup> *Public Higher education establishment «Vinnytsia academy of continuing education»*

<sup>2</sup> *Vinnytsia national agrarian university*

<sup>3</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: ov\_mudrak@ukr.net*

The article proposes a methodology for determining the ecological assessment of natural complexes in «Serednie Pobuzhzhia» regional landscape park (RLP) according to psychological, aesthetic and geographical and aesthetic criteria. The representative landscapes of the park, which covers an area of 2618.2 hectares and was established in 2009, are located within Tyvriv and Sutyska settlement territorial communities of Vinnytsia region. The park was created to preserve the integrity of the unique landscapes of the valley and water area of the Pivdennyi Buh river. The park is decorated with rapids on the Pivdennyi Buh river, which were formed in places where crystalline rocks of the Ukrainian shield come to the surface, often forming cascades and stretching for up to several kilometres. Some blocks of granite rise up to 1.5 m above the water, which forms the corresponding aesthetics of the landscape. The park is home to boreal, non-morphic and pontic vegetation, represented by rare, endemic and relict species. The Pivdennyi Buh river valley is of great importance for the conservation of biotic and landscape diversity and requires protection and rational use of its resources. One of the anthropogenic impacts on the park's natural complexes is recreational pressure. Therefore, the authors established the maximum recreational load on the natural complexes of the studied park according to the distribution of landscape types — park, forest, non-forest. On the basis of the conducted research, it is argued that in order to preserve the representative and unique biotic and landscape diversity of the park in the structure of the Buzkyi longitudinal natural corridor of the national ecological network, it is necessary to introduce a set of measures, taking into account the recreational load. In order to preserve the representative biotic and landscape diversity in the structure of the ecological and Emerald networks, it is necessary to expand the area of «Serednie Pobuzhzhia» park and include «Nemyrivske Pobuzhzhia» regional landscape park with an area of 5,678 hectares, creating a single continuous national nature park.

**Key words:** impact assessment, landscape complexes, biotic diversity, recreational load, ecological status.

**Korsun S.<sup>1</sup>, Bolokhovska V.<sup>2</sup>, Bolokhovskiy V.<sup>2</sup>, Khomenko T.<sup>2,3</sup>, Borko Yu.<sup>1</sup>, Demyanyuk O.<sup>4</sup>, Kostyna T.<sup>4</sup>** Agroecological substantiation of meliorative factors for restoration of soils disturbed by military actions. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 100–112.

<sup>1</sup> *Limited Liability Company*

«*Institute of Applied Biotechnology*»

<sup>2</sup> *Limited Liability Company «BTU-CENTER»*

<sup>3</sup> *National university of life and environmental sciences of Ukraine*

<sup>4</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: korsuns@i.ua*

The armed aggression of the Russian Federation has led to the disruption of balance in agroecosystems in Ukraine. The purpose of this study was to investigate the agroecological consequences of soil disturbance in agrocenosis due to explosive ordnance and to justify the use of ameliorative factors for soil fertility restoration. Vegetation studies were conducted at the «Institute of Applied Biotechnology». Soil samples for the experiment were collected from the liberated territories of Kharkiv region affected by military actions. Soil expertise, disrupted by explosive ordnance, revealed changes in agrochemical, biological, and toxicological indicators compared to the control plot of the agrocenosis. The humus content decreased by 39–46%, hydrolyzable nitrogen by 30–38%, mineral nitrogen by 36–48%, while the availability of mobile potassium increased by 115–139%. Significant excess of heavy metals content in the soil was detected: copper content increased by 3 times, lead – by 1.5 times, nickel – by 2.7 times, and cadmium – by 2.5 times. Microbiological processes were characterized by an increase in mineralization-immobilization coefficients, oligotrophy, pedotrophy, and a decrease in organic matter transformation indicator. Based on the observed changes, ameliorative factors were proposed aimed at soil fertility restoration. The application of nitrogen-phosphorus mineral fertilizer, winter wheat straw as organic fertilizer, and the biological preparation EcoStern Detox contributed to the improvement of soil agrochemical properties and optimized the direction of microbiological processes, but had no systemic impact on the change in the quantity of mobile forms of heavy metals. The positive impact of amelioration on the soil environment was confirmed by bioassay. Combining the studied ameliorative factors resulted in a 14.3–18.1% increase in maize plant height at the BBCH 14 stage, an increase in aboveground biomass by 24–46.2%, and root mass by 13.3–14.3% compared to the control. The highest growth in the development of the photosynthetic apparatus and root system was observed with the

application of the entire complex of ameliorants. The obtained results are consistent with the soil analysis, as the simultaneous application of the EcoStern Detox biopreparation, mineral fertilizers, and straw led to a significant improvement in both agrochemical and biological soil indicators compared to the control and other research variants.

