

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

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



**3 • 2023**

---

Виходить чотири рази на рік

## ЗАСНОВНИКИ

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

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

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

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

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

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

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

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

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

**Журнал друкується і поширюється через мережу Інтернет  
за рішенням вченої ради Інституту агроекології і природокористування НААН  
(протокол № 5 від 23 серпня 2023 р.)**

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

---

---

Підписано до друку 17.05.2023 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 12,9. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-01–23.  
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

---

---

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

---

---

3 • 2023



КИЇВ • 2023

## EDITORIAL BOARD

### Editor-in-chief

**DREBOT O.**, Doctor of Economic Sciences, Prof., Full member of NAAS

### Executive Secretary

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

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

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

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

Відповідальний секретар

**ШУМИГАЙ І.В.**, канд. с.-г. наук

- |  |  |
|--|--|
| <b>БУДЗАНІВСЬКА І.Г.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)             | <b>СИЧОВ М.Ю.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                        |
| <b>БУШТРУК М.В.</b> ,<br>канд. с.-г. наук, доцент (Біла Церква)        | <b>СОЛОМАХА В.А.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                     |
| <b>ВИСОЧАНСЬКА М.Я.</b> ,<br>д-р екон. наук, ст. досл. (Київ)          | <b>ТАРАРІКО О.Г.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ)         |
| <b>ВОВК Н.І.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                     | <b>ТЕРТИЧНА О.В.</b> ,<br>д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ)     |
| <b>ГУДКОВ І.М.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ)       | <b>ТКАЧ Є.Д.</b> ,<br>д-р біол. наук, ст. досл. (Київ)                     |
| <b>ДЕМ'ЯНИЮК О.С.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | <b>ФУРДИЧКО О.І.</b> ,<br>д-р екон. і с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) |
| <b>ДОБРЯК Д.С.</b> ,<br>д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ)    | <b>ЧОБОТЬКО Г.М.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                     |
| <b>ЗАЙЦЕВ Ю.О.</b> ,<br>д-р екон. наук, проф. (Київ)                   | <b>ШЕРСТОБОЄВА О.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                  |
| <b>КОНЩУК В.В.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                   | <b>ШЕРШУН М.Х.</b> ,<br>д-р екон. наук, доцент (Київ)                      |
| <b>КОПІЙ Л.І.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Львів)                   | <b>ШКУРАТОВ О.І.</b> ,<br>д-р екон. наук, проф. (Київ)                     |
| <b>КОСТЕНКО С.О.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                 | <b>ЮХНОВСЬКИЙ В.Ю.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                   |
| <b>ЛІСОВИЙ М.М.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                  | <b>ВАЛАТ В.</b> ,<br>д-р педаг. наук, проф. (Республіка Польща)            |
| <b>МУДРАК О.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Вінниця)                | <b>ДУРСУН С.</b> ,<br>д-р філософії, проф. (Туреччина)                     |
| <b>НАГОРНИЮК О.М.</b> ,<br>канд. с.-г. наук, доцент (Київ)             | <b>КОВАЛЬСЬКА А.</b> ,<br>д-р інж.-техн. наук, доцент (Республіка Польща)  |
| <b>ПАЛАПА Н.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ)   | <b>КОЕЛЬО ПІНЕЙРО М.</b> ,<br>д-р філософії, проф. (Португалія)            |
| <b>ПАРФЕНЮК А.І.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                 | <b>СОБЧИК В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща)            |
| <b>СИМОЧКО Л.Ю.</b> ,<br>канд. біол. наук, доцент (Ужгород)            | <b>ЙОШІХІКО ОКАБЕ,</b><br>д-р екон. наук, проф. (Японія)                   |

- Палапа Н.В., Нагорнюк О.М., Гулінчук Р.М., Устименко О.В., Гурманчук О.В.**  
Проблеми сільських територій України в контексті євроінтеграційних процесів 6 **Palapa N., Nagorniuk O., Gulinchuk R., Ustymenko O., Gurmanchuk O.**  
Problems of rural areas of Ukraine in the context of European integration processes
- Височанська М.Я., Зубченко В.В.**  
Еколого-економічні основи збалансованості розвитку садівництва України 18 **Vysochanska M., Zubchenko V.**  
Ecological and economic basis of balanced development of horticulture in Ukraine
- Поліщук В.М.**  
Аналіз європейських статистичних індикаторів ефективності природокористування 30 **Polishchuk V.**  
Analysis of European statistical indicators of environmental efficiency
- Дребот О.І., Касюхнич В.Ю., Васьків Т.Я.**  
Стратегічні орієнтири розвитку лісової галузі України в післявоєнний період 44 **Drebot O., Kasiukhnych V., Vaskiv T.**  
Strategic guidelines for the development of forest industry of Ukraine in the post-war period
- Мудрак О.В., Морозова Т.В.**  
Ефективність супутникових даних у системі агроекологічного моніторингу 53 **Mudrak O., Morozova T.**  
Efficiency of satellite data in the agro-ecological monitoring system
- Коніщук В.В., Христецька М.В.**  
Екологічна оцінка евтрофікації озер біосферного резервату «Шацький» 62 **Konishchuk V., Khrystetska M.**  
Ecological assessment of eutrofication of lakes in «Shatskyi» biosphere reserve
- Шевчик В.Л., Соломаха В.А., Паламарчук Р.А., Постоецько Д.М.**  
Водна, прибережно-водна та чагарниково-болотна рослинність озера Біле НПП «Білоозерський» 71 **Shevchyk V., Solomakha V., Palamarchuk R., Postoienko D.**  
Aquatic, riverside-aquatic and shrub-swamp vegetation of Bile lake at «Biloozersky» NNP
- Бондаренко О.Ю.**  
*Acroptilon repens* (L.) DC. у флорі пониззя межириччя Дністер – Тилігул 80 **Bondarenko O.**  
*Acroptilon repens* (L.) DC. in the flora in the interfluvium of the lower Dnister – Tiligul rivers
- Равліковський А.Р., Симочко Л.Ю., Дем'янюк О.С.**  
Використання відпрацьованого грибно-го субстрату шиїтаке (*Lentinula Edodes* (Berk.) Pegl.) як добавки до ґрунту за вирощування лохини 87 **Ravlikovsky A., Symochko L., Demyanyuk O.**  
Possibilities of re-use of spent shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) mushroom substrate as an additive to the soil for blueberry growing
- Левішко А.С., Гуменюк І.І., Ткач Є.Д., Терновий Ю.В., Кравчук Ю.А.**  
Ефективність комплексного мікробного препарату для вирощування вівса та ячменю ярого 96 **Levishko A., Gumeniuk I., Tkach Ye., Ternovyi Yu., Kravchuk Yu.**  
Effectiveness of a complex microbial preparation for oats and spring barley growing

<b>Безноско І.В., Гаврилюк Л.В., Мудрак В.О.</b> Формування фітопатогенного мікробіо- му як чинника біологічного забруднення агроценозів вівса	104	<b>Beznosko I., Havryliuk L., Mudrak V.</b> The formation of a phytopathogenic micro- biome as a factor of biological pollution of agrocoenoses of vivas
<b>Фоменко О.О.</b> Оцінка хімічних препаратів для захисту яблуні від шкідників за екотоксикологіч- ними показниками	116	<b>Fomenko O.</b> Evaluation of chemical preparations for apple tree protection against pests according to ecotoxicological indicators
<b>Забарний О.С.</b> Вплив норм висіву на формування про- дуктивності агроценозів ріпаку озимого ( <i>Brassica napus</i> L. Oleifera)	128	<b>Zabarnyi O.</b> Influence of seeding rates on the formation of productivity of winter rape agrocoenoses ( <i>Brassica napus</i> L. Oleifera)
<b>Маєвський О.Є., Мудрак О.В., Парфенюк А.І., Ткач Є.Д., Тертична О.В.</b> Структурні зміни в стінці тонкої кишки щурів за умов дії отрути гадюки ніколь- ського ( <i>Vipera berus nikolskii</i> )	136	<b>Maievskiy O., Mudrak O., Parfenyuk A., Tkach Ye., Tertychna O.</b> Structural changes in the wall of the small in- testine of rats under the conditions of action of Nikolsky's viper ( <i>Vipera berus nikolskii</i> ) poison
<b>Рильський О.Ф., Петруша Ю.Ю., Домбровський К.О., Охріменко С.Г.</b> Вплив гумінових та фульвових кислот на живі організми та перспективи їх засто- сування	143	<b>Rylskiy O., Petrusha Yu., Dombrovskiy K., Okhrimenko S.</b> Influence of humic and fulvic acids on living organisms and prospects for their applica- tion
<b>Центило Л.В., Стецюк І.М.</b> «Цвітіння» води ціанобактеріями як еко- логічна небезпека водойм	154	<b>Tsentylo L., Stetsiuk I.</b> Cyanobacterial water blooms as an environ- mental hazard to waters
<b>Реферати</b>	164	<b>Abstract</b>
<b>Відомості про авторів</b>	172	<b>Information about the authors</b>
<b>Правила для авторів</b>	175	<b>Rules for the authors</b>

## ПРОБЛЕМИ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Н.В. Палапа<sup>1</sup>, О.М. Нагорнюк<sup>1</sup>, Р.М. Гулінчук<sup>1</sup>,  
О.В. Устименко<sup>2</sup>, О.В. Гурманчук<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: palapa60@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3748-6414  
e-mail: onagornuk@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6694-9142  
e-mail: rgulinchuk@hotmail.com; ORCID: 0000-0003-2205-8716

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

<sup>3</sup>Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)  
e-mail: gurtmanchuka@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9663-1514

Україна володіє різними сприятливими передумовами розвитку сільських територій, тому потенційно спроможна стати державою з пріоритетним розвитком аграрної сфери й одним з основних постачальників на світові ринки екологічно безпечної продовольчої продукції. Однак, проблема невідповідності рівня розвитку українського аграрного сектору й сільських територій загалом світовому рівню та стандартам країн ЄС, залишається нерозв'язаною. Конкурентоспроможність вітчизняної сільськогосподарської продукції досягається переважно за рахунок дешевої робочої сили і нещадної експлуатації землі. У статті проаналізовано соціально-економічний та екологічний стан сільських територій України й встановлено, що наразі сільські території знаходяться в катастрофічному стані. Відбувається погіршення умов природних ресурсів та екологічної ситуації, прийшли в занепад інженерна й соціальна інфраструктури, система соціальних послуг та сфера побуту, знижується людський потенціал, процвітає безробіття й бідність, що стимулює трудову міграцію. Відсутність роботи, медичного обслуговування, соціального та інфраструктурного забезпечення не спонукає сільське молоді активно народжувати дітей, у результаті чого сільське населення старіє дуже швидкими темпами, не відбувається простого заміщення населення, смертність переважає над народжуваністю. Тривалість життя населення у тій чи іншій країні — це саме той показник, що характеризує добробут. Порівняно з країнами Євросоюзу, в Україні очікувана тривалість життя станом на 2020 р. у чоловіків та жінок у середньому менша відповідно на 3,6–14,4 роки та 1,3–9,3 роки. За 32 роки незалежності Україна, як держава, не зробила нічого, щоб покращити умови проживання сільського населення, зупинити міраційні процеси та природне скорочення населення взагалі, а особливо сільського. Результатом такого недержавницького ставлення держави Україна до сільських територій стало зникнення з мапи нашої країни за цей період 435 сільських населених пунктів. Першочергове розв'язання соціальних та інфраструктурних проблем сільського населення є одним з основних умов продовольчої безпеки України, її економічного та соціального благополуччя і тому має стати для держави Україна пріоритетним напрямом.

**Ключові слова:** соціальний, економічний, екологічний стан; господарства населення; проблема якісного харчування; переважання смертності над народжуваністю; міграційне скорочення; тривалість життя; зникнення сіл.

### ВСТУП

Загальновідомо, що сільські території як в соціальному, так економічному житті України займають особливе місце. Вели-

ку значимість сільських територій важко переоцінити. Їх винятковий внесок полягає у нарощуванні експортного потенціалу сільськогосподарської продукції та формуванні основ продовольчої безпеки країни. Ці та інші чинники мають робити розви-



ток сільських територій одним з основних пріоритетів державної політики України, спрямованої на підвищення стандартів життя сільського населення, зростання ефективності функціонування агропромислового комплексу, покращання стану навколишнього середовища й соціальних умов та якості проживання населення на сільських територіях. Однак державна політика спрямована не на розвиток села і поліпшення умов проживання сільського населення, а на розвиток агропромислового комплексу.

Соціально-економічний та екологічний стан сільських територій, а також занепад українського села є полем публічних дискусій для різного напрямку науковців, громадських діячів та організацій, і, особливо, політиків, котрі перед кожними виборами усі хором, як один, клянуться і обіцяють відродити українське село. Однак українське село як занепадало, так і надалі продовжує занепадати.

За даними Державної служби статистики України, у сільській місцевості станом на 1990 р. мешкало близько третини українців (16,9 млн), але за роки незалежності селян поменшало більше, ніж на чверть (12,6 млн), що становило 25,4%, тоді як чисельність мешканців міст за цей період знизилася на 16,9% (від 34,9 млн до 29,0 млн). Однак обіцянки чиновників відродити українське село — це просто популізм. Ураховуючи соціально-економічні проблеми села, реалістичної програми порятунку українського села до цього часу немає: депопуляція триватиме й надалі, їхня інфраструктура занепадатиме, села зникатимуть.

На рівень продовольчої, екологічної та економічної безпеки країни безпосередньо впливає сталий соціально-економічний розвиток сільських територій, що, своєю чергою, залежить не тільки від ефективності функціонування розміщених на цих територіях агропромислових підприємств, але й, насамперед, від державної політики щодо розвитку сільських територій.

**Мета:** висвітлено соціальні, екологічні й економічні проблеми, притаманні сіль-

ським територіям України та здійснено порівняльну оцінку з сільськими територіями європейських країн.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Глобальні політичні виклики, процеси євроінтеграції і децентралізації в Україні стали основою для економічних перетворень розвитку сільських територій, які під час системної трансформації, незважаючи на багаті природні ресурси, опинилися в кризовому соціально-економічному стані, при якому знизився рівень добробуту та якість життя селян. Такий розвиток передбачає відродження усіх сфер життєдіяльності села, і передусім аграрного сектору економіки, а найголовніше — селянства та сільських територій.

Відповідно до міжнародних тенденцій економічні й соціальні зміни, насамперед, повинні відповідати збалансованому розвитку та задоволенню суспільних потреб. Функціонування сільських територій на засадах збалансованого розвитку є принциповою умовою, прописаною в європейських інституціях та нормативно-правових документах України [1].

Вивченню проблем та розвитку сільських територій присвячено праці багатьох теоретиків, практиків, науковців. Наприклад, Мазур С.А. у статті «Інфраструктурне забезпечення розвитку сільських територій» [2] вказує на проблеми розвитку сільських територій як одного із пріоритетів сучасності: розглядає актуальні питання інфраструктурного забезпечення розвитку сільських територій, аналізує забезпечення необхідними послугами територій у розрізі регіонів України. Загострює увагу на проблемі депопуляції сільського населення, зростанні рівня безробіття, зниженні рівня обслуговування сільського населення, катастрофічно низького рівня забезпечення сільських територій транспортом, дорогами з твердим покриттям, школами та об'єктами соціально-культурного призначення.

Мазур А.Г., Дмитрик О.В. у статті «Господарства населення як економічна категорія та суб'єкт облаштування сільських

територій» [3] розглядають питання ролі, місця та значення господарств населення як основної форми господарювання на селі й обґрунтовують можливості участі домогосподарств у майбутній моделі розвитку аграрної економіки.

Авторами Кравчук Н.І., Кільницька О.С., Лавриненко С.О., Яремова М.І. у роботі «Інфраструктурне забезпечення соціально-економічного розвитку сільських територій України» [4] з'ясовано сучасний стан соціально-економічного розвитку сільських територій України та виявлено його взаємозалежність з інфраструктурним забезпеченням; охарактеризовано рівень розвитку транспортної, житлово-комунальної, медичної, культурно-освітньої, торгівельної, підприємницької інфраструктури; висвітлено досвід стимулювання розвитку сільських територій у країнах ЄС, зокрема окреслено фінансові інструменти та обсяг підтримки й всебічного сприяння сільському бізнесу, охороні навколишнього середовища, конкурентоспроможності та соціальної інтеграції.

У праці Калетніка Г.М. та Мазура А.Г. «Науково-теоретичні засади формування та розвитку людського капіталу в сільських територіях» [5] розглядається еволюція економічної категорії «людський капітал» з орієнтацією її змісту на сільські території і сільський розвиток. Наголошується, що сучасний розвиток людського капіталу села вказує на необхідність його державної підтримки у формуванні, нагромадженні та використанні.

Борщевський В.В., Притула Х.М. у науковій праці «Розвиток сільських територій в контексті реалізації євроінтеграційної політики України» [6] розкривають пріоритети та особливості реалізації європейської політики сільського розвитку та окреслюють шляхи розвитку вітчизняної політики в напрямі досягнення європейських стандартів розвитку сільських територій.

Зокрема Бочко О.Ю. у своїй праці «Дослідження розвитку сільських територій Закарпатської області в умовах євроінтеграційних процесів» [7] наголосила на особливостях розвитку сільських

територій Закарпатської обл., обґрунтувала фундаментальні трансформаційні перетворення та нові шляхи розвитку, пов'язані з реалізацією реформи децентралізації в умовах євроінтеграційних процесів.

Талавира М.П., Горай А.О. у роботі «Розвиток сільських територій в умовах децентралізації» [8] обґрунтували заходи та розробили науково-практичні рекомендації щодо розвитку сільських територій в умовах децентралізації. Тимошенко М.М. у статті «Теоретичні засади розвитку соціальної інфраструктури сільських територій» [9] вказує на необхідність розвитку соціальної інфраструктури сільських територій. У тому самому напрямі проведені дослідження Гнибіденко І.Ф., які висвітлені у його науковій праці «Сільська соціальна інфраструктура: аспекти розвитку та зайнятості населення» [10]. Вчений також доводить необхідність розвитку сільської соціальної інфраструктури, проте більшу увагу акцентує на аспектах зайнятості сільського населення.

Отже, підвищення ролі сільських територій у здійсненні стратегічних соціально-економічних перетворень вимагає застосування комплексного інтегрального підходу до розвитку села як соціально-територіальної підсистеми суспільства, що виконує цілу низку найважливіших народногосподарських функцій.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженнях використано методичний інструментарій, що включає економіко-статистичний метод, порівняльний аналіз, синтез, узагальнення та метод експертних оцінок.

На основі аналізу наукових джерел систематизовано сучасні погляди на розвиток сільських територій в Україні, проаналізовано сучасний соціально-економічний та екологічний стан сільських територій в Україні; визначено проблеми, які виникають у зв'язку з погіршенням умов проживання сільського населення й проведено порівняння з країнами Європи. З використанням статистичних даних Державної

служби статистики України та Євростату досліджено середню очікувану тривалість життя чоловіків та жінок, а також середній коефіцієнт народжуваності в Україні та країнах Євросоюзу.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сільська територія виступає як одна з найважливіших компонентів регіональної соціально-економічної системи і виконує такі народногосподарські функції:

- виробничу (забезпечення суспільства продовольством та інші галузі економіки країни сільськогосподарською сировиною);
- демографічну (відтворення сільського населення та сільських територій загалом, забезпечення аграрної галузі трудовими ресурсами, значним людським капіталом);
- соціальну (збереження сільського укладу, сільських громад, сільського способу життя);
- культурно-етнічну (збереження культурної та духовної спадщини українського народу – мови, самобутньої національної культури, народних традицій, звичаїв, обрядів, фольклору та ін.);
- природоохоронну або ще як її часто називають екологічну (підтримання екологічної рівноваги в аграрних регіонах та на усій території України, утримання заповідників, заказників, парків, ландшафтів);
- просторово-комунікаційну (надання просторового базису для розміщення виробництв і обслуговування доріг, ліній електропередач, зв'язку, водопроводів та інших інженерних комунікацій);
- рекреаційну (створення умов для відпочинку, відновлення духовних і фізичних сил як сільського, так і міського населення);
- моральну (збереження і зміцнення морального потенціалу, духовного багатства і здоров'я суспільства, виховання патріотизму);
- соціального контролю над територією (сприяння сільським населенням дер-

жавним органам у забезпеченні громадського порядку й безпеки у поселеннях та територіях).

Незважаючи на те, що сільські території України виконують надважливу функцію – забезпечення держави харчовими продуктами, переважна більшість із них характеризується низьким соціально-економічним розвитком, адже основним видом зайнятості сільського населення є агро-сфера, якій притаманні сезонний характер виробництва, великий ступінь безробіття, несприятлива демографічна ситуація, значний рівень міграції сільського населення, низька забезпеченість медичними та освітніми закладами. На відміну від інших країн, де політика розвитку сільських територій активно розвивається й удосконалюється, в Україні вона знаходиться на етапі становлення.