**Key words:** biopreparation, mineral fertilizers, straw, agrochemical indicators, microbiological processes, heavy metals, biometric indicators, chlorophyll fluorescence intensity.

**Yermishev O.<sup>1</sup>, Shumyhai I.<sup>2</sup>** Ecological and comparative analysis of the influence of the weather factor under the combined effect of heliomagnetic storms (HMS) on the vegetative balance of boys of different ages. *Agroecological journal*. 2024. No 2. P. 113–125.

<sup>1</sup> *Vasyl Stus Donetsk National University*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: o.yermishev@donmu.edu.ua*

Despite the extensive scientific data available on the impact of meteorological and heliogeophysical factors on the health and physiological parameters of the organism, the ecological role and biological nature of the mechanisms of their interaction remain unclear. The need to choose an integrated approach to the study of the Space–Earth–Human system is obvious and justified because it is based on the idea of using modern technologies and channels for obtaining and disseminating information about the impact of space weather, variability of the atmosphere, electromagnetic and gravitational fields, anthropogenic pollution and other environmental parameters that requires effective and rapid solution. It has been established that the body's response to various stressful influences is largely determined by the ratio of the tone of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system. It is the autonomic nervous system (ANS) and, above all, its sympathetic division that plays a special role in the formation of adaptive reactions of the body, the development of meteorological reactions, i.e. the autonomic nervous system is the primary site of meteorological influences that cause shifts in its balance. Determination of vegetative status and direction of vegetative activity in boys' organism was carried out by means of functional and vegetative diagnostics by V. Makats' method. We examined 151 boys, including 49 boys aged 7–11 years and 102 – aged 12–15 years, FVD was carried out in the morning at 10.00–11.00. Since the state of the autonomic nervous system is decisive in the development of meteorotropic reactions, the data of the study of vegetative tone in sunny and cloudy weather under the combined influence of heliomagnetic storms (HMS) were analysed, favourable and unfavourable weather conditions for the body were determined and the state of adaptive health of the



examined children was determined. It was found that under the influence of heliometeorological factors on the organism of practically healthy young boys, age-related peculiarities of meteorological variability are observed. The most sensitive to changes in weather and climatic conditions under the combined influence of HMS was the group of primary school age boys (PSA) aged 7–11 years, who showed maximum deviations in the activity of functional systems from the age norm, and the least sensitive was the group of boys aged 12–15 years. When analysing the influence of changes in weather conditions on the body of boys by the vegetative coefficient (kV), it was found that at the norm of kAv 0.95–1.05, it increased maximally when exposed to sunny weather and amounted to 1.12 in the revealed state of vegetative balance. In a healthy organism, changes in physiological processes and functional activity of systems under the influence of such a factor as changes in boys' PSA, which indicates a pronounced sympathicotonia, and in boys' ASA 0.93, respectively, which indicates a slight parasympathicotonia. The effects of cloudy weather on the body in both groups, even with the combined effect of HMB, are easily compensated for, and a special role in this belongs to the autonomic nervous system, whose activity ensures an adequate response of the body to the effects of environmental factors. Knowledge about meteosenitivity and meteorological reactions is necessary for the development of both preventive and therapeutic measures aimed at increasing non-specific resistance and adaptation mechanisms of the body, normalising the function of organs and systems as a basis for normal reactions to adverse environmental changes. Environmental factors, including meteorological factors, are directly related to human life and health. Each of the meteorological elements has its own biological significance. This raises the question of the impact of solar activity, weather, atmospheric conditions, and, above all, anthropogenic pollution and other environmental parameters on human health, which naturally requires a quantitative approach to risk assessment and the development of necessary management decisions.

**Key words:** weather, adaptation, functional systems, autonomic nervous system.

**Lungul A.<sup>1</sup>, Zhurba M.<sup>2</sup>, Pyrih O.<sup>2</sup>, Omelianenko O.<sup>3</sup>, Bolokhovska V.<sup>4</sup>, Bolokhovskyy V.<sup>4</sup>, Khomenko T.<sup>5</sup>**  
Influence of biodestructors on sequestration of labile carbon compounds in the soil. Agroecological journal. 2024. No. 2. P. 126–132.

<sup>1</sup> Limited Liability Company «Kernel-Trade»

<sup>2</sup> Agricultural limited liability company «Druzhba Nova»

<sup>3</sup> Sumy National agrarian university

<sup>4</sup> Limited liability company "TD «BTU-CENTER»

<sup>5</sup> National university of life and environmental sciences of Ukraine

e-mail: zhurbam2017@gmail.com

Ukraine stands as a testament to agricultural wealth due to its fertile soils, most notably, its significant share of the world's chernozem. Rich soil is fundamental to agricultural production, and therefore the success of the agricultural industry heavily relies on the fertility of the soil. However, modern agricultural practices in Ukraine, have led to increased anthropogenic impact on soils, affecting their biodiversity and humus content. In this regard, it is becoming increasingly important to perform comprehensive studies of microbiological, biochemical and chemical processes in the soil in response to different agricultural interventions. The urgent need to restore natural ecosystems to preserve their biodiversity and ensure ecological stability poses new scientific challenges, emphasizing the importance of urgent measures aimed at protecting the environment from pollution and degradation. This research aims to explore the effects of biodestructors on the deposition of labile carbon compounds in the soil during long-term consistent corn cultivation. The research was conducted during 2020–2023 within the framework of a stationary field experiment of the scientific research department of the «Druzhba Nova» in Varva village, Chernihiv region. The soil is a typical low-humus chernozem with the experiment focusing on a monoculture corn crop rotation. The DKC 4351 corn hybrid was sown at a density of 82 thousand units per hectare, employing a three-part experiment design: 1) a UAN control at 32–28 l/ha, 2) Ecoster Classic at 2 l/ha combined with UAN 32–28 l/ha, and 3) Ecoster Bacterial at 2 l/ha alongside Ecoster *Trichoderma* at 1 l/ha and UAN 32–28 l/ha. In the present study, the influence of biodestructors on soil's agrochemical and microbiological indicators, as well as corn yield was evaluated. In a long-term stationary field experiment conducted on a typical low-humus chernozem, we investigated the influence of microbial preparations – plant residue biodestructors – on the deposition of labile carbon compounds in the soil under continuous corn cultivation. The application of Ecoster Classic and a combination of Ecoster Bacterial + Ecoster *Trichoderma* biodestructors resulted in an increase of labile carbon content by 0.11% and 0.18%, respectively, compared to the control. The aim of further analysis was to determinate the dynamics of the organic matter transformation coefficient, which is a marker of enhanced microbiological activity in the soil and a predominance of organic matter synthesis over its mineralization. In treatments utilizing biodestructors, this indicator was significantly higher than control values throughout the study. The survival of the fungal bioagent from Ecoster Classic and Ecoster *Trichoderma* bioproducts in the soil was monitored by assessing the population dynamics of the *Trichoderma* genus species. Results demonstrated an increase by an average of 19 thousand CFU/g with Ecoster Classic and by 34 thousand CFU/g with the combined use of Ecoster Bacterial with Ecoster *Trichoderma*, compared to 28 thousand CFU/g

in control soil samples. This may indirectly indicate a successful colonization of the bioagent in treated soils. Using BIOTREX technology to evaluate the soil's ecophysiological diversity, we found that the diversity index increased from 3.66 in control samples to between 4.87 and 5.61 in treatments with biodestructors. According to the further BIOTREX assessment, the use of biodestructors not only increased soil biodiversity, but also improved soil health. The application of these biodestructors also significantly boosted corn grain yield with an increase of 0.32 t/ha with Ecoston Classic treatment and 0.18 t/ha with the combined use of Ecoston Bacterial with Ecoston *Trichoderma*, compared to control.