Реформування аграрного сектору економіки не принесло простим селянам очікуваного підвищення добробуту. Сьогодні сільські території знаходяться в катастрофічному стані: відбувається погіршення стану природних ресурсів та екологічної ситуації, прийшли в занепад інженерна та соціальна інфраструктура, система соціальних послуг (медицина, культура, дошкільна освіта) й сфера побуту, знижується людський потенціал, процвітає безробіття та бідність, що стимулює трудову міграцію. Економічно активне сільське населення, особливо молодь, у пошуках кращих умов життя мігрує у міста й за кордон.

Згідно з даними Державної служби статистики України [11], рівень оплати праці в сільському господарстві залишається одним з найнижчих серед інших галузей економіки (80% від середньої по економіці). До того ж, офіційно працевлаштовані в сільському, лісовому та рибному господарстві тільки 497,8 тис. осіб, преважує зайнятість в особистих селянських господарствах. Грошові доходи сільських домогосподарств, з яких 39,5% становлять соціальні виплати, в розрахунку на члена домогосподарства – на чверть нижчі, ніж міських, частка доходів від особистого селянського господарства постійно зни-

жується, 23% сільських домогосподарств мають середньодушові грошові доходи, нижчі за прожитковий мінімум (10,2% — у містах). Серед мешканців сільської місцевості рівень бідності в 1,7 раза вищий, ніж у містах як за відносним, так і абсолютним показниками. За умовами життя 39% сільських домогосподарств є бідними, у міських поселеннях таких домогосподарств налічується 19%.

Проведеними багаторічними дослідженнями в Інституті агроекології і природокористування НААН встановлено, що крім соціально-економічних проблем, притаманних сільським територіям, невід’ємними також є екологічні проблеми, які стосуються безпосередньо сільського населення. Наприклад, проблема харчування людей у сільській місцевості полягає в тому, що вони в переважній більшості використовують в їжу продукцію, вирощену на власних присадибних ділянках (овочі, фрукти, молоко, м’ясо), а також зібрану та впольовану в лісі (гриби, ягоди, дикі звірі і птахи). І якщо населений пункт розташований у зоні будь-якого джерела забруднення (чи поблизу нього), існує висока ймовірність того, що разом із продукцією в організм людини надходить значна кількість забруднювальних речовин, які негативно впливають на стан здоров’я сільського населення. Крім того, показники екологічного стану сільських селітебних територій не відповідають санітарним нормам і правилам. Насамперед, це зумовлено невеликими площами особистих господарств населення, переважністю території свійськими тваринами і птицею, недотриманням санітарних та гігієнічних вимог сільських поселень. Так, наприклад, у більшості особистих господарств гноярки, вбиральні, компостні ями та сміттєзбірники розташовані в безпосередній близькості до джерела водопостачання, що не відповідає мінімальним санітарно-захисним розривам для господарських забудов, передбачених Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів (2018) [12], і, безсумнівно, впливає на якісні й санітарно-

гігієнічні показники питної води. Майже в усіх господарствах без спеціальних загонів утримують курей, гусей, індиків, іноді кіз і навіть коней. Результатом такої технології утримання свійських тварин і птиці є забруднення системи «грунти — води — люди» не тільки нітратами, але й патогенними мікроорганізмами [13].

Вміст фосфору та калію у ґрунтах сільських селітебних територій вимірюється в межах 98–5375 і 48–2584 мг/кг ґрунту відповідно. Максимальні значення цих поживних елементів перевищують нормативні показники майже у 27 і 14 разів відповідно, а частка ґрунтів із перевищенням максимальних величин нормативних показників становить — від 67% для фосфору та від 55% для калію. Такі високі значення наведених показників зафіксували на тих селітебних територіях, де власники садиб для удобрення сільськогосподарських культур застосовували як органічні, так і мінеральні добрива у дозах, що значно перевищують оптимальні. Водночас слід відмітити, що ґрунти сільських селітебних територій недостатньо забезпечені азотом, уміст якого є на низькому та середньому рівні забезпеченості ґрунтів цим поживним елементом, що потребує додаткового його внесення в оптимальних дозах із мінеральними добривами для удобрення сільськогосподарських культур [14].

Унаслідок ущільнення площ під забудову й відсутності плануально-будівельного регулювання відносин щодо забезпечення якості та безпеки питної колодязної води, існує загроза мікробіологічного забруднення. Регулятивні документи з якості питної води та гарантії її безпеки спрямовано на запобігання забрудненню води від вбиралень, вигрібних ям, гноярок шляхом встановлення безпечної відстані (ДСНіП, 2018). Недотримання санітарних норм, гігієнічних та будівельних правил значно підвищують ризик бактеріологічного забруднення колодязів громадського і приватного користування.

Крім мікробіологічного забруднення питної води, існує небезпека хімічного забруднення її нітратами. Проблема остан-

нього виникла внаслідок забруднення ґрунтів токсичними речовинами через нерациональне застосування органічних і мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин та порушення правил гігієни і санітарії місць життєдіяльності людини. Отримані нами результати лабораторних досліджень питної води підтверджують наявність такої проблеми. Вміст нітратів у колодязній воді подекуди сягає 10–28 ГДК. Від 36 до 58% криниць, якими користуються мешканці сільських населених пунктів, не відповідають стандартам якості щодо вмісту нітратів у питній воді, що впливає на стан здоров'я населення. Найбільша небезпека підвищеного вмісту нітратів в організмі людини полягає в здатності нітратів під впливом відновників в організмі перетворюватись у нітрити, які беруть участь у реакції нітрозуювання амінів і амідів з утворенням нітрозосполук, що мають канцерогенну та мутагенну дію [15–17].

Якість сільськогосподарської продукції, вирощеної в особистих господарствах населення, також не відповідає санітарно-

гігієнічним вимогам щодо забруднення нітратами і важкими металами. Відомо, що ґрунти сільських селітебних територій є мало обстеженими, а щодо якості сільськогосподарської продукції, вирощеної на цих територіях, — ще менше відомостей. Однак результати наших багаторічних досліджень свідчать, що часто ґрунти саме таких територій містять широкий спектр забруднювачів, а, відповідно, і продукція, вирощена на них, забруднена різними токсикантами [18]. Було встановлено, що власники присадибних земельних ділянок, особливо люди похилого віку, для захисту сільськогосподарських культур від шкідників і хвороб використовують пестициди II–III класів токсичності, не знаючи механізму їх дії та за яких хвороб сільськогосподарських культур і поширеності шкідників їх варто застосовувати.

Отже, сільські території України мають цілу низку економічних, соціальних та екологічних проблем, у результаті чого переважає смертність над народжуваністю та посилюються міграційні процеси (табл. 1).

Таблиця 1. Загальні коефіцієнти приросту (скорочення) чисельності населення за типом місцевості (на 10 000 осіб наявного населення)

Роки	Загальний приріст (скорочення)	У т. ч.	
		природний приріст (скорочення)	міграційний приріст (скорочення)
<i>Міське населення</i>			
1991	60,2	10,9	53,3
1995	–100,4	–48,1	–48,9
2000	–116,7	–66,1	–56,2
2005	–41,2	–58,6	17,4
2010	–26,4	–33,2	6,8
2015*	–21,2	–28,1	6,9
2020*	–60,6	–72,3	11,7
2021*	–93,1	–108,0	15,4
<i>Сільське населення</i>			
1991	–59,2	–46,0	–21,7
1995	–48,5	–79,5	23,7
2000	–74,7	–96,0	32,9
2005	–144,9	–111,2	–33,7
2010	–70,4	–66,7	–3,7
2015*	–57,0	–67,1	10,1
2020*	–104,3	–96,6	–7,7
2021*	–121,7	–117,7	–4,9

Примітка: сформовано авторами на основі [11]; \* — без тимчасово окупованого Криму та частини окупованих територій Донецької і Луганської обл.

За даними Державної служби статистики України тільки станом на 1991 р. як у сільських, так і міських поселеннях природний приріст був позитивний та міграційний приріст мав максимальні значення. Починаючи з 1995 р., природний приріст, а насправді скорочення населення України, проходить катастрофічними темпами.

І станом на 2021 р. коефіцієнти природного приросту сільського населення сягають (-117,7), а міського (-108) на 10000 осіб наявного населення. Міграційне скорочення міського населення спостерігалося тільки у 1995 та 2000 рр., у той час як сільське населення, шукаючи кращої долі, мігрувало у міста й за кордон у 1991, 2005, 2010, 2020, і 2021 рр. Як ми бачимо, усі ці негаразди зумовлюють до демографічних проблем як загалом по Україні, так і на сільських територіях зокрема. Відсутність роботи, медичного обслуговування, відсутність соціальних та матеріальних благ не спонукає сільську молодь активно народжувати дітей (табл. 2).

За умов низької смертності для простого заміщення поколінь сумарний коефіцієнт народжуваності має бути не нижчим за 2,15.

За умов низької смертності для простого заміщення поколінь сумарний коефіцієнт народжуваності має бути не нижчим за 2,15. Сумарний коефіцієнт народжуваності вищий за 4,0 вважається високим, а нижчий за 2,15 низьким [19].

Як видно з табл. 2, тільки у 1991 р. сумарний коефіцієнт народжуваності був на

рівні простого заміщення поколінь, після чого став знижуватися. З 2005 по 2010 рр. він істотно зріс, а у проміжку між 2010 і 2015 рр. знову знизився. У 2020–2021 рр. — найнижчий сумарний коефіцієнт народжуваності на що, звичайно, вплинула пандемія коронавірусу Covid-19. В українських містах ще гірша ситуація. Якщо зробити порівняння з країнами Європи, то у них така сама ситуація. Населення Європи старіє, а просте заміщення поколінь не відбувається (табл. 3).

Однією із основних проблем збалансованого розвитку сільських територій як в Україні, так і в європейських країнах є процес депопуляції сільського населення внаслідок пошуку кращих умов для життєдіяльності та працевлаштування. Країни ЄС вирішують це питання шляхом поліпшення інфраструктури та освіти, культури, створення нових можливостей для проведення дозвілля й розвитку спорту, а також шляхом сприяння розвитку малого бізнесу та аграрного, зокрема завдяки державній і місцевій підтримці, а також інвестуванню. Тобто держава намагається створити більш привабливі умови для проживання населення на сільських територіях.

Ще у минулому столітті ЄС приділив належну увагу цим проблемам, і ціла низка урядових постанов та проєктів набрала чинності, де поєднання розвитку аграрного виробництва та соціально-культурної складової були основними пріоритетами для забезпечення збалансованого розвитку сільських територій.

Таблиця 2. Сумарний коефіцієнт народжуваності за типом місцевості (на 1 жінку)

Роки	Усього	Міська місцевість	Сільська місцевість
1991	1,776	1,598	2,286
1995	1,398	1,214	1,875
2000	1,116	0,965	1,510
2005	1,213	1,120	1,460
2010	1,443	1,308	1,770
2015*	1,506	1,388	1,710
2020*	1,217	1,133	1,355
2021*	1,160	1,083	1,288

Примітка: сформовано авторами на основі [11]; \* — без тимчасово окупованого Криму та частини окупованих територій Донецької і Луганської обл.



Таблиця 3. Сумарний коефіцієнт народжуваності (кількість дітей, народжених у середньому однією жінкою)

Країна	Роки			Країна	Роки		
	2010	2015	2020		2010	2015	2020
Україна	1,44	1,51*	1,22*	Мальта	1,36	1,37	1,13
Австрія	1,44	1,49	1,44	Нідерланди	1,79	1,66	1,54
Бельгія	1,86	1,70	1,55	Німеччина	1,39	1,50	1,53
Болгарія	1,57	1,53	1,56	Польща	1,41	1,32	1,39
Греція	1,48	1,33	1,39	Португалія	1,39	1,31	1,41
Данія	1,87	1,71	1,68	Румунія	1,59	1,62	1,80
Естонія	1,72	1,58	1,58	Словаччина	1,43	1,40	1,59
Ірландія	2,05	1,85	1,63	Словенія	1,57	1,57	1,59
Іспанія	1,37	1,33	1,19	Угорщина	1,25	1,45	1,59
Італія	1,46	1,35	1,24	Фінляндія	1,87	1,65	1,37
Кіпр	1,44	1,32	1,36	Франція	2,03	1,96	1,83
Латвія	1,36	1,70	1,55	Хорватія	1,55	1,40	1,48
Литва	1,50	1,70	1,48	Чехія	1,51	1,57	1,71
Люксембург	1,63	1,47	1,36	Швеція	1,98	1,85	1,67

Примітка: сформовано авторами на основі [11]; \* – без тимчасово окупованого Криму та частини окупованих територій Донецької і Луганської обл.

Головними пріоритетами політики ЄС стали питання з вирішення проблем сільської міграції, боротьби з бідністю, розширення зайнятості населення, забезпечення рівності, можливостей і задоволення потреб населення, покращання якості життя, можливості для розвитку особистості, поліпшення сільського благополуччя. Так, між міськими і сільськими територіями було досягнуто більш врівноважений баланс бюджетних витрат, капіталовкладень в інфраструктуру, збільшення фінансування програм економічного розвитку сільських територій.

Розвиток сільських територій у європейських країнах також пережив кризу, подібну до сільських територій України. Однак, на відміну від нас, вони вчасно змогли правильно визначити проблемну ситуацію і її чинники, а вже потім розробили механізм поліпшення збалансованості розвитку села. Європейськими країнами було чітко визначено такі підходи до розвитку сільських територій: зрозуміле окреслення поняття сільської території; право сільських жителів на доступ до сільських благ; рівні соціальні права сільських та міських жителів; орієнтація на багатофункціональний

розвиток села; зміна суспільних функцій села [20].

Одним із показників, що характеризує добробут населення тієї чи іншої країни є тривалість життя її мешканців (табл. 4). В Україні середня очікувана тривалість життя станом на 2020 р. становила 66,4 роки у чоловіків та 76,2 роки – у жінок, що в середньому на 3,6–14,4 роки у чоловіків та 1,3–9,3 роки у жінок менше порівняно з країнами Євросоюзу.

За роки незалежності Україна, як держава, не зробила нічого, щоб поліпшити умови проживання сільського населення, зупинити міграційні процеси та природне скорочення населення взагалі, а особливо сільського. Результатом такого недержавницького ставлення держави Україна до сільських територій стало зникнення з мапи нашої країни за роки незалежності 435 сільських населених пунктів і це лише офіційна статистика, а насправді їх набагато більше (табл. 5).

В Україні сільські території традиційно пов'язують з агровиробництвом, на відміну від країн ЄС, які характеризуються інтегрованим сільським розвитком, що відображає комплексні зв'язки і взаємодії

Таблиця 4. Середня очікувана тривалість життя чоловіків і жінок в Україні та країнах Євросоюзу (роки)

Країна	Чоловіки			Жінки		
	2010 р.	2015 р.	2020 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
Україна	65,3	66,4	66,4	73,5	76,3	76,2
Австрія	77,8	78,8	78,9	83,5	87,3	83,6
Бельгія	77,5	78,7	78,5	83,0	83,4	83,0
Болгарія	70,3	71,2	70,0	77,4	78,2	77,5
Греція	78,0	78,5	78,8	83,3	83,7	83,9
Данія	77,2	78,8	79,7	81,4	82,7	83,6
Естонія	70,9	73,2	74,4	80,8	82,2	83,0
Ірландія	78,5	79,6	80,8	83,1	83,4	84,4
Іспанія	79,2	80,1	79,6	85,5	85,7	85,2
Італія	79,5	80,3	80,0	84,7	84,9	84,5
Кіпр	79,2	79,9	80,4	83,9	83,7	84,4
Латвія	67,9	69,7	70,6	78,0	79,5	80,0
Литва	67,6	69,2	70,1	78,9	79,7	80,1
Люксембург	77,9	80,0	79,9	83,5	84,7	84,5
Мальта	79,3	79,8	80,3	83,6	84,1	84,5
Нідерланди	78,9	79,9	79,7	83,0	83,2	83,1
Німеччина	78,0	78,3	78,7	83,0	83,1	83,5
Польща	72,2	73,5	72,5	80,7	81,6	80,7
Португалія	76,8	78,1	78,0	83,2	84,3	84,4
Румунія	70,0	71,4	70,4	77,7	78,6	78,3
Словаччина	71,8	73,1	73,5	79,3	80,2	80,4
Словенія	76,4	77,8	77,8	83,1	83,9	83,4
Угорщина	70,7	72,3	72,3	78,6	79,0	79,0
Фінляндія	76,9	78,7	79,2	83,5	84,4	84,8
Франція	78,2	79,2	79,2	85,3	85,6	85,3
Хорватія	73,4	74,4	74,7	79,9	80,5	80,9
Чехія	74,5	75,7	75,3	80,9	81,6	81,3
Швеція	79,6	80,4	80,6	83,6	84,1	84,2

Примітка: сформовано авторами на основі [11]; \* – без тимчасово окупованого Криму та частини окупованих територій Донецької і Луганської обл.

Таблиця 5. Кількість адміністративно-територіальних одиниць, 1990–2022 рр.

Роки	Міста		Селища міського типу	Сільські населені пункти
	усього	у т. ч. республ. та обласного значення		
1990	436	145	927	28804
1995	445	165	909	28864
2000	448	170	894	28739
2005	456	178	886	28585
2010	459	179	885	28471
2015*	460	184	885	28388
2020*	461	189	882	28372
2022*	461	—	881	28369

Примітка: сформовано авторами на основі [11]; \* – без тимчасово окупованого Криму та частини окупованих територій Донецької і Луганської обл.



сільських економік. З огляду на загально-світові тенденції потрібно враховувати те, що концепція сільського розвитку є набагато ширшою порівняно з концепцією аграрного розвитку.

Сільські території є невід'ємною частиною успішної економіки України як аграрної держави. Саме тому підтримка мешканців сільської місцевості та сприяння розвитку сіл для державних і місцевих органів в обов'язковому порядку має стати пріоритетом. Щоб відродити колишній потенціал села, ініціатив представників великого та малого бізнесу недостатньо — необхідна державна підтримка й чітко визначена стратегія розвитку на коротко- та довгостроковий період.

Розвиток сільських територій починається з кожного, хто на ній проживає, його внеску, з розширення діяльності малого та середнього бізнесу, який не лише приносить прибутки, а й працюватиме для людей. Враховуючи особливості сільських територій, їх унікальний потенціал, наявні ресурси, раціональність їх використання можна сподіватись на залучення вітчизняних і закордонних інвесторів, виробників та іноземних донорів.

## ВИСНОВКИ

За результатами опрацьованого матеріалу та вивченого досвіду європейських країн із метою розвитку сільських територій в Україні потрібно:

- розробити комплекс регіональних програм розвитку сільських територій з урахуванням природно-географічних особ-

ливостей та існуючого стану сільських територій;

- державну політику зосередити не на розвитку аграрного комплексу, а на розвитку саме сільських територій, на розвитку людського капіталу, який є основою функціонування села та основною робочою силою;
- забезпечити проведення постійного моніторингу щодо соціального, економічного та екологічного стану сільських територій;
- сприяти обміну досвідом щодо розвитку сільських територій із країнами Європи та іншими розвиненими країнами світу.

Розвиток сільських територій в Україні, як і спільна аграрна політика Європейського Союзу, має здійснюватися відповідно з визначеними стратегічними напрямками, в яких окреслено пріоритетні цілі ЄС щодо розвитку сільського господарства та сільських територій, а саме: створення конкурентної економіки, досягнення цілковитого рівня працевлаштування, модернізація систем соціального забезпечення і соціальних гарантій.

Водночас, прагнення України до інтеграції в європейське співтовариство потребує формування та поглиблення розвитку сільських територій. Без цього наша держава не зможе успішно конкурувати з економіками розвинених країн світу, в яких рівень життя сільського і міського населення максимально наближені та значно переважають аналогічні вітчизняні показники.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Беженар І.М., Мамчур В.А., Малік Л.М. та ін. Теорія сутності дефініції «сільські території». *Економіка АПК*. 2021. № 12. С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202112045>.
2. Мазур С.А. Інфраструктурне забезпечення розвитку сільських територій. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 3. С. 96–105. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3542.pdf>.
3. Мазур А.Г., Дмитрик О.В. Господарства населення як економічна категорія та суб'єкт облаштування сільських територій. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 11. С. 7–20. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3392.pdf>.
4. Кравчук Н.І., Кільницька О.С., Лавриненко С.О., Яремова М.І. Інфраструктурне забезпечення соціально-економічного розвитку сільських територій України. *Наукові горизонти*. 2021. Т. 24. № 10. С. 58–71. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(10\)](https://doi.org/10.48077/scihor.24(10)). URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-24-10-2021/infrastrukturne-zabezpechennya-sotsialno-ekonomichnogo-rozvitku-silskikh-teritoriy-ukrayini>.
5. Калетник Г.М., Мазур А.Г. Науково-теоретичні засади формування та розвитку людського капі-

- талу в сільських територіях. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 10. С. 7–25. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3379.pdf>.
6. Боршевський В.В., Притула Х.М. Розвиток сільських територій в контексті реалізації євроінтеграційної політики України. *Проблеми розвитку внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: региональный аспект*. 2013. № 1. С. 56–60. URL: <http://jpfprd.donnu.edu.ua/article/view/1820/1853>.
  7. Бочко О.Ю. Дослідження розвитку сільських територій Закарпатської області в умовах євроінтеграційних процесів. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2022. № 7 (296). С. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2022-7-296-17-22>. URL: <http://nvisnik.oneu.edu.ua/archive.php>.
  8. Талавира М.П., Горай А.О. Розвиток сільських територій в умовах децентралізації. *Економіка АПК*. 2018. № 11. С. 75–79. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201811075>. URL: [http://eaprk.org.ua/sites/default/files/eaprk/2018/11/eaprk\\_2018\\_11\\_p\\_75\\_79.pdf](http://eaprk.org.ua/sites/default/files/eaprk/2018/11/eaprk_2018_11_p_75_79.pdf).
  9. Тимошенко М.М. Теоретичні засади розвитку соціальної інфраструктури сільських територій. *Ефективна економіка*. 2014. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3501>.
  10. Гнибіденко І.Ф. Сільська соціальна інфраструктура: аспекти розвитку та зайнятості населення. Київ: РВПС України НАН України. 2003. 54 с.
  11. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
  12. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: наказ МОЗ від 18.05.2018 р. № 952. URL: [https://jurliga.ligazakon.net/news/184622\\_onovleno-santam-pravila-zabudovi-naselenikh-punktiv](https://jurliga.ligazakon.net/news/184622_onovleno-santam-pravila-zabudovi-naselenikh-punktiv).
  13. Палапа Н.В., Сігалова І.О., Устименко О.В. Екологічна оцінка сільських селітебних територій. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220163>.
  14. Палапа Н.В. Оцінка стану сільських селітебних територій за агроекологічним станом ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 93. С. 234–240.
  15. Палапа Н.В., Білотіл В.Ю., Гончар С.М. Сільські території України: сучасний стан, проблеми, шляхи розв'язання. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278539>.
  16. Палапа Н.В. Забруднення питної води сільських селітебних територій та заходи з покращення її якості. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 3. С. 43–45.
  17. Палапа Н.В., Колесник Ю.П. Вміст нітратів у основних компонентах селітебних агроєкосистем. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 3. С. 50–52.
  18. Палапа Н.В. Оцінка стану сільських селітебних територій за якістю рослинної продукції. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 127–133.
  19. Сумарний коефіцієнт народжуваності. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BA%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82\\_%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96#:~:tex t=%](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96#:~:tex t=%)
  20. Палапа Н.В., Дем'янюк О.С., Кічігіна О.О. та ін. Концепція збалансованого розвитку сільських територій України з урахуванням досвіду європейських країн: наук. вид. Київ: Вид-во ТОВ «ДІА». 2020. 20 с.

## REFERENCES

1. Bezhenar, I.M., Mamchur, V.A., Malik, L.M. et al. (2021). Teoriia sutnosti definitsii «silski terytorii» [Theory of the essence of the definition «rural territories»]. *Ekonomika APK — Agricultural Economics*, (12), 45–54. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202112045> [in Ukrainian].
2. Mazur, S.A. (2017). Infrastrukturne zabezpechennia rozvytku silskykh terytorii [Infrastructure support for the development of rural territories]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky — Economics. Finance. Management: current issues of science and practice*, 3, 96–105. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3542.pdf> [in Ukrainian].
3. Mazur, A.G. & Dmytryk, O.V. (2016). Hospodarstva naselennia yak ekonomichna katehoriia ta sub'iekt oblashtuvannia silskykh terytorii [Households as an economic category and subject of rural territories arrangement]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky — Economics. Finance. Management: current issues of science and practice*, 11, 7–20. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3392.pdf> [in Ukrainian].
4. Kravchuk, N.I., Kilnitska, O.S., Lavrynenko, S.O. & Yaremova, M.I. (2021). Infrastrukturne zabezpechennia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku silskykh terytorii Ukrainy [Infrastructure support for the socio-economic development of rural territories of Ukraine]. *Naukovi horyzonty — Scientific Horizons*, 24 (10), 58–71. DOI: [https://doi.org/10.48077/sciHor.24\(10\)](https://doi.org/10.48077/sciHor.24(10)). URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-24-10-2021/infrastrukturne-zabezpechennya-sotsialno-ekonomichnoho-rozvytku-silskikh-teritoriy-ukrayini> [in Ukrainian].
5. Kaletnik, H.M. & Mazur, A.G. (2016). Naukovo-teoretychni zasady formuvannia ta rozvytku liudskoho kapitalu v silskykh terytoriiakh [Scientific-theoretical principles of formation and development of human capital in rural territories]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky — Economics. Finance. Management: current issues of science and practice*, 10, 7–25. URL: <http://efm.vsau.org/files/pdfa/3379.pdf> [in Ukrainian].
6. Borshchevskiy, V.V. & Prytula, Kh.M. (2013). Rozvytok silskykh terytorii v konteksti realizatsii yevroin-

- tehratsiinoi polityky Ukrainy [Development of rural territories in the context of implementing Ukraine's European integration policy]. *Problemy rozvytku zovnishneekonomichnykh zviazkiv i pryvlachennia inozemnykh investytsii: rehionalnyi aspekt — Problems of development of foreign economic relations and attraction of foreign investments: regional aspect*, 1, 56–60. URL: <http://jpfprd.donnu.edu.ua/article/view/1820/1853> [in Ukrainian].
7. Bochko, O.Yu. (2022). Doslidzhennia rozvytku silskykh terytorii Zakarpatskoi oblasti v umovakh yevro-intehratsiinykh protsesiv [Research on the development of rural territories in the conditions of European integration processes in the Zakarpattia region]. *Naukovyi visnyk Odeskoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu — Scientific Bulletin of Odessa National Economic University*, 7 (296), 17–22. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2022-7-296-17-22>. URL: <http://nvisnik.oneu.edu.ua/archive.php> [in Ukrainian].
  8. Talavyria, M.P. & Horai, A.O. (2018). Rozvytok silskykh terytorii v umovakh detsentralizatsii [Development of rural territories in the context of decentralization]. *Ekonomika APK — Agricultural Economics*, 11, 75–79. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201811075>. URL: [http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2018/11/eapk\\_2018\\_11\\_p\\_75\\_79.pdf](http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2018/11/eapk_2018_11_p_75_79.pdf) [in Ukrainian].
  9. Tymoshenko, M.M. (2014). Teoretychni zasady rozvytku sotsialnoi infrastruktury silskykh terytorii [Theoretical foundations of rural territories' social infrastructure development]. *Efektivna ekonomika — Efficient Economy*, 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3501> [in Ukrainian].
  10. Hnibidenko, I.F. (2003). *Silska sotsialna infrastruktura: aspekty rozvytku ta zainiatosti naselennia [Rural social infrastructure: aspects of development and population employment]*. Kyiv: RVPSH NAN Ukrainy [in Ukrainian].
  11. Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  12. Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia ta zabudovy naselennykh punktiv [State Sanitary Rules for Planning and Development of Settlements]. (n.d.). URL: [https://jurliga.ligazakon.net/news/184622\\_onovleno-santarn-pravila-zabudovi-naselenikh-punktiv](https://jurliga.ligazakon.net/news/184622_onovleno-santarn-pravila-zabudovi-naselenikh-punktiv) [in Ukrainian].
  13. Palapa, N.V., Sihalova, I.O. & Ustymenko, O.V. (2017). Ekolohichna otsinka silskykh selitebnykh terytorii [Ecological assessment of rural residential territories]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 89–95. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220163> [in Ukrainian].
  14. Palapa, N.V. (2015). Otsinka stanu silskykh selitebnykh terytorii za yakistiu roslynnoi produktsii [Assessment of the state of rural residential territories based on the quality of plant products]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk — Tavriian Scientific Bulletin*, 92, 127–133 [in Ukrainian].
  15. Palapa, N.V., Bilotytil, V.Yu. & Honchar, S.M. (2023). Silski terytorii Ukrainy: suchasnyi stan, problemy, shliakhy rozviazannia [Rural territories of Ukraine: current state, problems, solutions]. *Zbalansovane prirodokorystuvannia — Balanced Nature Management*, 1, 53–65. DOI: [10.33730/2310-4678.1.2023.278539](https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278539) [in Ukrainian].
  16. Palapa, N.V. (2009). Zabrudnennia pitnoi vody silskykh selitebnykh terytorii ta zakhody z pokrashchennia yii yakosti [Contamination of drinking water in rural residential territories and measures to improve its quality]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 43–45 [in Ukrainian].
  17. Palapa, N.V. & Kolesnyk, Yu.P. (2007). Vmist nitrativ u osnovnykh komponentakh selitebnykh ahroekosystem [Nitrate content in the main components of residential agroecosystems]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 50–52 [in Ukrainian].
  18. Palapa, N.V. (2015). Otsinka stanu silskykh selitebnykh terytorii za yakistiu roslynnoi produktsii [Assessment of the state of rural residential territories based on the quality of plant products]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk — Tavriian Scientific Bulletin*, 92, 127–133 [in Ukrainian].
  19. Sumarnyi koefitsient narodzhuvanosti [Total fertility rate]. (n.d.). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BA%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82\\_%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96#:~:text=%](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96#:~:text=%) [in Ukrainian].
  20. Palapa, N.V., Demyaniuk, O.S., Kichihina, O.O. et al. (2020). *Kontsepsiia zbalansovanoho rozvytku silskykh terytorii Ukrainy z urakhuvanniam dosvidu yevropeyskykh krain: naukove vydannia [Concept of balanced development of rural territories of Ukraine taking into account the experience of European countries]*. Kyiv: «DIA» [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.06.2023

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ ЗБАЛАНСОВАНOSTI РОЗВИТКУ САДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

М.Я. Височанська, В.В. Зубченко

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

*e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2116-9991*

*e-mail: zubchenko123@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7841-6725*

*Проаналізовано сучасний стан та еколого-економічні основи збалансованого розвитку садівництва. За даними Державної служби статистики України, наведено баланс плодів, ягід і винограду України за 2015–2020 рр. щодо зростання виробництва продукції за цей період, яке сягало 73%, імпорту скоротився вдвічі, експорт підвищився у 5 разів, обсяги переробки збільшилися у 2 рази, фонд споживання — на 46%. Запаси зросли у 3,9 раза у 2020 р. порівняно з 2015 р., що зумовлено проблемами зі збутом продукції, порушенням логістики через пандемію Covid-19, зниженням цін реалізації та закупівлі виробниками тощо. Обґрунтовано поліпшення ефективності використання водних ресурсів підприємств, удосконалення породно-сортової структури плодово-ягідних насаджень і впровадження інноваційних ресурсоощадних технологій дійсно можуть бути пріоритетними напрямками для збільшення врожайності в галузі садівництва. Визначено, що впровадження заходів із підвищення ефективності використання водних ресурсів у садівництві дасть можливість зменшити витрати на полив та зберегти водні ресурси. Це можна досягти, зокрема, за допомогою сучасних систем крапельного поливу, які дають змогу знизити витрати води на 30–50 % порівняно з традиційними методами поливу. Також важливо здійснювати регулярний моніторинг рівня ґрунтових вод та розробляти систему їх ефективного використання. Доведено, що садівництво є важливою галуззю господарства, яка забезпечує вирощування фруктів, ягід, горіхів та інших корисних рослин. Однак, разом із тим, воно може мати значний вплив на довкілля та природні ресурси. Тому для забезпечення екологічної та економічної стійкості розвитку садівництва необхідно враховувати еколого-економічні аспекти вирощування рослин. Один з основних аспектів — це збереження родючості ґрунту та його водно-фізичних властивостей. Ґрунт — важливий ресурс, який забезпечує розвиток рослин, зберігання води та вуглецю. Вирощування рослин може призвести до втрати родючого шару ґрунту, ерозії, забруднення води та повітря. Для збереження родючості ґрунту необхідно використовувати екологічно чисті методи землеробства, які зменшують вплив агрохімікатів на ґрунт.*

**Ключові слова:** аграрний сектор, рентабельність, прибуток, виробництво, державна підтримка, навколишнє природне середовище.

### ВСТУП

Галузь садівництва — важливий сектор національної економіки країни, метою якого є забезпечення потреби населення плодоягідною продукцією за доступними цінами. Порівняно з іншими галузями перед садівництвом постають складніші завдання не лише в необхідності виробити продукцію, але і зберегти її в повному обсязі, переробити у високоякісні харчові продукти [1].

Питання отримання високої рентабельності та прибутку є головними для господарства, що займається виробництвом про-

дукції садівництва. Для досягнення успіху в цій галузі важливо враховувати економічну ефективність виробництва. Адже виробництво продукції садівництва переважно здійснюється у дрібних господарствах, а частка суспільного сектору у загальних валових зборах продукції сягає приблизно 15–20%. Це може викликати складнощі у сфері технічного та технологічного оснащення садівництва, оскільки більшість господарств належать населенню, яке не має достатніх стимулів і фінансових ресурсів для модернізації виробництва.

Загальна інфраструктура садівництва, позаяк системи зрошення, фруктосховища

та обладнання для сортування і пакування продукції, залишається застарілою і недостатньою. Це може впливати на ефективність виробництва, якість продукції та її конкурентоспроможність на ринку. Для покращання ситуації в галузі садівництва потрібні інвестиції в модернізацію технічного обладнання та інфраструктури, а також розвиток програм та заходів підтримки для дрібних господарств, що сприятимуть їхньому зростанню й підвищенню ефективності.

**Метою статті** є визначення еколого-економічних основ збалансованості розвитку садівництва в Україні.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження стану галузі садівництва здійснювали провідні вчені: Л. Барабаш [2], О. Богданюк [3], Л. Галат [4], О. Гурова [5], Г. Калетнік [6; 7], О. Кучерук [8], Р. Логоша [9], О. Погрішук [10], І. Сало [11], Л. Слєпцова [12], Г. Шевчук [13] та ін.

Аналізуючи існуючі наукові напрацювання, необхідно визначити наукове обґрунтування пропозицій щодо напрямів впровадження механізму державної підтримки садівничих підприємств, можливостей використання для цього сучасних інноваційних фінансових технологій, що адекватні викликам й загрозам сучасного економічного простору. Актуальним, на наш погляд, є часткове погашення кредитної ставки банкам, які надають кредити для придбання таких інноваційних розробок. Важлива роль у впровадженні інноваційних процесів належить створенню інфраструктури ринку. Передусім це має бути розвиток організаційних форм інтеграції науки і сільськогосподарського виробництва [14].

Проведені в країні заходи щодо еколого-економічних основ збалансованості розвитку садівництва, а також державного і ринкового регулювання їх не складають збалансовану систему відносин учасників продовольчого ринку і не повною мірою сприяють стійкому економічному та со-

ціальному розвитку сільського господарства. У цьому контексті важливого аспекту набуває дослідження еколого-економічні основи збалансованості розвитку садівництва.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Інформаційну основу дослідження становлять вітчизняні та зарубіжні матеріали у сфері формування еколого-економічних основ збалансованості розвитку садівництва України. Щодо виконання поставленого завдання використовували такі методи дослідження: монографічний (опрацювання наукових публікацій, нормативних документів, програм і проєктів щодо збалансованості розвитку садівництва), абстрактно-логічний (теоретичне узагальнення та формування висновків і рекомендацій).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Варто зазначити, що садівництво є важливим сектором української економіки, яке має значний потенціал для експорту та створенню робочих місць. Однак, збалансований розвиток цього сектору передбачає врахування екологічних аспектів на рівні з економічними.

Збільшення виробництва в садівництві може супроводжуватися використанням хімічних добрив, пестицидів та інших засобів захисту рослин, які можуть негативно впливати на навколишнє середовище й здоров'я людей. Тому важливо враховувати принципи сталого розвитку, використовувати екологічно безпечні методи обробки та догляду за рослинами.

Крім того, важливо зберігати різноманіття природних екосистем, що забезпечують регуляцію клімату, запобігають ерозії ґрунтів та підтримують біологічну різноманітність. Садівництво має стежити за збереженням лісів, водних ресурсів та природних угідь, враховувати вплив своєї діяльності на ці екосистеми.

Також важливим аспектом є забезпечення якості продукції відповідно до міжнародних стандартів. Це дає можливість



збільшити експортні можливості і залучити нових клієнтів. Наприклад, вирощування екологічно чистих продуктів може забезпечити конкурентну перевагу на світовому ринку. Використання потенціалу України у садівництві, зокрема вирощуванні фруктів та овочів, може мати кілька переваг і позитивних ефектів.

На сьогодні площа органічних садів в Україні становить до 3,7 тис. га, а це всього лише 2% загальних площ плодоягідних насаджень. Органічне садівництво в Україні розвивається лише останні 10 років, тоді як у країнах ЄС – 30–40. Ціни на товарні органічні яблука зазвичай на 50–100% вищі, ніж на звичайні. Так, у 2018 р. їх оптова ціна в Україні становила 18–25 грн/кг. Вчені зазначають, що для розширення пропозиції органічної продукції та переходу підприємств на її виробництво потрібно гарантувати виробникам збут продукції за вищими цінами, можливість вигідних кредитів для купівлі техніки й погашення боргів, відкритість інформації про технології виробництва такої продукції, державну підтримку у вигляді нормативно-правової бази для діяльності підприємств органічного спрямування [14; 15; 18].

Інтенсифікація садівництва є ключовим чинником для збільшення продуктивності плодкових насаджень. Вона передбачає застосування сучасних агротехнічних методів і технологій, що спрямовані на максимізацію врожайності та покращання якості плодів. Інтенсифікація садівництва включає в себе: використання сортів і гібридів з високою продуктивністю та стійкістю до шкідників і хвороб. Селекція нових сортів плодкових культур дає змогу отримувати рослини з кращими врожайністю та якісними характеристиками; забезпечення належного агротехнічного догляду за насадженнями, включаючи правильне обрізування, живлення, полив, регулювання навколишнього середовища тощо. Оптиміальний режим догляду дає можливість максимально розкрити потенціал рослин і отримати високу врожайність; використання сучасних систем іригації та добрив, що дозволяють точно регулювати вологість

грунту і харчування рослин. Рациональне використання водних ресурсів та добрив допомагає підтримувати оптимальні умови для росту й розвитку рослин; впровадження захисту рослин від шкідників і хвороб, включаючи профілактичні заходи та контроль за популяціями шкідників. А також знизити втрати врожаю та покращити якість плодів.

Також за останні роки, незважаючи на всі складності функціонування аграрної науки в Україні, створено низку сучасних наукових продуктів, впровадження яких сприяє відродженню галузі садівництва в регіоні. Серед них: технологія мікророзщеплення кісточкових культур із використанням комплексу ресурсощадних елементів; якісно нові елементи створення інтенсивних насаджень кісточкових культур; екологічно безпечні системи захисту плодкових насаджень від шкідливих організмів, ресурсо- та енергоощадних систем удобрення та утримання ґрунту у плодкових насадженнях. Окрім того, розроблено метод точного прогнозування дат виходу з періоду біологічного спокою і початку цвітіння дерев на основі фенокліматографічних моделей та управління параметрами фізіологічного стану дерев і системою мікророзщеплення; методи статистичного вибіркового вхідного контролю проміжної й кінцевої продукції розсадника; спосіб групування сортів колекції генофонду за ієрархічною класифікацією, яка має семантичну структуру, формалізовану для уніфікації, визначальності і порівняльності результатів; наукові основи визначення придатності ґрунтів для ведення садівництва [15].

У цьому аспекті щодо забезпечення збалансованості розвитку підприємств садівництва важливо проаналізувати динаміку обсягів загальної площі насаджень та площі насаджень у плодоносному віці, що дасть можливість побудувати прогнозну тенденцію подальшого розвитку садівництва на перспективу.