**Key words:** corn, labile carbon, biodestructors, *Trichoderma* fungi.

**Golodna A., Hrytsiuk Y.** Photosynthetic productivity of soybean (*Glycine max* L.) crops under various fertilization options and pre-sowing seed treatment. Agroecological journal. 2024. No 2. P. 133–142.

NSC «Institute of Agriculture NAAS»

The objective of the research is to determine the impact of basic fertilization options, foliar feeding with organo-mineral fertilizer during critical periods of soy plant development, pre-sowing seed treatment with mycorrhizal biofertilizer, and mycorrhizal inoculant in combination with a fungicide on the dynamics of dry matter accumulation by the plants and the net productivity of photosynthesis in the soy crop. Methods. Field (for studying the interaction of the research object with biotic and abiotic factors); morphophysiological (for biological monitoring of productivity elements development during organogenesis stages); statistical (statistical analysis of research results). Results. The article presents research findings on the accumulation of dry matter by soy plants and the net productivity of photosynthesis in the crop across different growth and development stages. Equations have been calculated to establish the relationship between soy seed yield and the indicators of dry mass accumulation by the plants during the pod-filling phase. Conclusions. In modern agricultural practices aimed at achieving maximum seed yield, cultivation technology should include agronomic measures directed towards meeting the biological needs of the plant throughout the vegetation period and reducing the influence of adverse external factors. The highest levels of dry matter accumulation by plants in the study — 26.8–29.2 g/plant, were noted during the pod filling phase in variants with the application of  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$  fertilization, sowing seeds treated with mycorrhizal biopreparation and fungicide, and foliar feeding with organo-mineral fertilizers during the budding and flowering phases. The maximum indicators of net photosynthetic productivity of the crop in the study (8.52–11.29 g/m<sup>2</sup>×day compared to 5.46 g/m<sup>2</sup>×day in the absolute control) were observed during the interphase period of flowering and pod

filling in variants with  $N_{45}P_{45}K_{60}$  fertilization. For the optimal seed yield of soybean variety Muza observed in the study, the optimal conditions were provided by a cultivation technology involving the application of  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$  fertilizers, pre-sowing seed treatment with mycorrhizal inoculant in combination with fungicide, as well as foliar feeding with organo-mineral fertilizers during the branching or budding phases, when the plants are forming flowers, pods, and seeds within the pods. Through the combination of these agronomic measures, plants accumulate dry matter during the pod filling phase at 25.9–27.4 g/plant, ensuring the net photosynthetic productivity of the crop during this developmental period at 5.60–6.10 g/m<sup>2</sup>×day, compared to 20.8 g/plant and 5.46 g/m<sup>2</sup>×day observed in the absolute control, respectively.

**Key words:** Mycorrhizal inoculant, mineral fertilizer, organo-mineral microfertilizer, foliar feeding, fungicide, growth and development stages, net photosynthesis productivity of the crop.

**Humenny D.<sup>1</sup>, Havryliuk L.<sup>1</sup>, Beznosko I.<sup>1</sup>, Horgan T.<sup>1</sup>, Gentosh D.<sup>2</sup>, Bashta O.<sup>2</sup>** Monitoring of main tomato (*Solanum lycopersicum* L.) diseases and methods of microbiological control of phytopathogens. Agroecological journal. 2024. No 2. P. 143–154.

<sup>1</sup> Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

<sup>2</sup> National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

e-mail: gavrilukilia410@gmail.com

The article highlights the main diseases of tomato plants caused by phytopathogenic microorganisms that cause great damage in many countries of the world, including Ukraine. It has been analyzed that phytopathogenic micromycetes that parasitize tomato plants cause huge losses in agricultural production, reducing the quality of products, and also release toxins that cause poisoning and numerous serious diseases that affect humans and animals that consume this product. It has been established that the most common tomato diseases caused by phytopathogenic fungi are late blight, alternaria, septoria, gray rot, spotted wilt virus, and bacterial tomato cancer. Microbiological means of control were analyzed as an alternative to chemical fungicides, which are considered safe methods in modern agriculture. They stimulate the defense mechanisms of plants, acting as inducers of plant resistance or as means of biological control. It was found that one of the common biological preparations in the fight against diseases and improving the growth of tomato culture are preparations containing *Trichoderma* spp. They are widely used as biofungicides against the pathogens *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*. The study of Mexican scientists on the testing of various isolates of the genus *Trichoderma* spp. Chinese scientists identified a strain of *Pseudomonas aeruginosa* (CQ-4) that can effectively control the spread