Протягом досліджуваного періоду спостерігається така динаміка загальної площі насаджень плодкових та ягідних культур: поетапне зниження відбулося з 2010 р. по

всіх видах культур плодово-ягідних, зокрема це яблуня порівнюючи із 2000 р., то знизилось на 142,2 тис. га, груша — на 7,3 тис. га, третє місце посідає айва — скоротилось на 0,2 тис. га. Щодо культур кісточкових, як бачимо із *табл. 1* відбувається нестрімке зменшення, а більш динамічне, зокрема таких видів: персик у 2000 р. становила — 13,8 тис. га у 2020 р. — 2,7 тис. га, знизився за досліджуваний період на 11,1 тис. га, слива у 2000 р. сягала — 26,7 тис. га у 2020 р. — 17,6 тис. га, скоротилась на 9,1 тис. га, площа насаджень абрикосом — на 4,3 тис. га. Останнє місце посідає черешня, порівнюючи із 2000 р., зменшилась на 6,9 тис. га, вишня у 2000 р. становила — 22,1 тис. га, у 2020 р. — 19,9 тис. га, скоротилась на 2,2 тис. га. Найнижчі показники щодо зниження площ насаджень мають культури ягідні (див. *табл. 1*).

Щодо динаміки виробництва культур плодових та ягідних (*табл. 2*), відображається позитивна динаміка по цих культу-

рах, порівняно із 2000 р., збільшилась на 571,3 тис. га, культури кісточкові частково — на 4 тис. га, культури ягідні мають також сприятливу тенденцію і становлять у зростаючому вимірі на 44,1 тис. га.

Як бачимо із *табл. 3* динаміка врожайності культур плодових та ягідних, ц з 1 га площ: загалом по цих культурах збільшились порівняно із 2000 р. на 67,2 ц з 1 га, культури кісточкові зросли на 31,3 ц з 1 га, щодо культур ягідних також позитивна динаміка — на 23,4 ц з 1 га.

Поліпшення ефективності використання ресурсів підприємств, удосконалення породно-сортової структури плодово-ягідних насаджень і впровадження інноваційних ресурсощадних технологій дійсно можуть бути пріоритетними напрямками для збільшення врожайності в галузі садівництва. Ось кілька конкретних заходів, які можуть бути вжиті: *породно-сортова структура*: важливо вибирати сорти і породи рослин, які мають високу продуктивність, стійкість до хвороб і шкідників,

Таблиця 1. Динаміка площ насаджень культур плодових та ягідних у плодоносному віці, тис. га

Продукція	Роки						Динаміка, +/-
	2000	2010	2015	2018	2019	2020	
<b>Культури плодові та ягідні</b>	378,0	223,2	206,0	200,0	195,5	191,0	187,0
<i>зерняткові:</i>							
яблуня	248,1	119,9	111,2	105,1	101,0	98,2	149,9
груша	227,6	105,2	97,3	91,8	87,7	85,0	142,6
айва	19,0	13,6	12,6	11,8	11,7	11,7	7,3
	0,9	0,9	0,8	0,7	к/с	0,7	0,2
<i>кісточкові:</i>							
слива	94,1	69,6	62,4	61,1	60,3	59,8	34,3
вишня	26,7	19,6	18,4	18,2	17,3	17,6	9,1
черешня	22,1	20,0	20,0	19,8	20,0	19,9	2,2
абрикос	16,9	12,6	10,8	9,8	10,0	10,0	6,9
персик	11,6	9,2	8,2	7,6	7,6	7,3	4,3
	13,8	6,0	3,5	3,3	2,9	2,7	11,1
<i>горіхоплідні:</i>							
волоський горіх	15,1	14,1	13,5	13,5	13,9	13,4	1,7
<i>ягідні:</i>							
суниця та полуниця	20,2	19,9	19,8	20,2	19,8	19,9	0,3
малина	7,5	8,1	8,2	7,9	7,9	8,1	-0,6
смородина	5,1	5,1	5,0	4,9	5,2	5,3	-0,2
агрус	4,4	4,4	4,5	4,7	4,2	3,9	0,5
	1,0	1,0	0,9	0,5	0,5	0,9	0,1

Примітка: на основі статистичних даних.

Таблиця 2. Динаміка виробництва культур плодових та ягідних, тис. т

Продукція	Роки						Динаміка, +/-
	2000	2010	2015	2018	2019	2020	
<b>Культури плодові та ягідні</b>	1452,6	1746,5	2152,8	2571,3	2118,9	2023,9	571,3
<i>зерняткові:</i>	812,9	1048,5	1360,0	1653,0	1317,0	1272,8	459,9
яблуна	648,2	897,0	1179,6	1462,4	1154,0	1114,6	466,4
груша	155,7	141,7	170,6	183,2	155,3	152,3	3,4
айва	7,8	9,6	7,4	7,4	к/с	5,8	2,0
<i>кісточкові:</i>	506,5	492,9	547,6	652,9	539,3	510,5	4,0
слива	123,0	154,4	184,0	198,1	181,1	173,2	50,2
вишня	155,3	154,5	192,9	218,7	167,5	174,6	19,3
черешня	76,2	73,0	76,6	84,6	68,6	63,6	12,6
абрикос	102,1	77,2	64,9	111,7	83,7	69,5	32,6
персик	35,2	22,1	15,6	26,4	24,2	17,1	18,1
<i>горіхоплідні:</i>							
волоський горіх	50,1	87,5	115,1	127,2	125,9	113,4	63,3
<i>ягідні:</i>	83,1	117,6	130,1	138,3	136,7	127,2	44,1
суниця та полуниця	32,1	57,2	64,0	62,3	62,6	55,2	23,1
малина	19,7	25,7	30,4	35,2	35,5	35,3	15,6
смородина	19,9	25,8	25,5	29,6	26,6	25,8	5,9
аґрус	8,9	6,8	6,6	8,2	8,1	8,1	0,8

Примітка: на основі статистичних даних.

Таблиця 3. Динаміка урожайності культур плодових та ягідних, ц з 1 га площ

Продукція	Роки						Динаміка, +/-
	2000	2010	2015	2018	2019	2020	
<b>Культури плодові та ягідні:</b>	38,4	78,2	104,5	128,4	108,1	105,6	67,2
<i>зерняткові:</i>	32,8	87,4	122,4	157,8	130,5	129,4	96,6
яблуна	28,5	85,2	121,2	159,3	131,3	130,4	101,9
груша	82,1	104,5	135,5	150,4	127,2	125,2	43,1
айва	85,3	102,1	97,6	96,6	к/с	77,6	7,7
<i>кісточкові:</i>	53,8	70,8	87,8	106,6	89,0	85,1	31,3
слива	46,2	78,9	100,1	107,6	102,0	96,4	50,2
вишня	70,2	77,1	96,3	109,0	83,2	86,6	16,4
черешня	45,2	57,9	71,3	82,8	67,2	62,0	16,8
абрикос	88,2	83,6	79,1	143,3	108,4	92,5	4,3
персик	25,6	36,9	45,0	80,7	80,8	64,4	38,8
<i>горіхоплідні:</i>	32,1	61,6	85,1	90,2	85,2	80,1	48,1
волоський горіх	33,1	62,2	85,4	91,1	88,2	81,2	48,1
<i>ягідні:</i>	41,2	59,1	65,6	68,4	68,6	64,6	23,4
суниця та полуниця	42,6	70,3	78,2	77,1	77,0	67,9	25,3
малина	38,9	50,7	61,0	65,9	65,7	65,1	26,2
смородина	45,2	58,1	56,6	64,6	64,6	67,3	22,1
аґрус	85,8	68,4	71,4	88,7	88,3	87,1	1,3

Примітка: на основі статистичних даних.



адаптовані до місцевих умов. Розробка і використання гібридних сортів може також допомогти збільшити врожайність. *Щільність садіння*: зростання щільності садіння дерев може сприяти підвищенню кількості рослин на гектарі і, отже, посиленню валового збору продукції з одного гектара. *Утримання ґрунту*: правильна передсадивна підготовка ґрунту і регулярний догляд за ним (розпушування, мульчування, внесення органічних добрив) допоможуть зберегти родючість ґрунту і покращити його водопроникність та поживні властивості. *Захист рослин*: використання інтегрованого підходу до захисту рослин, включаючи біологічні методи боротьби зі шкідниками і хворобами, сприятиме зниженню використання хімічних препаратів і зменшенню впливу на довкілля.

Пріоритетним напрямом зростання врожайності є поліпшення ефективності використання наявних ресурсів підприємств, удосконалення породно-сортової структури плодово-ягідних насаджень, впровадження інноваційних ресурсоощадних технологій, які підвищують продуктивність насаджень, рентабельність виробництва плодів, шляхом збільшення щільності садіння дерев, передсадивної підготовки й утримання ґрунту, захисту насаджень від шкідників та хвороб за зниження трудомісткості виробництва плодів, що дасть змогу підвищити валовий збір продукції, отримати загальноекономічний ефект та забезпечити стійкість розвитку підприємств садівництва [16].

У товарній структурі виробництва найбільші обсяги припадають на яблука, груші, сливи, вишні та горіхи. У 2020 р. загальна частка цієї продукції перевищила 75% від загального виробництва. До того ж, найбільш продуктивними регіонами з виробництва фруктів в Україні є Вінницька, Хмельницька, Чернівецька, Дніпропетровська та Закарпатська обл., де традиційно займались садівництвом через сприятливі природно-кліматичні умови вирощування дерев. Також Україна посідає перше місце із валового збору горіхів у Європі, п'яте місце серед світових виробників горіхів

та входить до найпершої десятки світових країн із виробництва яблук [17].

Варто зазначити, що розмір і структура виробничих витрат зумовлюються технологією виробництва продукції та кількістю й вартістю використаних ресурсів. Вони дещо відрізняються за типами насаджень, схемами агротехнічного догляду і в розрізі культур. Так, наприклад, частка оплати праці у вирощуванні яблук при схемі садіння 5×3 м в усіх виробничих витратах становить близько 25%, а сливи (6×3 м) — 35%; на амортизацію насаджень і техніки витрачається відповідно до 20% і 11% та 4% і 2,5%, що свідчить про доцільність закладання молодих насаджень за новими технологіями. Так, за кордоном на 1 га площі висаджується по 2000–2500 саджанців, тоді як в Україні у середньому по 1000 дерев [11].

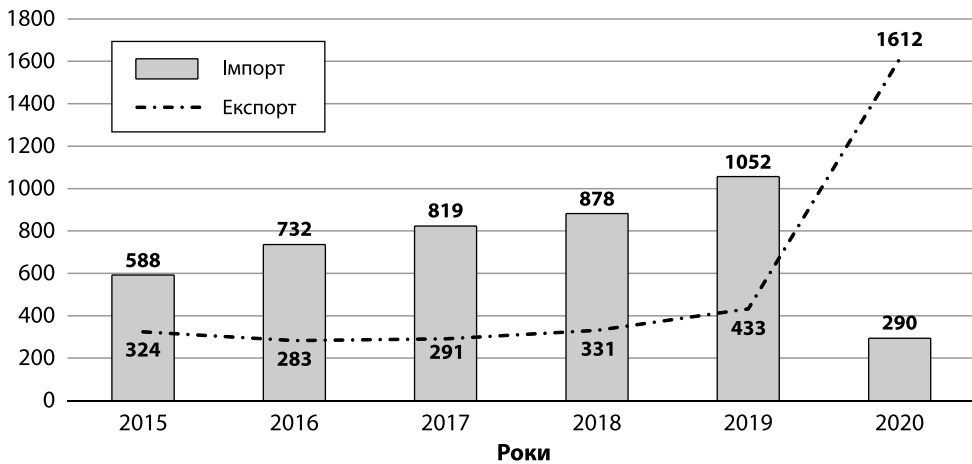
За даними Державної служби статистики України [18], наведено баланс плодів, ягід і винограду України за 2015–2020 рр. (табл. 4). Зростання виробництва продукції за цей період сягало 73%, імпорт скоротився вдвічі, експорт зріс у 5 разів, обсяги переробки збільшилися у 2 рази, фонд споживання підвищився на 46%. Запаси зросли в 3,9 раза у 2020 р. порівняно з 2015 р., що зумовлено проблемами зі збутом продукції, порушенням логістики через пандемію Covid-19, зниженням цін реалізації та закупівлі виробниками тощо (рис.).

Отже, подальший розвиток плодівництва у сучасних умовах невід'ємно пов'язаний із розробкою наукових основ сучасних елементів технології вирощування плодів культур в умовах глобальних змін клімату у бік посушливості, що відповідають міжнародним вимогам. У зв'язку з вищенаведеним, особливої актуальності набуває збільшення Державної підтримки галузі аграрної науки як від'ємної частини інноваційного розвитку України та збереження, примноження й підвищення якості науково-технічного потенціалу агропромислового виробництва, зокрема садівництва, що згідно з «Концепцією науково-технічного розвитку галузей агропро-

Таблиця 4. Динаміка зміни плодів, ягід і винограду в Україні за 2015–2020 рр., тис. т

Показники	Роки						Динаміка, +/-
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Виробництво	2539	2385	2458	3039	2485	4392	173,0
Зміна запасів	31	24	22	259	-76	119	383,9
Усього ресурсів	3096	3093	3255	3658	3613	5618	181,5
На корм і втрати	218	213	225	285	231	210	96,3
Переробка	355	478	497	597	480	596	167,9
Фонд споживання	2179	2119	2242	2445	2469	3200	146,9
• на 1 особу, кг	51	49	53	58	59	73	143,1

Примітка: розроблено авторами за даними [18].



Динаміка експорту та імпорту плодів, ягід і винограду в Україні за 2015–2020 рр., тис.

Примітка: розроблено авторами за даними [18].

мислового виробництва України» віднесе-но до пріоритетних національних інтересів [15].

Перспективною формою цього співробітництва можуть стати асоціації або кластери [19]. Такі формування поєднують у собі три основні сфери: виробнича – виробництво плодової продукції та продукції для переробки (з визначенням оптимальних за розміром виробництва плодівих сировинних зон навколо промислових підприємств); промислова переробка плодової продукції; торгівельні організації зі збуту готової плодової продукції та її переробки [20].

Основні еколого-економічні основи збалансованого розвитку садівництва в Україні можуть бути такими:

- *збереження родючості ґрунту та водних ресурсів.* Садівництво потребує значних кількостей води та землі, тому важливо забезпечити ефективне використання цих ресурсів. Для збереження родючості ґрунту необхідно використовувати агротехніки, що сприяють відновленню ґрунтового покриву, підтримці біологічного життя та зменшенню ерозії. Для забезпечення стійкого водокористування в садівництві необхідно застосовувати ефективні системи збору та збереження

- дошової води, а також запроваджувати технології поливу, що дають змогу заощадити водні ресурси;
- *збереження біорізноманіття*. Садівництво вимагає великої кількості простору, що може призвести до втрати природного середовища та зменшення біорізноманіття. Тому важливо використовувати агротехніки, що дають можливість зберегти та відновлювати природні екосистеми, наприклад, вирощування культур з урахуванням їх взаємодії з місцевою флорою та фауною;
  - *зменшення застосування хімічних добрив та пестицидів*. Садівництво пов'язано з використанням хімічних речовин для боротьби зі шкідниками та підвищення врожайності. Однак надмірне застосування цих речовин може призвести до забруднення ґрунту та води, а також до зниження якості продукції. Тому необхідно зменшувати використання хімічних добрив та пестицидів і замінювати їх на біологічні засоби захисту рослин;
  - *розвиток екологічної освіти та інформування споживачів*. Важливо не лише забезпечити збалансоване розвитку садівництва, але і підвищувати екологічну свідомість серед населення та споживачів. Для цього необхідно розвивати екологічну освіту та проводити інформаційні кампанії з питань збереження навколишнього середовища та здоров'я людей. Споживачі повинні знати, які продукти є екологічно чистими, які методи вирощування й зберігання продуктів є більш екологічно дружніми, а також як впливає використання пестицидів і добрив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Інформування споживачів про екологічні аспекти садівництва може допомогти забезпечити збалансований та екологічно стійкий розвиток цієї галузі.
- Аспекти збалансованого розвитку садівництва полягають у забезпеченні економічного, соціального та екологічного розвитку галузі. Для досягнення збалансованості у садівництві необхідно враховувати такі основні принципи:
- *економічна ефективність*: розвиток садівництва повинен бути здатним забезпечувати стійкий економічний зріст та прибуток для садівників, без погіршення якості продукції або шкоди для навколишнього середовища;
  - *соціальна відповідальність*: садівництво має гарантувати належні умови праці й життя для садівників і місцевої спільноти, а також сприяти створенню робочих місць та підвищенню життєвого рівня населення;
  - *екологічна стійкість*: розвиток садівництва повинен забезпечувати збереження природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та здоров'я людей, а також допомагатиме відновленню біорізноманіття та гарантуванню екологічно чистої продукції;
  - *інновації та наукові дослідження*: розвиток садівництва має базуватися на новітніх технологіях, інноваційних рішеннях та наукових дослідженнях, що сприятимуть вдосконаленню виробничих процесів і покращанню якості продукції.
- Збалансований розвиток садівництва можливий тільки за умов дотримання цих принципів та розумного використання природних ресурсів, що дасть змогу гарантувати економічний, соціальний і екологічний розвиток галузі на довгостроковій основі. Для досягнення цієї мети, необхідно вживати комплекс заходів, серед яких можуть бути: використання екологічно чистих технологій та методів виробництва, які дадуть можливість зменшити використання ресурсів, енергетичні та матеріальні витрати, а також забезпечать зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу й забруднення ґрунту і водних ресурсів; розвиток екологічної освіти та підвищення екологічної свідомості серед садівників і споживачів, що допомагатиме зростанню попиту на екологічно чисту продукцію й гарантуванню сталого розвитку галузі; застосування принципу «захисту від забруднення витоків» у садівництві, який передбачає запобігання забрудненню водних ресурсів і ґрунтів від хімічних речовин та інших шкідливих речовин; розробка та

впровадження програм збереження й відновлення біорізноманіття у садових угіддях, що сприятиме підвищенню якості продукції й забезпеченню стійкого розвитку галузі; розвиток соціально відповідальних ініціатив у садівництві, які сприятимуть забезпеченню належних умов праці для садівників, а також зменшенню негативного впливу на місцеву спільноту.

Впровадження заходів із підвищення ефективності використання водних ресурсів у садівництві дасть можливість знизити витрати на полив та зберегти водні ресурси. Це можна досягти, зокрема, за допомогою сучасних систем крапельного поливу, які дають змогу зменшити витрати води на 30–50% порівняно з традиційними методами поливу. Також важливо здійснювати регулярний моніторинг рівня ґрунтових вод та розробляти систему їх ефективного використання.

Доцільно також впроваджувати систему збору та переробки води, що дасть змогу використовувати її повторно для поливу садів, а не викидати у стічну каналізацію. Крім того, важливо вирощувати сорти рослин, які відповідають кліматичним умовам регіону та не потребують великої кількості води для зростання й розвитку.

Розумне використання ґрунту також передбачає збереження його родючості та запобігання ерозії. Для цього важливо застосовувати методи землеробства, що дають можливість зберігати й підвищувати поживні властивості ґрунту, наприклад, використовувати органічні добрива та проводити мінімальну обробку.

Заходи щодо збалансованого використання природних ресурсів у садівництві повинні бути підтримані на законодавчому рівні та включені до стратегій розвитку садівництва. Важливо забезпечити належний контроль за виконанням цих заходів та відповідальність за їх порушення.

У цьому аспекті садівництво є важливою галуззю господарства, яка забезпечує вирощування фруктів, ягід, горіхів та інших корисних рослин. Однак, разом із тим, воно може мати значний вплив на довкілля та природні ресурси. Тому, для забезпе-

чення екологічної та економічної стійкості розвитку садівництва необхідно враховувати еколого-економічні аспекти вирощування рослин.

Один з основних аспектів — це збереження родючості ґрунту та його водно-фізичних властивостей. Ґрунт — важливий ресурс, який забезпечує розвиток рослин, зберігання води та збереження вуглецю. Вирощування рослин може зумовити до втрати родючого шару ґрунту, ерозії, забруднення води та повітря. Для збереження родючості ґрунту необхідно використовувати екологічно чисті методи землеробства, які зменшують вплив агрохімікатів на ґрунт.

Інший аспект — збереження та ефективне використання водних ресурсів. Садівництво потребує значної кількості води для поливу, тому важливо застосовувати системи поливу, що зменшують витрати води, збирати та переробляти дощову воду. Також важливо гарантувати контроль за використанням забруднювальних речовин у садівництві, що можуть потрапляти до водних ресурсів.

До еколого-економічних аспектів також належить використання біорізноманіття та відновлюваних джерел енергії у садівництві. Щодо біорізноманіття, в садівництві можна використовувати різноманітні рослини види, які сприяють збереженню та підтриманню природних екосистем. Наприклад, сади можуть бути створені з застосуванням місцевих деревних та чагарникових порід, що забезпечить збереження місцевого біорізноманіття та підвищить стійкість до кліматичних змін та хвороб.

Щодо відновлюваних джерел енергії, у садівництві можна використовувати сонячні панелі для забезпечення електроенергії, а також біомасу для опалення та виробництва енергії. Використання цих джерел енергії дасть змогу зменшити відповідні витрати та зменшити вплив садівництва на довкілля. Загалом, застосування біорізноманіття та відновлюваних джерел енергії є важливими аспектами еколого-економічного підходу до садівництва, що

дає можливість зберігати природні ресурси та зменшувати вплив на довкілля.

## ВИСНОВКИ

Отже, садівництво є складовою галуззю, де організаційно-економічні та природно-кліматичні чинники взаємодіють між собою. Ефективний розвиток садівництва потребує комплексного підходу, де кожен чинник виробництва враховується і використовується відповідно до його взаємозв'язку з іншими чинниками. Наприклад, для досягнення стабільності та збалансованості в галузі садівництва необхідно враховувати природно-кліматичні умови, зокрема клімат, ґрунти, доступність водних ресурсів тощо. Організаційно-економічні аспекти, як-от фінансова підтримка, розвиток інфраструктури, науково-дос-

лідницька робота, ринкові механізми, також відіграють важливу роль у розвитку галузі.

Комплексне використання цих чинників допомагає досягти стабільності та зростання в садівництві. Наприклад, використання сучасних технологій та інноваційних підходів до вирощування, збільшення продуктивності й якості продукції, розробка нових сортів і гібридів рослин, покращання маркетингових стратегій — все це сприяє економічній ефективності та конкурентоспроможності підприємств садівництва. Тому розвиток садівництва потребує збалансованого підходу, де організаційно-економічні й природно-кліматичні чинники взаємодіють і підтримують один одного для досягнення стійкого розвитку та підвищення конкурентоспроможності галузі.

## ЛІТЕРАТУРА

- Гуторова О.О., Фастівець Д.Л. Особливості та фактори підвищення ефективності виробництва продукції садівництва. *Вісник ХНАУ. Сер.: Економічні науки*. 2019. № 4. С. 176–185.
- Барабаш Л.О., Мазур К.В. Розвиток промислового садівництва в умовах євроінтеграційних процесів. *Міжнародний науково-виробничий журнал «Економіка АПК»*. 2019. № 12. С. 69–79. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201912069>.
- Богданюк О.В. Удосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення управління конкурентоспроможністю садівництва. *Інститут бухгалтерського обліку, контроль та аналіз в умовах глобалізації: міжнар. зб. наук. пр.* 2014. Вип. 2. С. 142–144.
- Галат Л.М. Державна фінансова підтримка галузі садівництва як фактор підвищення її конкурентоспроможності. *Таврійський науковий вісник. Сер.: Економіка*. 2021. Вип. 6. С. 44–55. DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.6.5>.
- Гуторова О.О., Фастівець Д.Л. Пріоритетні напрями інноваційного розвитку садівництва. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки*. 2018. № 2. С. 112–120. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3427-2018-2-112>.
- Калетнік Г.М., Ємчик Т.В. Ефективність функціонування національного господарства та організаційні форми управління національною економікою. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 2 (52). С. 7–22. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-2-1>.
- Калетнік Г.М., Козяр Н.О. Стратегічні підходи до інвестування аграрного сектору України в сучасних умовах розвитку АПК. *Міжнародний науково-виробничий журнал «Економіка АПК»*. 2020. № 12. С. 81–89. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202012081>.
- Кучерук О.Я., Кисіль Т.М. Системний підхід в прийнятті управлінських рішень в садівництві. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. № 3 (77)-2. С. 142–148. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-40>.
- Логоша Р.В. Маркетингові дослідження ринку плодоовочевої продукції. *Кримський економічний вісник*. 2014. № 1-2. С. 27–30.
- Погрішук О.Б. Джерела та методи формування інвестиційного потенціалу у садівництві. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки*. 2018. № 1. С. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3427-2018-1-83>.
- Сало І. Ефективність діяльності садівницьких підприємств. URL: <https://www.pro-of.com.ua/efektivnist-diyalnosti-sadivnickix-pidpriyemstv/> (дата звернення 30.05.2023).
- Слепцова Л.П. Державна підтримка як передумова інноваційного розвитку садівницьких підприємств. *Агроекономіка*. 2020. № 10. С. 118–123. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.10.118>.
- Basu D. Understanding Value Chain of Horticultural Crops for Evolving Holistic Development Strategies Towards Growth. *Advances in Floriculture And Urban Horticulture*, 2018. 432 p.
- Тупчій О.С. Організаційно-економічні основи інноваційного розвитку садівничих підприємств. Глобальні та національні проблеми економіки. *Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського*. 2015. Вип. 4. С. 593–597.



15. Малюк Т.В. Сучасний стан та основні тенденції розвитку садівництва у Південному регіоні України. *Актуальні питання виробництва плодово-овочевої продукції та винограду*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Мелітополь, 22 квітн. 2021 р.). Мелітополь, 2021. С. 22–25. URL: chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcgclclefindmkaj/http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/14044/1/06%d1%87%d1%83%d0%b6%d0%be%d0%b9.pdf.
16. Харчук Т.В. Передумови забезпечення стійкого розвитку підприємств садівництва. *Ефективна економіка*. 2017. № 11. URL: http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5891.
17. Операція-реанімація: як не втратити садівничу галузь України? URL: https://kurkul.com/spetsproekty/164-operatsiya-reanimatsiya-yak-ne-vtratiti-sadivnichu-galuz-ukrayini.
18. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення 20.05.2023).
19. Болтянська Л.О. Кластер — сучасний формат взаємодії підприємств. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції*: Міжнар. наук.-практ. форум (м. Мелітополь, 21–22 черв. 2019 р.). ТГА-ТУ. С. 139–142.
20. Болтянська Л.О. Сучасні напрями розвитку садівництва. *«Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств»*. *Проблематика 2021: «Ефективність використання ресурсного потенціалу сільськогосподарських підприємств»*: матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Дубляни, 2–4 черв. 2021 р.). Львів: Галицька видавнича спілка, 2021. С. 100–102.

## REFERENCES

1. Hutorova, O.O. & Fastivets, D.L. (2019). Osoblyvosti ta faktory pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva produktsii sadivnytstva [Features and factors of increasing the efficiency of horticultural production]. *Visnyk KhNAU. Seriya: Ekonomichni nauky — Bulletin of KhNAU. Series: Economic sciences*, 4, 176–185 [in Ukrainian].
2. Barabash, L.O. & Mazur, K.V. (2019). Rozvytok promyslovoho sadivnytstva v umovakh yevrointehratsiinykh protsesiv [Development of industrial horticulture in the conditions of European integration processes]. *Mizhnarodnyi naukovo-vyrobnychi Zhurnal «Ekonomika APK» — International scientific and production Journal «Economics of the agro-industrial complex»*, 12, 69–79. DOI: https://doi.org/10.32317/2221-1055.201912069 [in Ukrainian].
3. Bohdaniuk, O.V. (2014). Udoskonalennia informatsiino-analitychnoho zabezpechennia upravlinnia konkurentospromozhnistiu sadivnytstva [Improvement of information and analytical support for managing the competitiveness of horticulture]. *Institut bukhhalterskoho obliku, kontroly ta analizu v umovakh hlobalizatsii. Mizhnarodnyi zbirnyk naukovykh prats'.* — *Institute of Accounting, Control and Analysis in the Conditions of Globalization. International collection of scientific works*, 2, 142–144 [in Ukrainian].
4. Halat, L.M. (2021). Derzhavna finansova pidtrymka haluzi sadivnytstva yak faktor pidvyshchennia yii konkurentospromozhnosti [State financial support of the horticulture industry as a factor of its competitiveness]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Ekonomika — Taurian scientific herald. Series: Economy*, 6, 44–55. DOI: https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.6.5 [in Ukrainian].
5. Gutorova, O.O. & Fastivets, D.L. (2018). Prioritetni napriamy innovatsiinoho rozvytku sadivnytstva [Priority directions of innovative development of horticulture]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu imeni V.V. Dokuchaieva. Seriya: Ekonomichni nauky — Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaiev. Series: Economic sciences*, 2, 112–120. DOI: https://doi.org/10.31359/2312-3427-2018-2-112 [in Ukrainian].
6. Kaletnik, H.M. & Yemchuk, T.V. (2020). Efektyvnist funktsionuvannia natsionalnoho hospodarstva ta orhanizatsiini formy upravlinnia natsionalnoiu ekonomikoiu [Efficiency of national economy functioning and organizational forms of national economy management]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky — Economics, finance, management: current issues of science and practice*, 2 (52), 7–22. DOI: https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-2-1 [in Ukrainian].
7. Kaletnik, H.M. & Koziar, N.O. (2020). Stratehichni pidkhody do investuvannia ahrarynoho sektoru Ukrainy v suchasnykh umovakh rozvytku APK [Strategic approaches to investing in the agricultural sector of Ukraine in modern conditions of agricultural complex development]. *Mizhnarodnyi naukovo-vyrobnychi Zhurnal «Ekonomika APK» — International scientific and production Journal «Economics of the agro-industrial complex»*, 12, 81–89. DOI: https://doi.org/10.32317/2221-1055.202012081 [in Ukrainian].
8. Kucheruk, O.Ya. & Kysel, T.M. (2020). Systemnyi pidkhid v pryiniatti upravlynskykh rishen v sadivnytstvi [System approach in making management decisions in horticulture]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi — Problems of system approach in economics*, 3 (77)-2, 142–148. DOI: https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-40 [in Ukrainian].
9. Lohosha, R.V. (2014). Marketynhovi doslidzhennia rynku plodoovochevoho produktsii [Marketing research of the fruit and vegetable market]. *Krymskyi ekonomichniy visnyk — Crimean Economic Herald*, 1–2, 27–30 [in Ukrainian].
10. Pohrishchuk, O.B. (2018). Dzherela ta metody formuvannia investytsiinoho potentsialu u sadivnytstvi [Sources and methods of forming investment potential in horticulture]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu imeni V.V. Dokuchaieva. Seriya: Ekonomichni nauky — Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaiev.*

- Series: Economic sciences, 1*, 83–89. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3427-2018-1-83> [in Ukrainian].
11. Salo, I. (n.d.). Efektyvnist diialnosti sadivnytskykh pidpriemstv [Efficiency of horticultural enterprises]. URL: <https://www.pro-of.com.ua/efektivnist-diyalnosti-sadivnickix-pidpriemstv/> [in Ukrainian].
  12. Sleptsova, L.P. (2020). Derzhavna pidtrymka yak peredumova innovatsiinoho rozvytku sadivnytskykh pidpriemstv [State support as a prerequisite for innovative development of horticultural enterprises]. *Ahrosvit, 10*, 118–123. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.10.118> [in Ukrainian].
  13. Basu, D. (2018). Understanding Value Chain of Horticultural Crops for Evolving Holistic Development Strategies Towards Growth. *Advances in Floriculture and Urban Horticulture* [in English].
  14. Tupchii, O.S. (2015). Orhanizatsiino-ekonomichni osnovy innovatsiinoho rozvytku sadivnytskykh pidpriemstv [Organizational and economic foundations of innovative development of horticultural enterprises]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky — Global and National Problems of Economy, 4*, 593–597 [in Ukrainian].
  15. Maliuk, T.V. (2021). Suchasnyi stan ta osnovni tendentsii rozvytku sadivnytstva u pvidnomu rehioni Ukrainy [Current state and main trends in horticulture development in the southern region of Ukraine]. *Aktualni pytannia vyrobnytstva plodochoevoi produktsii ta vynohradu: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Current issues in the production of fruit and vegetable products and grapes: materials of the All-Ukrainian scientific-practical internet conference]*. (pp. 22–25). Melitopol. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/14044/1/06%d1%87%d1%83%d0%b6%d0%be%d0%b9.pdf> [in Ukrainian].
  16. Kharchuk, T.V. (2017). Peredumovy zabezpechennia stiikoho rozvytku pidpriemstv sadivnytstva [Prerequisites for ensuring sustainable development of horticultural enterprises]. *Efektynna ekonomika — Efficient economy, 11*. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5891> [in Ukrainian].
  17. Operatsiia-reanimatsiia: yak ne vtratyt sadivnychu haluz Ukrainy? [Operation-reanimation: how not to lose the horticulture industry of Ukraine?]. (n.d.). URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/164-operatsiya-reanimatsiya-yak-ne-vtratiti-sadivnychu-galuz-ukrayini> [in Ukrainian].
  18. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (2023). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  19. Boltianska, L.O. (2019). Klaster — suchasnyi format vzaïemodii pidpriemstv [Cluster — a modern format of interaction between entrepreneurs]. *Suchasni naukovi doslidzhennia na shliakhu do yevrointegratsii»: mizhnarodnyi naukovo-praktychnyi forum [Modern scientific research on the path to Eurointegration: International scientific-practical forum]*. (pp. 139–142). Melitopol [in Ukrainian].
  20. Boltianska, L.O. (2021). Suchasni napriamy rozvytku sadivnytstva [Modern directions of horticulture development]. *Efektynnist funktsionuvannia silskohospodarskykh pidpriemstv. Problematyka 2021: Efektynnist vykorystannia resursnogo potentsialu silskohospodarskykh pidpriemstv: X Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia [Efficiency of functioning of agricultural enterprises. Problems 2021: Efficiency of resource potential utilization of agricultural enterprises: X International scientific-practical internet conference]*. (pp. 100–102). Lviv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 19.05.2023

## АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАТИСТИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

В.М. Поліщук

*КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: vpolischuk7@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2810-2183*

Головним завданням статті є визначення функції статистичних індикаторів у процесі аналізу показників продуктивності природокористування. Встановлено, що в європейських країнах ринкової економіки загальні принципи екологізації господарства визначаються екологічною політикою, яка передбачає використання складних механізмів модернізації та раціоналізації виробництва. У країнах Євросоюзу стратегічно важливим завданням є природозбереження через активне впровадження інноваційних технологій виробництва і використання ефективних фінансових інструментів впливу на тих суб'єктів господарювання, діяльність яких значно погіршує стан навколишнього природного середовища. За розв'язання екологічних і ресурсних проблем необхідно застосувати профілактичні методи, що знизять ризики подальшої ескалації екологічної та економічної ситуації в європейському регіоні. Для визначення перспектив екологізації сільськогосподарства проведено статистичний аналіз показників динаміки зміни площ органічного землеробства. Охарактеризовано показники надходжень енергетичних податків від аграрного сектору країн Європи та встановлено, що обсяги використання енергоносіїв скорочуються через впровадження інноваційних технологій отримання й споживання енергії. Доведено, що частка експлуатації транспортних засобів із нульовим викидом шийно зареєстрованих легкових автомобілів стрімко зростає через масштабну реалізацію програм екологізації автомобілебудування. Проведено аналіз показників утворення виробничих, безпечних і небезпечних відходів та визначено рівень переробки побутових відходів. Значна частка товарів отримується саме завдяки вторинній переробці матеріалів у багатьох розвинених країнах ринкової економіки. В процесі дослідження встановлено обсяги надання екологічних послуг органами державного управління у низці країн Європи з метою окреслення показників динаміки, проведення порівняльного аналізу та виявлення абсолютного відхилення. Досліджено, що в структурній моделі екологічної політики важливу функцію виконують механізми екологічного кредитування та субсидіювання, також встановлено та проаналізовано обсяги надання екологічних субсидій, які є невід'ємним елементом фінансового впливу на природоохоронну діяльність. Рекомендовано в Україні вивчати й впроваджувати досвід європейських країн щодо вирішення екологічних і ресурсних проблем шляхом реалізації політики сталого розвитку та збалансованого природокористування.

**Ключові слова:** парникові гази; органічне землеробство; енергетичні податки; електромобілізація; виробничі відходи; екологічні послуги; природоошадна політика; рециклінг.

### ВСТУП

В умовах фінансово-економічних криз для відновлення позитивної економічної динаміки і забезпечення сталого розвитку в країнах ринкової економіки успішно використовуються антикризові інноваційні механізми з регулювання природокористування. Значних успіхів у вирішенні еколого-економічної проблематики досягли країни ЄС, адже вони володіють необхідними управлінськими та технологічними можливостями, яких достатньо

для того, щоб контролювати процеси екологізації економіки й збалансованого природокористування. Значні темпи росту економіки доволі часто є прямо пропорційними динаміці погіршення стану навколишнього природного середовища, тому сьогодні надзвичайно актуальними є базові положення теорії економічного декаплінгу, яка відображає перспективи відокремлення економічного зростання від збільшення забруднення природи та хижацького споживання природних ресурсів. В Європі зберігається стала тенденція



загального погіршення якості природних умов та ресурсів, натомість ціни на ресурси стрімко зростають, а квоти на забруднення навколишнього середовища жорстко регулюються. Світова пандемія Covid-19 істотно прискорила процес необоротних змін глобальної економіки, для подальшого розвитку якої надзвичайно важливим є впровадження сучасних механізмів її екологізації з використанням нових доктрин регулювання процесів природозбереження. Російська збройна агресія проти України приведе до зміни світового порядку і змусить сформувати нові економічні цінності, в основі яких буде «озеленення» економіки, впровадження інноваційних технологій природокористування та подолання страшних екологічних наслідків війни. Вже сьогодні європейське співтовариство майже повністю трансформувало ресурсну політику, в основі якої стоїть раціональне використання всіх природних ресурсів і довгострокова стратегія екологізації економіки з широким застосуванням відновлювальних джерел енергії.

**Метою статті** є виявлення основоположних ознак природокористування європейських країн у контексті сталого розвитку та визначення рівня ефективності екологізації економіки з використанням статистичних показників.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Впровадження інноваційних механізмів регулювання природокористування є пріоритетним завданням у дослідженнях багатьох знаних вчених сучасності, серед яких: О.О. Веклич, І.В. Гончарук, С.І. Дорогунцов, А.О. Нікітішин, Ю.М. Харазішвілі, М.А. Хвесик, О.В. Ходаківська, О.І. Фурдичко та ін.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження цієї проблематики застосовувалися такі методи, як порівняльний аналіз, логічні побудови, методи статистичної обробки результатів досліджень, емпіричний, функціональний та системний

методи, використання яких дає можливість з різних ракурсів підійти до розгляду складових елементів вивчення тематики.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В сучасних економічних умовах господарювання багато європейських країн вбачають для себе пріоритетним завданням створення такої моделі економіки, яка буде фокусувати увагу на необхідності прийняття виважених рішень, що матимуть вагомий вплив на перспективу поступального розвитку господарства в контексті підтримання певного балансу між виробництвом і природокористуванням. У країнах ЄС тривалий період часу розробляються такі новітні механізми сталого розвитку, які дають можливість мінімізувати екологічні ризики та максимізувати прибутки без деструктивних змін навколишнього природного середовища. Для більшості країн європейського простору стратегічним завданням розвитку їх економіки є впровадження системних підходів екологізації господарства, що передбачає можливість більш заощадливого використання природних ресурсів, масового застосування безвідходних технологій і чіткого дотримання природоохоронної законодавства. «Зелені технології» спрямовані першочергово на досягнення очікуваних еколого-економічних результатів за сприяння екологорієнтованого фінансового ринку та послідовної державної політики щодо збалансованого природокористування. В суспільстві цивілізованого світу є повне розуміння необхідності природозбереження через технологізацію виробництва і використання ефективних інструментів впливу на тих виробників, підприємства яких несуть пряму загрозу для охорони біорізноманіття та існування людини [1]. Саме викиди парникових газів та інших забруднювачів повітря можуть викликати незворотні процеси в сучасних екосистемах і значно погіршувати умови виживання біоти. Згідно з даними *табл. 1*, у країнах Європейського Союзу немає значної узагальної позитивної динаміки щодо зни-

Таблиця 1. Динаміка викидів парникових газів та інших забруднювачів повітря від кінцевого використання продуктів у країнах ЄС у період 2015–2019 рр. (т)

Види продуктів	Роки				
	2015	2016	2017	2018	2019
Загальна кількість продуктів	2 415 728 497	2 435 778 363	2 472 013 068	2 431 573 323	2 310 019 743
Продукція с/г та мисливства	49 345 622	48 483 172	50 391 604	50 027 387	49 249 154
Продукція лісгоспу, лісозаготівлі	2 958 064	2 939 845	3 126 924	3 117 604	2 982 266
Вилов риби і аквакультура	4 443 401	5 502 550	5 396 883	5 276 150	5 126 446
Добування корисних копалин	12 641 817	7 483 831	7 750 113	7 734 460	7 506 887
Тютюн, харчові продукти та напої	174 154 164	175 161 721	176 196 815	174 120 909	166 925 028
Текстиль, одяг, взуття та шкіра	33 043 071	33 346 778	34 477 355	34 025 778	32 307 081
Деревина та вироби з дерева та корка	4 540 090	3 932 716	4 087 440	4 012 194	3 736 224
Папір і паперові вироби	11 140 772	10 375 580	10 339 469	10 045 977	9 627 479
Кокс і продукти переробки нафти	95 333 729	91 386 512	92 037 912	91 904 357	89 867 716
Хімічні речовини та хімічні продукти	30 383 142	29 413 428	30 357 213	29 626 359	28 269 786
Фармацевтична продукція	14 928 969	15 567 178	15 457 530	15 425 043	14 606 099
Гумові та пластмасові вироби	8 859 760	8 719 760	8 845 113	8 646 900	8 182 143
Комп'ютери, електроніка і оптика	23 361 773	22 813 143	23 782 749	23 717 197	22 953 940
Машини та обладнання	44 537 257	43 850 275	45 728 764	45 493 954	43 361 508
Автомобілі, причепа та напівпричепа	67 399 274	79 291 725	81 526 020	80 334 530	76 141 119
Електрика, газ, пара та кондиціонування	374 788 164	386 646 665	383 749 009	360 791 652	314 574 655
Послуги торгівлі та ремонту автомобілів	26 950 495	26 684 970	27 201 300	26 728 534	25 844 897
Послуги наземного транспорту	73 206 251	77 769 437	81 076 480	81 062 449	79 439 818
Послуги водного транспорту	13 249 295	11 100 334	11 883 161	12 276 828	11 974 892
Послуги авіатранспорту	68 918 959	62 014 019	61 911 052	63 620 923	65 167 529
Прямі викиди домогосподарствами	721 621 294	735 066 661	731 523 631	719 722 378	716 367 752

Примітка: складено автором на основі даних [2].