of gray rot disease and identified bacteria of the genus *Bacillus subtilis*, which are characterized by notable antagonistic activity against a wide range of phytopathogenic bacteria and micromycetes and are a factor in biological control. Also, scientists from Egypt who conducted experiments on two endophytic fungi, namely *Curvularia lunata* and *Nigrospora sphaerica*, where their antagonistic action against phytopathogenic fungi and their ability to produce an important growth hormone and provide some necessary nutrients for plant growth were evaluated. A number of investigated antagonist strains are the basis or promising for the production of microbial preparations for controlling phytopathogens in agroecosystems and increasing the yield of tomato plants.

**Key words:** phytopathogenic fungi, bacteria, viruses, biological preparations, antagonistic strains of fungi and bacteria, agrocenosis.

**Musych O.<sup>1</sup>, Zubko O.<sup>1</sup>, Dushko P.<sup>2</sup>** Root nutrition of plants: relevance, needs, problem solving. Agroecological journal. 2024. No. 2. P. 155–165.

<sup>1</sup> *Institute of Environment Geochemistry of NAAS*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: nad79eva@ukr.net*

The article theoretically analyzes the nutrient needs of plants and the balanced supply of macro- and microelements for their proper growth and development. The basis of the research methodology is the systematic approach of assessing the periodicity of foliar feeding of plants with complex preparations of various compositions. It has been established that with foliar fertilization there is a part of nutrients after they enter the plant leaf. Smaller molecules or molecules with less positive charge are more easily transported in the vascular system, from where they move to other parts of the plant, including ammonium, potassium, and urea. On the other hand, larger molecules and ions with a large positive charge tend to stay fairly close to their point of entry because they stick to the negatively charged cell walls. They hold immobile nutrients quite tightly, including calcium, iron, manganese, zinc, and copper. The importance of the combination of biotechnological and ecological aspects in the development and application of complex compounds for foliar fertilization is indicated. The use of compounds based on EDTA is potentially dangerous for agricultural products and the environment. In the long term, this leads to increased pollution of agricultural land, soil degradation, reduced yield, and deterioration of product quality. When applying complex foliar fertilizers, elements with a strong positive charge, such as calcium, do not move very actively in the plant. Accordingly, negatively charged elements, such as phosphorus, slowly enter the leaves of plants. Both elements are relatively stationary after entry. Additional studies have shown that different plant species differ significantly in their ability to absorb

nutrients through their leaves. Differences in cuticle thickness, number of pores, and resistance, as well as genetic and environmental factors, all affect a species' ability to assimilate nutrients applied to leaves.

**Key words:** fertilizers, nutrients, root feeding, macro- and microelements, phytostimulants, liquid complex fertilizers, growing technologies.

**Savchuk O.<sup>1</sup>, Prymachuk T.<sup>1</sup>, Drobot O.<sup>2</sup>, Kudryk A.<sup>2</sup>, Tsuman N.<sup>3</sup>** Agroecological and economic assessment of organic crop rotation in Polissia zone. Agroecological journal. 2024. No. 2. P. 166–173.