ження викидів забруднювачів атмосфери, хоча від кінцевого використання деяких видів продуктів негативний вплив зменшився.

Згідно з даними *табл. 1*, упродовж 2015–2019 рр. у результаті видобутку корисних копалин викиди в атмосферу скоротились на 5134930 т, використання тютюну, харчових продуктів та напоїв – на 7229136 т, використання коксу і продуктів переробки нафти – на 5466013 т, споживання електроенергії, газу, пари та кондиціонування – на 60213509 т, через надання послуг авіатранспорту – на 3751430 т, а завдяки прямим викидам домогосподарств – на 5253542 т, тоді як за застосування автомобілів, причепів та напівпричепів кількість викидів зросла на 8741845 т, а через надання послуг наземним транспортом – на 6233567 т. Сукупні ж показники по ЄС щодо кількості таких викидів знизились на 105708754 т, що свідчить про загальні позитивні технологічні та еколого-економічні зрушення щодо покращання якості атмосферного повітря, хоча цей період може розглядатись лише як проміжний етап реалізації процесів регулювання природозбереження.

Через порушення вуглецевого балансу Земля може нагрітись більш ніж на 1,5°C уже у 2030-х роках. Згідно з Паризькою кліматичною угодою 2015 р., щоб не допустити такого стрімкого потепління, необхідно терміново зменшити викиди вуглецю та знизити вартість енергії, виробленої на вітрових та сонячних електростанціях, при цьому всі країни мають прикласти макси-

мальних зусиль для досягнення нульового рівня викидів парникових газів [3].

Забруднення повітря токсичними і парниковими газами має значний негативний вплив на родючість ґрунтів, вегетацію рослин, змінює хімічний склад вод, що використовуються для іригації полів, а хімізація полів не завжди є максимальною контрольною, в сукупності формують цілий комплекс проблем розвитку агробізнесу та погіршують екологічну складову довкілля. Програми розвитку органічного землеробства спрямовані на вирішення цих проблем та можуть цілком задовольнити попит споживача на якісну агропродукцію. В Європі сумарний розмір посівних площ, які відведені під органічні сільськогосподарські культури сягає близько 13,8 млн га і впродовж 2012–2019 рр. ці площі збільшилися на 46–48%. У таких країнах, як Австрія, Естонія, Німеччина та Швеція, частка органічних аграрних площ становить 20–26%, при цьому у Швеції частка органічних зернових та свіжих овочів сягала у межах 8% та 20% відповідно.

Реальна частка площ під органічне землеробство постійно змінюється, а уряди європейських країн всіляко стимулюють фермерські господарства, які використовують екологічні методи вирощування агрокультур для покращання якості та безпечності технологій виробництва харчових продуктів (*табл. 2*).

Аналізуючи показники, наведені у *табл. 2*, встановлюється певна тенденція, що в переважній частині країн Європи

**Таблиця 2. Динаміка зміни частки площ органічного землеробства як складової сільськогосподарських земель європейських країн у 2015–2020 рр. (%)**

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Євросоюз	6,56	7,09	7,48	8,03	8,49	9,08
Австрія	20,30	21,25	23,37	24,08	25,33	25,69
Бельгія	5,17	5,80	6,28	6,56	6,85	7,25
Болгарія	2,37	3,20	2,72	2,56	2,34	2,30
Греція	7,69	6,51	7,96	9,32	10,26	10,15
Данія	6,33	7,81	8,60	9,75	11,09	11,45
Естонія	15,68	18,02	20,01	20,98	22,33	22,41

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Іспанія	8,24	8,48	8,73	9,28	9,66	9,98
Італія	11,79	13,99	14,67	15,17	15,16	15,97
Ірландія	1,65	1,72	1,66	1,65	1,63	1,66
Кіпр	3,72	4,94	4,61	4,55	4,98	4,37
Латвія	12,29	13,42	13,92	14,47	14,79	14,79
Литва	7,11	7,50	7,98	8,13	8,14	8,00
Люксембург	3,21	3,47	4,15	4,39	4,42	4,63
Нідерланди	2,67	3,03	3,31	3,50	3,75	3,95
Норвегія	4,83	4,85	4,79	4,70	4,59	4,58
Польща	4,03	3,72	3,41	3,33	3,49	3,52
Португалія	6,53	6,74	7,04	5,93	8,16	8,05
Сербія	0,44	0,41	0,39	0,55	0,61	0,60
Словенія	8,85	9,12	9,60	10,01	10,35	10,29
Туреччина	1,34	1,39	1,49	1,69	1,44	1,01
Угорщина	2,43	3,48	3,73	3,92	5,71	6,03
Фінляндія	9,91	10,47	11,41	13,09	13,48	13,93
Франція	4,54	5,29	5,99	7,01	7,72	8,71
Хорватія	4,94	6,05	6,46	6,94	7,19	7,21
Чехія	13,68	14,00	14,09	14,76	15,19	15,33
Швейцарія	12,91	13,40	14,37	15,40	16,27	16,98
Швеція	17,14	18,30	19,16	20,29	20,43	20,31

*Примітка:* складено автором на основі даних [2; 4].

спостерігається позитивна динаміка збільшення площ під органічне землеробство. Так, за період 2015–2020 рр. в Естонії ці площі зросли на 6,73%, Австрії – на 5,39, Данії – на 5,12, Італії – на 4,18, Франції – на 4,17, Швейцарії – на 4,07, Швеції – на 3,17, Угорщині – на 3,60%, тоді як у Болгарії, Норвегії, Польщі, Туреччині такі площі навіть неістотно зменшились, хоча загальний показник по ЄС збільшився на 2,52%. Це свідчить про те, що відзначається прагматична еволюція в реалізації програм органічного землеробства і кардинально змінити ситуацію за короткий період часу неможливо, адже мають відбутись складні процеси переорієнтації ринків агропродукції та структурні перетворення еколого-технологічного характеру вирощування сільськогосподарських культур [5].

Для збільшення ефективності регулювання процесів природокористування важливим механізмом стає надходження

податків від тих галузей економіки, діяльність яких значно порушує рівновагу між виробництвом і природним середовищем. Енергетичний чинник найчастіше викликає зміни в навколишньому природному середовищі необоротного характеру і при цьому є одним із найбільших забруднювачів екосистем.

Надходження від енергетичних податків аграрного сектору економіки щороку зростають, але позитивна динаміка є незначною і характеризується певною мінливістю показників, що свідчить про невисоку ефективність фіскальної політики щодо аграріїв та специфічні особливості функціонування в Європі сільського, лісового й рибного господарства (табл. 3).

Проаналізувавши показники надходжень енергетичних податків від аграрного сектору економіки за 2015–2020 рр. стає цілком зрозуміло, що мінімально такі надходження зросли лише в: Данії – на 1,26%,

Таблиця 3. Динаміка надходжень енергетичних податків від сільського, лісового та рибного господарств країн Європи в період 2015–2020 рр. (%)

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Євросоюз	2,84	2,78	2,86	2,80	2,75	2,88
Австрія	2,29	2,25	2,18	2,14	2,10	2,01
Бельгія	1,41	1,96	2,17	2,16	2,10	2,02
Болгарія	5,17	4,47	4,33	4,54	3,78	3,40
Греція	5,17	5,25	4,95	4,43	4,32	5,29
Данія	2,72	2,69	2,95	2,77	3,26	3,98
Естонія	9,02	8,65	4,57	6,22	6,79	5,70
Іспанія	1,24	1,19	1,22	1,28	1,02	1,39
Італія	2,31	2,28	2,40	2,26	2,23	2,57
Ірландія	2,40	2,07	2,16	1,95	1,99	1,81
Латвія	7,47	8,29	5,50	6,00	5,61	6,68
Литва	6,15	5,71	4,86	4,62	4,59	4,69
Люксембург	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Нідерланди	4,11	3,87	3,93	3,74	3,53	3,90
Німеччина	2,85	2,84	3,01	2,93	2,90	2,94
Норвегія	1,62	1,72	1,93	1,93	1,94	2,67
Польща	4,94	4,44	4,14	3,43	3,29	2,64
Фінляндія	2,42	3,14	3,10	3,44	2,96	3,37
Франція	2,50	2,40	2,64	2,82	2,90	2,89
Хорватія	6,54	6,34	6,59	6,70	6,70	6,70
Чехія	4,90	4,61	4,35	3,93	3,69	4,17
Швейцарія	2,31	2,28	2,18	2,12	2,09	2,15
Швеція	5,00	4,58	4,56	4,47	4,37	3,98

Примітка: складено автором на основі даних [4; 8].

Норвегії – на 1,05, Фінляндії – на 0,95, Бельгії – на 0,61, Франції – на 0,39, Італії – на 0,26%, тоді як у багатьох країнах спостерігається зниження таких надходжень, або вони залишаються незмінними. Обсяги використання енергоносіїв скорочуються через стрімке впровадження інноваційних технологій, перехід на органічне землеробство, завдяки чому знижується рівень надходжень від енергетичних податків, але й аграрний сектор поступово втрачає свої позиції в господарстві ЄС через пришвидшений розвиток третинного сектору економіки та збільшення частки імпорту сільськогосподарської продукції [6].

Одним з індикаторів забруднення атмосферного повітря є частка викидів токсичних парникових газів автомобілями з дви-

гунами внутрішнього згоряння. За останні роки масштабної автомобілізації такий вид транспорту збільшив викиди CO<sub>2</sub> в повітря від 13,3% до 15,5%, що стало вагомим аргументом для екологізації автотранспорту. Результатом цього є зростання частки вживаних та нових легкових автомобілів із нульовим рівнем викидів. У *табл. 4* наведені показники зміни частки транспортних засобів із нульовим рівнем викидів у щойно зареєстрованих легкових автомобілях.

Згідно з показниками *табл. 4*, у період 2015–2020 рр. в усіх досліджуваних європейських країнах спостерігається збільшення частки тільки зареєстрованого автотранспорту з нульовим викидом, а деяким країнам вдалось досягти приголомшливих результатів. Так, у Норвегії за цей період часу така частка зросла на 34,5%, Ісландії –

Таблиця 4. Частка транспортних засобів із нульовим викидом у щойно зареєстрованих легкових автомобілях Європи в період 2015–2020 рр. (%)

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Євросоюз	0,4	0,4	0,7	1,0	1,9	5,3
Австрія	0,5	1,2	1,5	2,0	2,8	6,2
Бельгія	0,3	0,4	0,5	0,7	1,6	3,3
Велика Британія	0,4	0,4	0,5	0,7	1,6	6,4
Данія	2,2	0,6	0,3	0,7	2,5	7,0
Естонія	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	1,9
Іспанія	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	2,1
Італія	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	2,3
Ірландія	0,4	0,3	0,5	1,0	3,1	4,5
Ісландія	2,8	2,0	4,0	4,3	9,6	26,2
Латвія	0,1	0,2	0,4	0,8	0,6	2,1
Литва	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4	1,1
Люксембург	0,2	0,3	0,7	0,9	1,8	5,5
Нідерланди	0,7	1,1	1,9	5,4	13,8	20,2
Німеччина	2,2	0,6	0,3	0,7	2,5	7,0
Норвегія	17,1	15,7	20,9	31,2	42,3	51,6
Польща	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,8
Португалія	0,4	0,4	0,8	2,0	3,1	5,2
Словаччина	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	1,1
Туреччина	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Фінляндія	0,2	0,2	0,4	0,6	1,7	4,3
Франція	0,9	1,1	1,2	1,4	1,9	6,7
Хорватія	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	1,5
Чехія	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	1,6
Швейцарія	0,9	1,0	1,5	1,7	4,2	7,9
Швеція	0,9	0,8	1,1	2,0	4,4	9,3

Примітка: складено автором на основі даних [2; 4].

на 23,4, Нідерландах – на 19,5, Швеції – на 8,4, Швейцарії – на 7,0, Великій Британії – на 6,0, Франції – на 5,8, Німеччині – на 4,8%, при загальному збільшенні по ЄС на 4,9%. Цьому є прагматичне пояснення, адже процес екологізації авто-транспорту відбувається вже тривалий період часу, уряди країн всіляко стимулюють автовиробників переходити на природо- та ресурсозаощадливі технології, що дасть можливість мінімізувати екологічні ризики та забезпечити попит вибагливих споживачів на інноваційну автопродукцію. Апгрейд автомобільної індустрії першочергово передбачає глибоку модернізацію галузі, в якій вагоме місце має займати

електромобілізація та випуск гібридних авто.

На фоні відновлення потужностей промислових виробництв Європи в постковідний період, стрімко зростають обсяги утворення виробничих відходів, що також створює значну екологічну загрозу, адже потужності з переробки відходів значно поступаються виробничим. Кількість відходів істотно залежить від рівня технологізації виробництва та від ступеня його ресурсоемності. В країнах з ефективним природоохоронним законодавством спостерігаються поступові позитивні зрушення в контексті зниження обсягів побутових та виробничих відходів (табл. 5).

Таблиця 5. Динаміка утворення виробничих відходів господарствами деяких європейських країн у період 2010–2020 рр. (т)

Країни	Рік					
	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Австрія	2958490	3636406	5395577	5641050	5713934	5139829
Бельгія	14327418	12956261	14327120	14703988	16849834	14223622
Болгарія	3306468	3008673	3274860	3469171	2542668	4920657
Греція	4940825	4183313	4894471	4649811	5308764	4361608
Данія	1552155	1376849	1083548	1016093	1011712	1095605
Естонія	3715887	4120946	4406853	8876284	4368834	3974702
Іспанія	16479926	14594016	14813850	14269033	13709387	13246112
Італія	35927619	26881601	26519662	27819564	28408150	26531088
Кіпр	131587	98033	613080	811535	374338	210882
Латвія	374867	395958	244721	491950	384041	485488
Литва	2647996	2551321	2608734	2742190	2637354	2186749
Люксембург	867410	509431	285694	756497	621237	600895
Мальта	9078	24702	24523	27068	26323	30185
Нідерланди	14094074	14111372	13452298	13827776	13991033	13241725
Німеччина	48981040	56595631	61083247	55911876	56536896	55104402
Норвегія	2687220	2639157	1683245	1567319	1809855	1910481
Польща	28617767	31134971	31431202	30072076	29791366	27327454
Португалія	2742663	2596907	2523889	2546030	3018899	2950436
Румунія	7696852	6056617	6744590	7793780	7847884	6572804
Словаччина	2668787	2516482	2613258	3445801	3413878	3067348
Сербія	1135357	759822	868864	1282966	1505138	1099711
Угорщина	3134037	2990939	2699460	2688266	2624164	2545367
Фінляндія	15211273	14531463	10292934	9350226	8572125	9504991
Франція	21587442	21404505	21796889	21747171	22465233	22244614
Хорватія	634415	422654	484906	444841	491150	449675
Чехія	4202465	4376398	4394322	4670643	5511743	4664816
Швеція	7822631	6157952	5725885	5800174	5173441	4701654

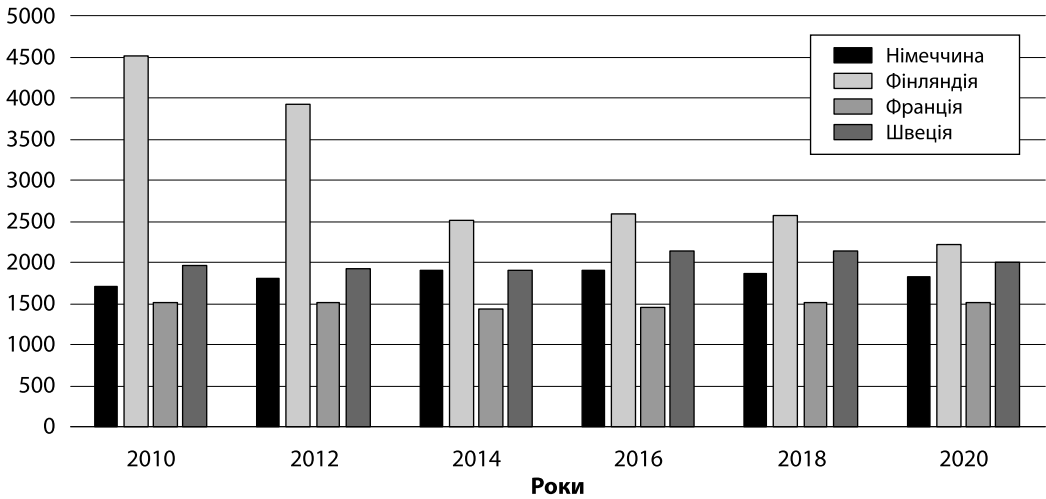
Примітка: складено автором на основі даних [7–9].

Аналіз показників, наведених у *табл. 5*, засвідчив, що за досліджуваний період 2010–2020 рр. найбільше знизилась обсяги виробничих відходів в Італії – на 9639531 т, Фінляндії – на 5706282, Іспанії – на 3233814, Швеції – на 3120977, Румунії – на 1124048 т, у той час як значно посилюється процес утворення таких відходів у Німеччині – на 6123362 т, Франції – на 657172, Чехії – на 462351, Словаччині – на 398561, Португалії – на 207773 т, а в решті країн такі зміни є незначними. Показники першої групи країн пов'язані з певною трансформацією виробництва та активним державним і корпоративним

регулюванням процесів формування виробничих відходів, для другої групи країн характерним є загальне економічне зростання й інтенсифікація виробництва, які продукують значні відходи.

В Євросоюзі процес утворення безпечних та небезпечних відходів усіма видами діяльності за період 2010–2020 рр. має доволі сталий та передбачуваний характер, свідченням чого є статистичні дослідження Eurostat. Особливо, починаючи з 2014 р. у Німеччині, Франції, Фінляндії і Швеції спостерігаються мінімальні коливання таких показників, що видно з *рис. [7–9]*.





Динаміка утворення безпечних та небезпечних відходів усіма видами діяльності, крім основних мінеральних відходів у деяких країнах ЄС упродовж 2010–2020 рр., кг/чол.

Примітка: розроблено автором.

Згідно з даними *рис.*, у Фінляндії успішно використовуються державні програми та інституційні регулятори утворення безпечних і небезпечних відходів усіма видами діяльності, вражаючи динаміку зниження яких припадає на 2010–2014 рр.

Майже 30% твердих побутових відходів спалюється в печах, що значно сприяє загальному забезпеченню населення теплом, а найвищий відсоток спалюваного сміття мають скандинавські країни, особливо Швеція і Фінляндія. Європейські країни беруть активну участь у міжнародній торгівлі відходами для їх подальшої переробки та утилізації, натомість політика України щодо поводження з відходами поки що не врегульована на державному рівні. Попередження утворення відходів та їх максимальна переробка є пріоритетним завданням урядів країн ЄС. В Україні на переробку спрямовується лише близько 5% відходів, 1–2% відходів спалюється, а решта потрапляє на сміттєзвалища. Нам необхідно орієнтуватись на те, що рівень переробки побутових відходів в Європі постійно зростає, свідченням чого є показники, вказані у *табл. 6*.

Згідно з показниками *табл. 6*, у європейських країнах з 2015 по 2020 рр. рівень

переробки побутових відходів зріс у таких країнах: Чехії – на 15,7%, Сербії – на 14,6, Литві – на 12,1, Хорватії – на 11,5, Латвії – на 11,0, Італії – на 7,1, Іспанії – на 6,4, Польщі – на 6,2, Австрії – на 5,4, Словенії і Болгарії – на 5,2, Нідерландах – на 5,1%. У Швейцарії, Естонії та Кіпрі такий показник практично не змінився, тоді як у Швеції, Данії, Бельгії та Португалії рівень переробки ПВ навіть знизився від 9,3% до 1,2% за збільшення рівня на 3,7% під час досліджуваного періоду. У країнах Центральної і Східної Європи значний ріст рівня переробки відходів пов'язаний із недавнім початком широкого освоєння технологій переробки і в короткостроковій перспективі завжди очікуються значні результати, тоді як у країнах Західної Європи такі технології використовуються доволі тривалий час, а рівень утворення відходів вдалося стабілізувати та знизити. Так, у Північній Європі впроваджуються проекти з поширення біорозкладних пакувальних матеріалів, у т. ч. через відомі мегаторгівельні мережі. В Бельгії практикують «реанімацію» вживаних речей, які після відновлення знову потрапляють на полиці, також впроваджуються програми повторного застосування будівельних ма-



Таблиця 6. Рівень переробки побутових відходів Європи в період 2015–2020 рр. (%)

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Євросоюз	44,9	45,9	46,3	46,4	47,2	48,6
Австрія	56,9	57,6	57,8	57,7	58,2	62,3
Бельгія	53,5	53,5	53,9	54,4	54,7	52,3
Болгарія	29,4	31,8	34,6	31,5	34,6	34,6
Данія	47,4	48,3	47,6	49,9	51,5	45,0
Естонія	28,3	27,9	28,2	28,0	30,8	28,9
Іспанія	30,0	33,9	36,1	34,8	38,0	36,4
Італія	44,3	45,9	47,8	49,8	51,4	51,4
Кіпр	16,6	16,1	16,0	16,7	16,6	16,6
Латвія	28,7	25,2	24,8	25,2	41,0	39,7
Литва	33,2	48,0	48,1	52,6	49,7	45,3
Люксембург	47,4	49,2	48,9	49,0	48,9	52,8
Нідерланди	51,8	53,5	54,6	55,9	56,9	56,9
Німеччина	66,7	67,1	67,2	67,1	66,7	69,6
Норвегія	42,8	38,2	38,8	40,7	40,9	45,0
Польща	32,5	34,8	33,8	34,3	34,1	38,7
Португалія	29,8	30,9	29,1	29,1	28,9	26,5
Сербія	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	15,4
Словенія	54,1	55,5	57,8	58,9	59,2	59,3
Угорщина	32,2	34,7	35,0	37,4	35,9	32,0
Фінляндія	40,6	42,1	40,5	42,3	43,5	41,6
Франція	40,7	39,7	40,2	40,7	41,0	42,7
Хорватія	18,0	21,0	23,6	25,3	30,2	29,5
Чехія	29,7	33,6	32,1	32,2	33,3	45,4
Швейцарія	52,7	52,5	52,5	52,5	53,0	52,8
Швеція	47,6	48,4	46,8	45,8	46,6	38,3

Примітка: складено автором на основі даних [7–9].

теріалів в індустрії будівництва та архітектури. У багатьох країнах функціонують центри оновлення побутових речей та товарів широкого вжитку, в які вдихається нове життя. Рециклінгу піддається у скандинавських країнах близько 50% відходів, а у країнах Західної Європи ідентичний показник коливається в межах 35–45%. Завдяки вторинній переробці матеріалів у розвинених країнах ринкової економіки виробляється домінуюча частка товарів [9–11].

Зростає обсяг та рівень якості надання екологічних послуг в європейських країнах, у т. ч. послуг з екологічного консалтингу, проектування й експертних послуг, ство-

рення проєктів з охорони біосфери, а також документації поводження з відходами, проведення екологічного аудиту підприємств, послуг з екологічної сертифікації та ліцензування. Обсяги надання послуг органами державного управління з охорони природи є доволі динамічними, простежуються як позитивні, так і негативні зрушення, але при цьому вони є потужним індикатором екологізації суспільної думки та економічних процесів у ЄС (табл. 7).

Згідно з даними табл. 7, щонайбільші обсяги надання екологічних послуг з 2015 по 2019 рр. в Італії, Іспанії, Нідерландах, Німеччині, Франції, Бельгії й Чехії, до того ж, значно знизився обсяг таких послуг в

Таблиця 7. Обсяги надання послуг органами державного управління з охорони довкілля європейських країн у період 2015–2019 рр. (млн євро)

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2019/2015
Євросоюз	78 221,9	82 196,7	82 994	84 067,5	86 435,5	8 213,6
Австрія	2 729,9	2 773,7	7 24,6	8 14,7	8 12,9	-1 917,0
Бельгія	2 536,9	2 655,7	2 782,9	2 976,1	3 061,4	5 24,5
Болгарія	265,6	273,3	300,1	320,0	318,5	52,9
Греція	907,0	1 092,0	1 122,5	1 160,8	1 170,3	263,3
Данія	757,5	752,0	770,2	757,2	769,7	12,2
Естонія	150,2	146,2	177,0	181,5	212,2	62,0
Іспанія	8 720,7	8 975,4	9 547,6	9 757,3	10 077,6	1 356,9
Італія	13 395,7	15 195	15 525	15 478,0	15 724,0	2 328,3
Ірландія	1 153,7	1 133,7	1 162,2	1 268,2	1 356,1	202,4
Ісландія	87,5	101,5	125,9	136,8	140,7	53,2
Кіпр	113,1	113,9	100,8	127,1	138,1	25,0
Латвія	159,7	122,0	117,3	124,6	148,3	-11,4
Литва	338,4	304,2	306,1	304,8	281,2	-57,2
Люксембург	167,9	169,0	177,6	190,9	219,9	52,0
Нідерланди	9 748,6	10 375,0	10 713,0	11 135,9	11 405,4	1 656,8
Німеччина	13 435,0	13 805,3	14 468,8	14 559,5	15 142,3	1 707,3
Норвегія	2 067,8	2 124,1	2 231,5	2 283,5	2 336,8	269,0
Польща	1 333,0	1 243,3	1 299,5	1 063,5	985,6	-347,4
Португалія	937,4	1 065,6	988,1	979,1	1 055,1	117,7
Словаччина	632,7	631,3	653,3	703,5	784,0	151,3
Туреччина	2 717,6	2 894,5	2 659,8	2 322,3	2 169,3	-548,3
Угорщина	276,4	320,2	592,6	346,0	413,1	136,7
Фінляндія	398,4	391,7	382,1	395,0	385,2	-13,2
Франція	15 157,6	15 578,9	15 769,1	15 937,2	16 191,4	1 033,8
Хорватія	281,8	295,6	321,0	302,1	328,3	46,5
Чехія	1 206,7	1 207,4	1 310,0	1 437,7	1 509,9	303,2
Швейцарія	4 471,4	4 498,7	4 433,0	4 295,9	4 578,2	106,8
Швеція	2 663,5	2 886,7	2 864,1	2 908,9	2 957,9	294,4

Примітка: складено автором на основі даних [8; 9].

Австрії Туреччині, Польщі, Латвії, Литві та Фінляндії. У першій групі країн і сукупний рівень надання послуг дуже значний на фоні стрімкого розвитку сфери послуг, у т. ч. послуг природоохоронного спрямування, тоді як для другої групи країн характерним є невелика кількість ймовірних споживачів екологічних послуг, а в Польщі та Туреччині ще зберігається високий обсяг виготовлення продукції матеріальної сфери. Як бачимо, в Євросоюзі загальні обсяги надання екологічних послуг за досліджуваний період зросли на 8 213,6 млн євро.

У низці країн запроваджуються податкові пільги в регулюванні стану довкілля, що мають стати потужним стимулом для виробників переходити на екологічно чисті технології. Такі пільги мають враховувати інтереси різних груп платників податків. У Німеччині звільнені від сплати податків компанії, які виробляють скло, бетон, гіпс, вироби з кераміки. Знижені податкові ставки діють на електроенергію, що отримується через використання відновлювальних джерел та на такі ГЕС, які мають генератори потужністю не нижче

10 МВт. Податкові пільги на повітряний трафік мають авіаційні компанії Швеції, які використовують екологічні технології авіаперевезень пасажирів. Багато країн впроваджують податкові пільги для тих підприємств, які за виробництва електроенергії дають низькі викиди CO<sub>2</sub>. Одним із нормативно-правових документів, що регламентує встановлення екологічних податкових пільг в електроенергетиці є Директива Ради ЄС № 2003/96/ЄС щодо оподаткування енергопродуктів та електроенергії [10].

У структурі європейської екологічної політики досить ефективно функціонує і механізм екологічного субсидювання на екологізацію виробництв.

Отримати такі субсидії можуть як конкретні громади, так і окремі громадяни, що мають малі доходи. У розвинених країнах ринкової економіки державні субсидії становлять чверть витрат тих виробників, які займаються природоохоронною діяльністю. Екологічні субсидії мають мотивувати компанії, що використовують інноваційні технології, що знижують рівень забруднення довкілля і дають можливість ефективніше застосовувати природні ресурси. Динаміка екологічного субсидювання виробництв є неоднозначною та мінливою, про що свідчать дані, наведені у *табл. 8* щодо деяких європейських країн за 2015–2020 рр.

Аналізуючи показники, наведені в *табл. 8*, стає зрозумілим, що обсяги надання екологічних субсидій є досить динамічними як у сторону зростання, так і в сторону зниження. Серед групи досліджуваних країн істотно зросли такі субсидії в: Швеції – на 802,35 млн євро, Іспанії – на 527,13 та Ірландії – на 328,24 млн євро, тоді як у Болгарії й Данії вони навіть трохи скоротились. Рівень екологічного субсидювання залежить від цілої низки чинників, зокрема від ступеня негативного впливу виробників на довкілля, технологічної відповідності екологічному законодавству, рівня доходів суб'єктів господарювання, розвиненості банківсько-фінансової системи та ін. Екологічні субсидії можуть стати одним із мегарегуляторів природокористування та природозбереження у світовій економіці.

У країнах ЄС широко використовуються системні регулятори процесів природокористування та охорони навколишнього середовища. Фінансово-економічні та правові інструменти є найбільш ефективними в процесі реалізації екологічної політики. Європейські країни вміло поєднують найрізноманітніші методики екологічного регулювання, що має значний вплив на якість природоохоронної політики. В нашій країні майже не використовуються злагоджені механізми природокористування, а підбір

**Таблиця 8. Екологічні субсидії на екологізацію економічної діяльності деяких європейських країн у період 2015–2020 рр. (млн євро)**

Країни	Рік					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Болгарія	138,41	108,67	83,04	111,89	89,89	104,65
Данія	1391,78	1316,21	1469,86	1190,08	1179,80	1380,24
Іспанія	4076,67	3576,52	3305,92	3574,77	4037,38	4603,80
Ірландія	615,62	737,19	869,78	1042,95	933,26	943,86
Люксембург	108,70	65,00	89,70	98,50	106,50	179,10
Мальта	135,96	49,26	64,48	129,57	138,46	139,28
Нідерланди	3147,69	3323,60	3637,68	3931,24	—	—
Норвегія	—	—	1153,27	1136,89	1221,32	1314,80
Румунія	471,39	384,00	408,12	700,39	1051,05	478,79
Швеція	501,91	731,46	822,81	1316,42	1121,37	1304,26

*Примітка:* складено автором на основі даних [2; 8; 9].

ефективних для цього інструментів займає надто багато часу [11; 12].

Україні важливо вивчати та впроваджувати досвід країн Євросоюзу, в яких реалізується дуже багато якісних інноваційних природоохоронних програм, що спрямовані на покращання умов розвитку промисловості та ведення агробізнесу, створення фундаментальних основ для збалансованого розвитку громад і досягнення цілей сталого розвитку й збалансованого природокористування [13].

## ВИСНОВКИ

Екологізація ринкової економіки є стратегічним завданням урядів усіх країн ЄС. Статистичні показники є одними з основних індикаторів рівня ефективності природокористування і комплексно відображають складні процеси екологізації економіки. Екологічна політика європейських країн спрямована на модернізацію господарства через використання багатьох механізмів регулювання економіки, найбільш дієвими серед них є екологічне переоснащення виробництв, їх комплексна автоматизація та роботизація, впровадження безвідходних технологій, фінансові механізми регулювання природокористування й системна індикація стану навколишнього природного середовища.

Важливим інструментом фінансового механізму є екологічний податок, процентна ставка якого має зростати для тих суб'єктів господарювання, виробнича діяльність яких спрямована на погіршення якості навколишнього середовища та знижуватись для тих виробників, які цілком дотримуються природоохоронних норм. Екологізація фіскальної політики орієнтована на досягнення природоохранного ефекту з мінімальними втратами для довкілля. Інноваційні природоохоронні технології мають забезпечити стійкий прогрес щодо якості і повноти використання природних

ресурсів, а реалізація програм екологічного інвестування й кредитування повинна мотивувати бізнес дотримуватись чинного екологічного законодавства та брати участь у реалізації проєктів природоохоронного спрямування.

Сучасна природоохранна політика країн ЄС передбачає усвідомлення громадянським суспільством постулатів вичерпності та невідновлювальності більшості природних ресурсів у площині їх масштабного технологічного освоєння й різкого зниження економічного та якісного потенціалу ресурсів. Україні важливо вивчати та запроваджувати досвід країн ЄС в контексті базових принципів розвитку господарства і специфіки проєктування, створення, використання ресурсоощадних технологій. Вітчизняна система використання індикаторів якості природокористування є недостатньо ефективною та звуженою, що не дає можливості отримати реальну оцінку рівня освоєння ресурсів та прогнозувати природоохранні перспективи.

Найкращим способом вирішення екологічних та ресурсних проблем є їх профілактика, що передбачає впровадження енерго- та ресурсоощадних технологій, екологічну трансформацію виробничих процесів та прийняття раціональних природоохоронних рішень, спрямованих на зниження негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище і створення сприятливих умов для відновлення екосистем. Також важливо мінімізувати процес утворення шкідливих речовин у виробництві завдяки поширенню прогресивних виробничих технологій та реалізації практичних заходів з охорони навколишнього природного середовища. Проєктування, розробка й імператив екологічних стандартів нового типу може забезпечити такий економічний поступ, який задовільнить інтереси бізнесових кіл та створить алгоритм для збереження біосфери.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дорогунцов С.І., Муховиков А.М., Хвесик М.А. Оптимізація природокористування: навч. посіб. Київ, 2004. Т. 1. 291 с.
2. Eurostat. Environmental tax revenues. URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_ac\\_tax&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_tax&lang=en) (дата звернення: 03.03.2022 р.).

3. Харазішвілі Ю.М. Системна безпека сталого розвитку: інструментарій оцінки, резерви та стратегічні сценарії реалізації: моногр. Київ, 2019. 304 с.
4. Eurostat. Environmental tax revenues. URL: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> (дата звернення: 07.03.2022 р.).
5. Крохтяк О.В. Оцінка якості земель сільськогосподарського призначення для ведення органічного виробництва. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 3. С. 130–137.
6. Нікітішин А. Податкове регулювання як інструмент державної екологічної політики. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2017. № 2. С. 126–137.
7. Database on instruments used for environmental policy. URL: [http://www2.oecd.org/eoicst/queries/Query\\_2.aspx?QryCtx=1#](http://www2.oecd.org/eoicst/queries/Query_2.aspx?QryCtx=1#) (дата звернення: 08.03.2022 р.).
8. Taxing Energy Use. URL: <http://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oecd&lg=en> (дата звернення: 18.03.2022 р.).
9. Robertson C. Williams III. Environmental Taxation. *NBER Working paper*. 2016. № 22303. P. 5–8. URL: <http://www.nber.org/papers/w22303.pdf> (дата звернення: 22.03.2022 р.).
10. Гончарук І.В. Сучасний стан енергозабезпечення агропромислового комплексу України. *Економіка та держава*. 2020. № 10. С. 93–98.
11. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: моногр. Київ: ТОВ «ДІА», 2014. 430 с.
12. Ходаківська О.В. Екологізація аграрного виробництва: сучасні виклики та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2015. № 5. С. 43–47.
13. Економічні аспекти управління природними ресурсами та забезпечення сталого розвитку в умовах децентралізації влади в Україні / за ред. М.А. Хвесика, С.О. Лизуна. Київ: ДУ ІЕПСР НАН України, 2015. 72 с.

## REFERENCES

1. Dorohuntsov, S.I., Mukhovykov, A.M. & Khvesyk, M.A. (2004). *Optimizatsiia pryrodokorystuvannia: navchal'nyy posibnyk [Optimization of nature management: tutorial]*. (Vol. 1). Kyiv [in Ukrainian].
2. Eurostat. Environmental tax revenues. (2022). URL: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_ac\\_tax&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_tax&lang=en) [in English].
3. Kharazishvili, Yu.M. (2019). *Systemna bezpeka staloho rozvytku: instrumentarii otsinky, rezervy ta stratehichni stsennarii realizatsii: monohrafiia [Systemic security of sustainable development: assessment toolkit, reserves and strategic implementation scenarios: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Eurostat. Environmental tax revenues. (2022). URL: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> [in English].
5. Krokhtiak, O.V. (2017). Otsinka yakosti zemel silskohospodarskoho pryznachennia dlia vedennia orhanichnoho vyrobnytstva [Assessment of the quality of agricultural land for organic production]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 3, 130–137 [in Ukrainian].
6. Nikitshyn, A. (2017). Podatkove reguljuvannia yak instrument derzhavnoi' ekolohichnoi' polityky [Tax regulation as an instrument of state environmental policy]. *Zovnishnya torgivlya: ekonomika, finansy, pravo — Foreign trade: economics, finance, law*, 2, 126–137 [in Ukrainian].
7. Database on instruments used for environmental policy. (2022). URL: [http://www2.oecd.org/eoicst/queries/Query\\_2.aspx?QryCtx=1#](http://www2.oecd.org/eoicst/queries/Query_2.aspx?QryCtx=1#) [in English].
8. Taxing Energy Use. (2022). URL: <http://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oecd&lg=en> [in English].
9. Robertson, C. (2016). Environmental Taxation. *NBER Working paper*, 22303, 5–8. URL: <http://www.nber.org/papers/w22303.pdf> [in English].
10. Honcharuk, I.V. (2020). Suchasnyy stan enerhozabezpechennia ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [The current state of energy supply of the agro-industrial complex of Ukraine]. *Ekonomika ta derzhava — Economy and state*, 10, 93–98 [in Ukrainian].
11. Furdychko, O.I. (2014). *Ekolohichni osnovy zbalansovanoho rozvytku ahrosfery v konteksti yevropeys'koyi intehratsiyi Ukrainy [Ecological bases of balanced development of agrosphere in the context of European integration of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
12. Khodakivska, O.V. (2015). Ekolohizatsiia ahromoho vyrobnytstva: suchasni vyklyky ta perspektyvy rozvytku [Greening of agricultural production: modern challenges and development prospects]. *Ekonomika APK — Economy of agro-industrial complex*, 5, 43–47 [in Ukrainian].
13. Khvesyk, M.A. & Lyzun, S.O. (Eds.). (2015). *Ekonomichni aspekty upravlinnja pryrodnyimi resursamy ta zabezpechennia staloho rozvytku v umovakh decentralizatsiyi vlady v Ukraini [Economic aspects of natural resource management and ensuring sustainable development in the conditions of decentralization of power in Ukraine]*. Kyiv: DU IEPSSR NAN Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 07.05.2023

## СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

О.І. Дребот<sup>1</sup>, В.Ю. Касюхнич<sup>2</sup>, Т.Я. Васьків<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [drebotoksaba@gmail.com](mailto:drebotoksaba@gmail.com); ORCID: 0000-0003-2681-1074

<sup>2</sup>Державне підприємство «Ліси України» (м. Київ, Україна)  
e-mail: [kasvolodumur@gmail.com](mailto:kasvolodumur@gmail.com); ORCID: 0009-0008-8862-2803

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)  
e-mail: [vaskiv\\_1@ukr.net](mailto:vaskiv_1@ukr.net); ORCID: 0009-0000-9529-3050

У дослідженні представлено особливості формування сучасної стратегії розвитку лісової галузі України. Визначено, що здійснення стратегічного управління у повоєнний період має бути засновано на забезпеченні збалансованості лісокористування. Для підвищення ролі лісових ресурсів у частині національного багатства слід перейти до такої моделі лісокористування, яка б у єдиному взаємозв'язку забезпечувала належний прибуток лісових підприємств, мінімізувала деструктивний вплив на лісові ресурси, а також забезпечувала б належний рівень екологічної та економічної безпеки для держави. Здійснено комплексну наукову оцінку інституційних аспектів економічних відносин у контексті існуючого вектора та умов розвитку лісопромислової галузі України, у т. ч. стратегічних орієнтирів, які затверджені Державною стратегією управління лісами до 2035 р. Розкрито сучасні особливості лісокористувань, які спричинені військовими діями в Україні. Також обґрунтовано алгоритм їх подальшого розвитку на різних рівнях економічної ієрархії. Викладено концептуальні підходи повоєнного управління лісовими ресурсами України в умовах кліматичних змін, що спостерігаються в останні десятиліття, а також відповідно до сучасних кліматично-орієнтованих стратегій у світі, що затверджені на саміті в Глазго у 2021 р. Приділено увагу шляхам протидії деструктивному впливу зміни клімату на лісопромисловий комплекс, а також проблемним питанням технологій лісовідновлення, лісорозведення та догляду за лісом з метою їх адаптації до сучасних змін клімату. Доведено, що головним завданням державної політики в сфері управління лісовими ресурсами є забезпечення ефективного й належного захисту, збалансованого використання та формування механізмів відтворення лісів, а також наявності відповідного інструментарію. Також відзначено, що на місцевих рівнях реалізація затвердженої стратегії розвитку лісовою господарства потребує розгалуженого підходу щодо окремих напрямів інноваційної діяльності лісової галузі. З'ясовано, що належний рівень впровадження комплексу визначених заходів формує сприятливі умови для дієвої реалізації положень затверджених нормативно-правових актів у частині використання та відтворення лісів в Україні.