<sup>1</sup> *Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

<sup>2</sup> *Polissia National University*

<sup>3</sup> *Zhytomyr Agricultural Technical Professional College*

*e-mail: grunt17isgp@gmail.com*

For the organic production of plant products on sod-podzolic soil, a biologized short-rotational grain rotation was put to study: sorghum–oats–oats–vicot–oats–barley. In conditions of shortage of manure, the optimization of the nutrition system is carried out due to the by-products of grain and leguminous crops, oil radish siderate, the use of foliar treatment of crops with preparations of biological origin (microfertilizer Avatar, biopreparation Biocomplex-BTU and liquid biofertilizer Volynski humaty), including, in the background mineral fertilizers allowed in organic production (P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> – phosphorite flour and potassium sulfate). The goal of the task was to investigate the influence of the biological fertilization system on crop rotation productivity, grain quality, soil fertility, and the economic efficiency of crop cultivation. It was established that, on average, during the 2021–2023 research, the maximum grain yield indicators were obtained for all factors of influence: pea-oats – 2.25 t/ha, oats – 1.88, vetch-oats – 1.66 and barley – 1.61 t/ha, the total crop rotation productivity under these conditions was 2.28 t grain units. It was determined that the protein content of oat grains was 9.1–9.8%, barley – 10.8–11.7%, the protein content of flax seeds was at the level of 18.2–19.0%, vetch – 22.9–23.8%, the lowest indicators were noted in the control. It has been established that in biological crop rotation due to 50% saturation with leguminous crops against the background of straw and siderate, a deficit-free balance of humus and nutrients is achieved. Due to the by-products of crops, 175 kg of humus accumulates in the soil annually, which ensures a simple reproduction of its fertility, and the additional application of fertilizers of biological origin helps to increase the humus to 350 kg, which ensures an extended reproduction of the fertility of sod-podzolic soil. Nitrogen comes at the expense of oil radish siderate, with by-products of leguminous crops and is biologically fixed from the atmosphere. Removal of phosphorus and potassium by crops is compensated by the supply of these ele-

ments with straw and siderate. Due to the disparity of prices, the cultivation of grain crops was unprofitable under all factors of influence, the profitability of legumes was 19.6–64.4%. The level of profitability of the general crop rotation for the treatment of crops with drugs was 6.5–14.8%, and the costs incurred for the purchase and application of phosphorus-potassium fertilizers did not pay off with the growth of crop yields.

**Key words:** sod-podzolic soil, grain and leguminous crops, biological fertilization system, productivity, grain quality, soil fertility, economic efficiency.

**Podoba Yu., Pinchuk V., Tertychna O., Beznosko I.** Assessment of products of anaerobic fermentation of organic raw material from poultry last by microbiological indicators. *Agroecological journal*. 2024. No. 2. P. 174–182.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: 2375797@gmail.com*

The product of anaerobic microbiological transformation of bird droppings is a liquid suspended product (digestate), the composition of which is characterized by new chemical features acquired due to the activity of anaerobic microorganisms. This process takes place in biogas plants, and as a result of methane fermentation of bird droppings, biogas and residues of organic raw materials are formed, which are used as fertilizer. The international practice of using digestate as an organic fertilizer or soil improver for the farm's own needs is similar to classic composts and does not require sanitary and microbiological certification, but there are voluntary certification standards, as well as various industry guidelines on the quality of organic fertilizers. The work analyzes international and national sanitary microbiological standards regarding digestates, products of processing by-products of animal husbandry and organic substances for application to the soil, in particular Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and the Council of June 5, 2019 «On establishing rules for placing fertilizers on the market EU», DSTU 7527:2014 «Poultry droppings. Technologies of biological processing. General requirements», DSTU 7938:2015 «Organic fertilizers. Agronomic requirements for the quality of fertilizers for use in organic production». Information from scientific articles, standards of individual countries and guidelines of international voluntary certification bodies regarding the assessment of digestate applied to the soil as an organic fertilizer or soil improver is summarized. It has been established that mandatory sanitary microbiological characteristics for such substances are *Salmonella* bacteria (*Salmonellas* spp.) and *Escherichia* spp. bacteria, as well as the standards of some countries and scientific literature recommend determining *Coliform* bacteria and *Streptococ-*

*cus faecalis* bacteria, the presence of which indicates the possible presence of potentially dangerous strains of microorganisms. With the use of laboratory equipment, the granulation conditions of the solid fraction of the digestate were optimized to obtain granulated organic fertilizer from the sludge of the biogas plant. A microbiological analysis of granulated digestate from a biogas plant on bird droppings was carried out in order to establish its compliance with the sanitary-bacteriological requirements for organic fertilizers. The presence of pathogens of infectious diseases in poultry droppings and the presence of phytopathogens in grain, which is used for the preparation of premixes, increases their probable migration into the composition of organic fertilizer in case of improper methane fermentation with violation of temperature and exposure conditions. Microbiological analysis of granulated digestate showed the absence of *Salmonellas* spp. and *Escherichia* spp. bacteria in the studied samples, but a high number of mold fungi  $1.2 \cdot 10^4 \pm 7.25 \cdot 10^2$  CFU/g was found, which may be a consequence of storage wet raw materials. In order to prevent microbiological contamination during the storage and transportation of raw materials and organic fertilizers, a necessary condition is compliance with sanitary requirements for all technological processes, starting from the conditions of keeping and feeding animals to the conditions of storage of finished products and application to the soil. The content of harmful microorganisms in the digestate of biogas plants operating on bird droppings or animal manure without litter or the addition of plant residues and chemicals depends mainly on the quality of the droppings and water. The quality of raw materials affects the quality of the digestate and is determined by the sanitary-epidemiological condition of animals and premises, microbiological contamination of feed, pre-treatment of raw materials for loading to the biogas plant. It was established that the granular digestate from bird droppings meets the requirements of Ukrainian standards DSTU 7527:2014 regarding organic fertilizers from poultry droppings and DSTU 7938:2015 regarding organic farming, which allows for further substantiation of optimal application technologies. To control the secondary bacterial contamination of organic raw materials during the storage process, the effectiveness of the use of commercial biological preparations was evaluated. The perspective of using commercial microbial preparations, in particular MycoHelp, to control mold fungi of the genus *Penicillium* spp. in the technologies of processing by-products of agriculture into organic fertilizers and preventing spoilage of finished products during storage.

**Key words:** soil, fertilizers, bacteria, micromycetes, opportunistic pathogens, sanitary standards, digestate, poultry by-products, microbial preparations.

---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**АНТОНЮК Юрій Петрович**, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: yuraantoniuk22@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3257-0843>)

**БАШТА Олена Валентинівна**, кандидат біологічних наук, доцент Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: elenabashta@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4682-1595>)

**БЕЗНОСКО Ірина Володимирівна**, кандидат біологічних наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>)

**БЕЛЯЄВ Володимир Володимирович**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна (e-mail: belyaev-vv@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4465-7816>)

**БОЛОХОВСЬКА Валентина Антонівна**, кандидат технічних наук, БТУ-ЦЕНТР, м. Ладизин, Вінницька обл., Україна (e-mail: valent2006@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2728-4589>)

**БОЛОХОВСЬКИЙ Владислав Вікторович**, БТУ-ЦЕНТР, м. Ладизин, Вінницька обл., Україна (e-mail: vlad@btu-center.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0074-6362>)

**БОНДАРЕНКО Олена Юрійвна**, кандидат біологічних наук, доцент, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна (e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2383-6615>)

**БОРКО Юлія Петрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ТОВ «Інститут прикладної біотехнології», м. Київ, Україна (e-mail: yulia\_borko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6277-8980>)

**БУДЖАК Василь Васильович**, доктор біологічних наук, доцент, Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: budzhakv@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7754-6437>)

**БУРДА Раїса Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: riburda@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7440-9218>)

**ВИСОЧАНСЬКА Марія Ярославівна**, доктор економічних наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-9991>)

**ВОЛКОВА Олена Миколаївна**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна (e-mail: 2volkovaen@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5868-4842>)

**ГАВРИЛЮК Лілія В'ячеславівна**, доктор філософії, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: gavriluklilia410@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>)

**ГЕНТОШ Дмитро Тарасович**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: dgentosh@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8647-7843>)

**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>)

**ГОЛОДНА Антоніна Василівна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: ant.golodna@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-8229>)

**ГОРГАН Тетяна Михайлівна**, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: Tanja.micaela@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8980-7895>)

**ГРИЦЮК Ярослав Васильович**, ННЦ «ІЗ НААН», с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9301-6990>)

**ГРОМ Вадим Юрійович**, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vadimgrom@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5461-6929>)

**ГУМЕННИЙ Данило Валерійович**, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: danilfish@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8980-7895>)

**ГУЦУЛЯК Григорій Дмитрович**, доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН, Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону, м. Косів, Івано-Франківська обл., Україна (e-mail: instarv@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-1636>)

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

**ДРЕБОТ Оксана Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, Україна (e-mail: o\_drebot@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4146-3266>)

**ДУШКО Павло Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1408-0342>)

**ЄРМШЕВ Олег В'ячеславович**, кандидат біологічних наук, доцент, Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця, Україна (e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-9678>)

**ЖУРБА Михайло Анатолійович**, кандидат сільськогосподарських наук, СТОВ «Дружба Нова», с-ще Варва, Прилуцький р-н, Чернігівська обл., Україна (e-mail: zhurbam2017@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1775-5696>)

**ЗУБКО Олександр Вікторович**, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: zubko2019alex@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2521-8087>)

**КОВАЛІВ Олександр Іванович**, доктор економічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: okovaliv@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4908-7963>)

**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>)

**КОРСУН Світлана Георгіївна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ТОВ «Інститут прикладної біотех-

нології», м. Київ, Україна (e-mail: korsuns@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8753-9356>)

**КОСТИНА Тарас Петрович**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: kostyna.taras@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4009-5576>)

**КУДРИК Анатолій Порфирович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, Україна (e-mail: zem\_kudryk@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6456-0902>)

**ЛУНГУЛ Аркадій Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, ТОВ «Кернел-Трейд», м. Київ, Україна (e-mail: agronauka74@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0501-0497>)

**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>)

**МОРОЗ Віра Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна (e-mail: viramoroz001@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1258-1530>)

**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 Галина Василівна**, кандидат географічних наук, доцент, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна (e-mail: galina170971@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1319-9189>)

**МУДРАК Олександр Васильович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік АНВШ, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: ov\_mudrak@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1776-6120>)

**МУСИЧ Олена Григорівна**, кандидат біологічних наук, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-741X>)

**НАГОРНЮК Оксана Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: onagornuk@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6694-9142>)

**ОМЕЛЬЯНЕНКО Олександр Миколайович**, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна (e-mail: makedonsky321@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6980-2222>)

**ПАЛЯНИЧКО Ніна Іванівна**, доктор економічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: spalianychko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-9634>)

**ПИРИГ Олександр Вікторович**, кандидат сільськогосподарських наук, СТОВ «Дружба Нова» с-ще Варва, Прилуцький р-н, Чернігівська обл., Україна (e-mail: altrockman1986@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-6451>)

**ПНЧУК Валерій Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pinchuk\_yo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0646-1580>)

**ПОДОБА Юрій Васильович**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: 2375797@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1000-7946>)

**ПРИЙМАЧУК Тетяна Юріївна**, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Полісся НААН, м. Житомир, Україна (e-mail: isgp.ek@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6088-1730>)

**ПРИСЯЖНЮК Наталія Михайлівна**, кандидат ветеринарних наук, доцент, Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Київська обл., Україна (e-mail: natasha.prisjazhnjuk@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4737-0143>)

**ПРИШЛЯК Сергій Петрович**, кандидат біологічних наук, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна (e-mail: ceregasp@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3838-3073>)

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

**РЯБОКОНЬ Ольга Володимирівна**, кандидат географічних наук, доцент, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна

(e-mail: olya\_riabokon1986@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4733-3067>)

**САВЧУК Ольга Іванівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Полісся НААН, м. Житомир, Україна (e-mail: grunt17isgp@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6702-239X>)

**САХАРНАЦЬКА Людмила Іванівна**, кандидат економічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна (e-mail: liudmyla.sakharnatska@uzhnu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-4917>)

**СКИБА Володимир Віталійович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Київська обл., Україна (e-mail: volly2005@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>)

**ТЕРТИЧНА Ольга Василівна**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-2858>)

**УМАНСЬКИЙ Микола Степанович**, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: nikum1@ukr.net)

**ХОМЕНКО Тетяна Олексіївна**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ; БТУ-ЦЕНТР, м. Ладизин, Вінницька обл., Україна (e-mail: volyata@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4095-3706>)

**ЦУМАН Наталія Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна (e-mail: innater-59@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0770-6009>)

**ЧОБОТЬКО Григорій Михайлович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: chobotko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8228-4331>)

**ШВИДЕНКО Ірина Костянтинівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: favor09@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-8968>)

**ШУМИГАЙ Інна Вікторівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: <https://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», «REFERENCES».

**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 20 джерел) мовою оригіналу оформлюється згідно із ДСТУ 8302: 2015. 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.

**References** здійснюється відповідно до стандарту APA (American Psychological Association).

**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*