**Ключові слова:** лісові ресурси, сталий розвиток, кластерний підхід, економіка природокористування, лісоресурсний потенціал, повоєнне відновлення.

### ВСТУП

Наразі лісова галузь економіки України переживає складний період зумовлений війною Росії проти України. Незважаючи на те що, лісовий сектор Україна має достатньо великі конкурентні переваги і одночасно здатний забезпечити як внутрішній, так зовнішні ринки для виробництва товарів із високою доданою вартістю. Базовою складовою лісового сектору є лісове господарство, де формуються і відтворюються

деревні та недеревні лісові ресурси. Серед основних умов і чинників, обумовлених появою і накопиченням системних проблем у сучасному лісовому господарстві, варто відзначити такі:

- високі темпи витрат деревини підприємствами та недосконала система логістики (переважно в довоєнний період);
- дефіцит кваліфікованих кадрів у багатьох регіонах, що спричинені об'єктивними причинами;
- істотні втрати лісових ресурсів від по-



жеж, збудників і хвороб, а також активних військових дій упродовж тривалого часу;

- низька швидкість лісовідновлення;
- частково недосконалий технічний рівень лісогосподарських робіт;
- слабо розвинена транспортна інфраструктура в лісах;
- порушення біологічного різноманіття лісів (у місцях інтенсивного освоєння лісів спостерігається зміна їх ресурсного та екологічного потенціалу, скорочення видового та екосистемного різноманіття, що вимагає особливої уваги у зв'язку з необхідністю виконання Україною низки взятих на себе міжнародних зобов'язань щодо збереження біологічного різноманіття, зокрема щодо глобальних змін клімату, вимог міжнародної системи лісової сертифікації).

Саме тому, з точки зору державного управління, слід виділити низку підходів та шляхів підтримки лісових господарств саме в контексті стратегічного розвитку, з урахуванням світового досвіду та особливостей сучасного важкого періоду в країні. На наш погляд, у розв'язанні проблеми повоєнного відновлення лісової галузі України варто підходити з точки зору поєднання таких складових, що й будуть комплексно оцінені під час цього дослідження: концептуальна; стратегічна; організаційна; кластерна; методологічна.

**Мета дослідження** полягає у визначенні стратегічних орієнтирів розвитку лісової галузі України та окресленні науково-організаційних положень щодо шляхів їх досягнення.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання стратегічного розвитку лісової галузі, загальну оцінку лісового потенціалу впродовж тривалого часу приділили такі визначні вчені, як: Гайда Ю. [1], Дребот О. [2–4], Даникевич С. [5], Дубас Р. [6], Сахарнацька Л. [7], Марфіна Н. [8], Фурдичко О. [9], Лицур І. [10], Яремко О. [12]. Однак, незважаючи на високий рівень праць зазначених вчених, залишається недостатньо

вивченим порушене в цьому дослідженні питання, а особливо в контексті повномасштабної збройної агресії і її наслідків для лісових ресурсів України.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час виконання цього дослідження використовувалися такі методи, як метод наукової абстракції і метод аналізу та синтезу (у процесі висвітлення реальних показників ефективності лісової галузі України), метод кластерного підходу (за розробки регіональної моделі розвитку лісового господарства України).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Лісові ресурси є одними з найбільших природних багатств, із великим рослинним біорізноманіттям, а також за рівнем впливу на навколишнє природне середовище. Ліс є складною екосистемою, яка здійснює прямий вплив на інші екосистеми і нерозривно пов'язана з ними. Саме від належної організації економічної та господарської складової лісового господарства залежить стабільність усієї галузі. Війна у державі вносить істотні корективи до роботи лісової галузі і головним завданням стоїть збереження лісів для нашого і майбутніх поколінь.

Серед сучасних проблем лісового господарства в умовах війни, які потребують нагального розв'язання, слід виділити такі:

- *деградація лісів* через незбалансоване ведення лісового господарства. Щороку Україна втрачає природні ліси, на місці яких створюються штучні посадки, вразливі в умовах зміни клімату та бідні з точки зору біорізноманіття;
- *зnelіснення*. Точна оцінка щорічних безповоротних втрат лісів відсутня, особливо те, що спричинено війною та незаконною вирубкою лісів, яка виникає за результатами бойових дій та окупації земель.

Це дві ключові проблеми, які потребують нагального вирішення. І в контексті досягнення цієї мети їй необхідно розв'язати з позиції стратегічного підходу. Виділення

зазначених підходів ґрунтується на оцінці світового досвіду державної підтримки лісових господарств, аналізу чинників та умов розвитку лісових господарств України, в необхідності їх модернізації, а також враховуючи положення Державної стратегії управління лісами до 2035 р. [11]. Щодо концептуальної складової, то з огляду на стратегічні цілі просторового розвитку України, доцільно актуалізувати та систематизувати елементи, які є головними концептами для розвитку державного лісового потенціалу та його регіональних компонентів — економічний, екологічний, соціальний. З позицій економічного компонента, ліс — це відновлювальний природний ресурс і надважлива складова національного багатства. У цій ролі він виступає базою для різних видів економічної діяльності та формування диверсифікованої економіки регіонів та ОТГ (об'єднаних територіальних громад), створення нових робочих місць. Ліс варто розглядати не лише як сировинну базу для деревної промисловості, а також як перспективну рекреаційну територію у післявоєнний період.

Своєю чергою, екологічну складову стратегічного орієнтуру слід розглядати з позицій низьковуглецевого розвитку. Ліси регулюють вміст вуглекислого газу в атмосфері. Виконуючи роль провідника у глобальних циклах води та вуглецю, ліси є генератором формування первинної біологічної продукції. Вони здатні впливати на наслідки викидів парникових газів, пов'язаних із результатами економічної діяльності людини (антропогенного впливу) і при цьому сприяти накопиченню вуглецю. З позицій національного та регіонального рівнів, лісовий потенціал потрібно розглядати як головну складову асиміляційного потенціалу території. Підкреслимо економічну складову використання лісових територій як депозитарного ресурсу — накопичення вуглецевих потоків та зберігання вуглецю. Істотним аспектом екологічної складової є кліматичний: як середовище, що загалом утворює ліс, який необхідний для підтримки клімату у глобальному, регіональному та місцевому масштабах.

Соціальна складова лісу вбачається в таких компонентах:

1 — *реабілітаційно-рекреаційний* — як системні об'єкти ліси здатні відновити біологічні та соціальні функції здоров'я людини;

2 — *культурно-історичний* — ліс є частиною культурно-історичного середовища, а також культурної спадщини, під впливом якої формуються культура та звичаї громад і національних меншин;

3 — *санітарно-гігієнічний* — ліси, особливо хвойні, очищують атмосферне повітря від механічних домішок і виділяють хімічні сполуки (фітонциди), що перешкоджають зростанню та розмноженню бактерій і вірусів; виконують захисну функцію в межах агломерацій, слугують буфером між міською й приміською зоною та є важливим естетичним елементом просторової структури міського господарства.

Очевидно, що економічний, екологічний та соціальний концепти зближуються на основі захисної функції, яку виконують ліси (лісові землі) щодо людини, соціуму, природних компонентів екосистем. Багатоцільове ведення лісового господарства, підвищення рівня використання деревини та її відходів, збільшення заготовок та переробки недержавної продукції лісу (плоди, ягоди тощо) також розглядається нині як захист безпеки сьогодення та інтересів майбутніх поколінь, а отже — як необхідну умову сталого розвитку. Однак значення лісового потенціалу трансформується залежно від масштабу розгляду об'єкта, і навіть пріоритетів соціально-економічного розвитку.

Відповідно, з цієї точки зору, стратегічний розвиток лісової галузі України можна представити у вигляді такого загального циклу (*рис. 1*).

У контексті України окремо варто зацентувати на такій складовій, як відтворення лісів. Зокрема, за даними Державного агентства лісових ресурсів України [14], попри активні військові дії відтворено лісів на площі 32 тис. га, зокрема шляхом лісорозведення або створення нових лісів 1,9 тис. га (*рис. 2*).

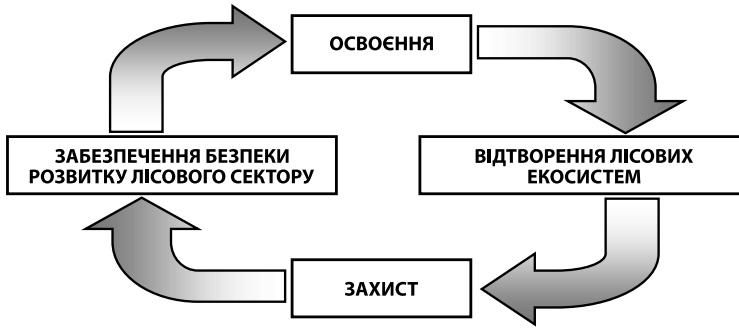


Рис. 1. Компонент-стратегії розвитку лісового господарства України

Примітка: сформовано авторами.

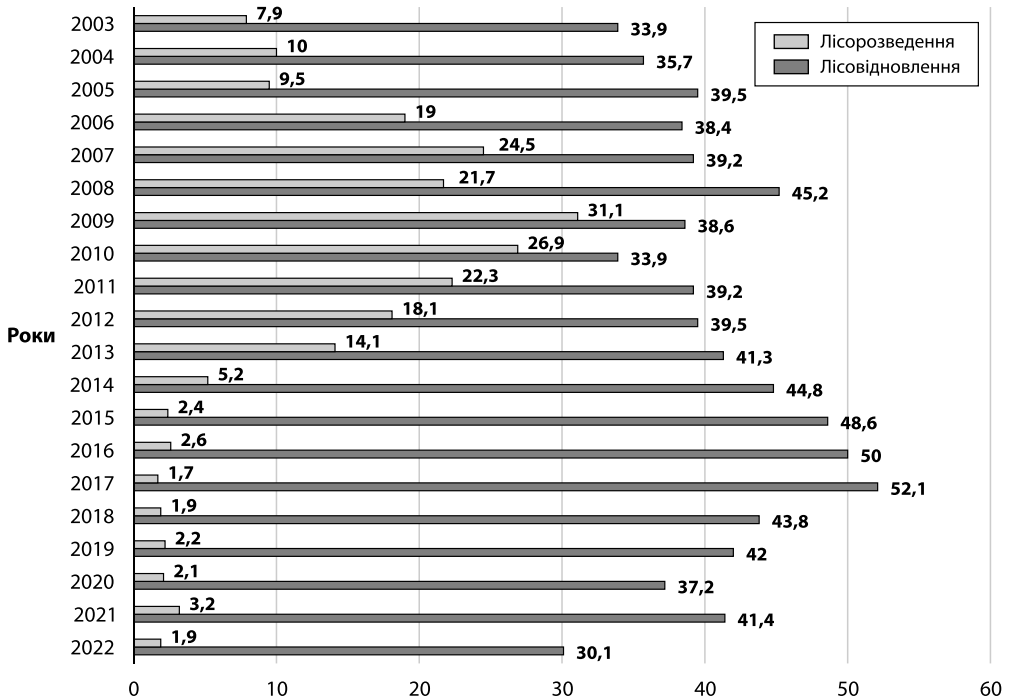


Рис. 2. Обсяги лісорозведення та лісовідновлення в Україні в період з 2003–2022 рр., тис. га [14]

Загальна кількість висаджених сіяньців (з врахуванням садивного матеріалу, який включений на сайт «Зелена країна») сягає понад 183,3 млн шт. Окрім того, впродовж 2022 р. державними лісгосподарськими підприємствами проведено заготівлю лісового насіння в кількості – 545,2 т. Також варто відмітити, що незважаючи на війну,

лісовій галузі вдається здійснювати висадку нових лісів, незважаючи на втрату 8% земель лісгосподарського призначення.

Очевидно, що подальше збільшення вищезазначених показників можливе передусім за умови формування відповідної та ефективної системи державного управління, зокрема на регіональних рівнях.

Своєю чергою, в контексті освоєння нових регіонів головним аспектом опанування є вивчення лісового потенціалу та створення перспективних моделей реалізації та розвитку лісового потенціалу з погляду національних пріоритетів та регіональних інтересів. У цих регіонах найважливішим пріоритетом є не лише створення нових лісів, а й збереження сталих природних екосистем та традиційних форм природокористування, які пов'язані з лісом.

Очевидними викликами, на вирішення яких спрямовані стратегічні орієнтири, є:

- погіршення якості довкілля та здоров'я населення (екологічні проблеми);
- зростаюча потреба в поглинанні парникових газів, що призводить до необхідності створення лісових насаджень у малозаліснених регіонах.

Щодо останнього вищезазначеного орієнтиру, то питання надмірного викиду парникових газів було окремо наголошено на кліматичному саміті в Глазго у 2021 р. Щодо регіонів із найменшою лісистістю, то станом на сьогодні ситуація має такий вигляд (табл. 1).

Як видно з табл. 1, найменш заліснені регіони відносяться до південної частини України. Заліснення цих регіонів неможли-

во в силу природно-кліматичних особливостей степової зони, а також високої інтенсивності бойових дій на цих територіях і подальшого тривалого процесу повоєнного екологічного відновлення (розмінування, відновлення соціальної та критичних інфраструктур, відновлення сільськогосподарського потенціалу тощо). Слід окрему увагу звернути на території центральних та східних областей, як-от Кіровоградська, Полтавська, Дніпропетровська, Луганська та Донецька обл.

Майже вся територія Луганської та більшої частини Донецької обл. потребують деокупації та всіх складових повоєнного відновлення. Незважаючи на те, що ці регіони переважно орієнтовані на гірничодобувну промисловість, належна політика, яка спрямована на збільшення лісистості цих регіонів зможе, щонайменше, покращити екологічну ситуацію на місцях, а також збільшити кількість робочих місць та надати додатковий економічний поштовх цим регіонам. Те саме стосується і Дніпропетровської, Кіровоградської й Полтавських обл. Ці регіони мають потенціал для розширення лісгосподарської діяльності.

Однак, місцевий інтерес полягає у збереженні на території області не тільки лісів,

Таблиця 1. **Області України з найменшою лісистістю, %**

Області України	Загальна площа земель, які перебувають у постійному користуванні, га	Площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду, га	У % заповідання	Фактична лісистість адміністративної області, %
<i>Південна частина України</i>				
Запорізька	76841	16389	21,3	3,7
Одеська	186728	46924	25,1	6,1
Херсонська	174513	174513	18,6	4,1
Миколаївська	84267	23423	27,8	4,0
<i>Східна частина України</i>				
Дніпропетровська	111365	14573	13,1	5,6
Донецька	130821	44535	34,0	6,9
Луганська	336614	37074	11,0	11,0
<i>Центральна частина України</i>				
Кіровоградська	130704	24017	18,4	6,7
Полтавська	236431	40036	16,9	8,6

Примітка: сформовано авторами за даними [14].

а й процесів відтворення життєдіяльності, що передбачає диверсифікацію структури економіки на місцях, а саме — сталого розвитку. У зв'язку з цим, стратегію відтворення лісових ресурсів та розвитку захисних функцій лісового потенціалу варто розглядати в єдності зі стратегією освоєння регіонального лісового потенціалу. Стратегія гарантування безпеки розвитку національного лісового потенціалу та його регіональних компонентів спрямована на зниження рівня загроз лісовим ресурсам. Одним із шляхів вирішення проблеми, зокрема, незаконної вирубки деревини.

Сукупність чинників національного характеру вимагають від України конкретних дій щодо формування системи відповідальності, яка виражена у заходах державної протидії незаконній вирубки деревини та забезпечення екологічної безпеки лісів. Державна підтримка необхідна для прискорення реалізації інвестиційних проєктів створення потужностей із глибокої переробки деревини, особливо при фінансуванні найбільш ризикованого для інвесторів початкового етапу.

Своєю чергою, розвиток вищезазначених областей можливий лише за рахунок державно-приватного партнерства, тобто за рахунок формування стратегічного кластерного підходу. Наразі під цим поняттям слід розуміти поєднання просторових елементів лісового господарства та лісової промисловості з іншими компонентами регіонального простору. Зокрема, в поєднанні конструкції кластерів виробничого та відтворювального типу щодо лісового потенціалу.

Галузеві моделі розвитку лісового господарства України треба характеризувати з позицій управління відкритими інноваціями, організаційно-економічними відносинами між учасниками процесів впровадження інновацій. Актуальними при цьому є такі особливості господарювання, як власність, мотивація та спосіб координації. У площині зазначених показників лежить пошук можливостей післявоєнного відновлення виробництва. По-перше, потреба у впровадженні нових підходів у будь-якому секторі економіки пов'язано з правочина-

ми, аналізом мотивів та стимулів їх появи й поширення, що зумовлюється методами економічної координації. По-друге, повинна мати місце спрямованість руху, внаслідок якої інститути змінюються, стають «генераторами» інноваційної поведінки.

Регіональний лісовий кластер — це стійка група територіально близьких та функціонально пов'язаних частин розвитку лісового потенціалу регіону, що відносяться до регіональних особливостей розвитку регіону. Очевидно, що лісовий кластер поєднує у собі ознаки і галузевого, і регіонального кластера. На відміну від галузевого кластера регіональний кластерний підхід — це також спосіб кооперації та захисту конкурентоспроможності його учасників, об'єднаних регіональними інтересами. Отже, структурні елементи лісового комплексу здатні стати ядром кластера, яке залучає інші види діяльності (взаємодоповнювальні та підтримувальні), а також кінцеве споживання та сферу послуг.

Об'єднання певних видів діяльності в лісовому кластері відображає регіональні переваги та визначає характер можливих нововведень, пов'язаних насамперед з еколого-економічними моделями, механізмами, а також інформаційним забезпеченням. Наукова та освітня діяльність є невід'ємною складовою кластерної системи — джерелом генерації нових знань, сучасних технологій та інформації.

Особливістю кластерного підходу щодо підтримки лісових господарств є комплексне поєднання двох видів діяльності — лісовиробництва та лісовідтворювання в одній регіональній системі. Таке поєднання носить взаємовигідний характер і може бути одним ланцюгом. Регіональна кластерна система матиме, з одного боку, стандартну конфігурацію (двовимірне ядро — його оболонка — зовнішнє середовище), а наповнення цієї конфігурації буде залежати від індивідуальних чинників, оскільки засновано на конкретних системних характеристиках соціально-економічних систем їх локалізації. Концептуально така кластерна система матиме такий вигляд (рис. 3).



**Рис. 3.** Концептуальна модель регіональної кластерної системи лісового господарства України в період післявоєнного відновлення

*Примітка:* сформовано авторами.

Русійним чинником у цій системі є те, що регіональні кластерні системи можуть змінюватися залежно від умов внутрішнього та зовнішнього середовища, пов'язаних з інституціональними трансформаціями й змінами в стратегії. Результати, які не будуть відповідати функціональним критеріям і стануть передумовою для зміни інституційних основ. Стратегія розвитку регіональної кластерної системи з урахуванням слабкого лісового потенціалу передбачає визначення способів розв'язання проблем реалізації та розвитку цього з точки зору регіонального простору та системної складової регіонального господарства. З позицій побудови стратегії сталого розвитку лісового потенціалу у контексті регіонального розвитку слід наголосити про формування оптимального (бажаного) стану лісової кластерної системи у межах регіонального простору.

Що стосується *методологічної складової*, то з метою вдосконалення механізму державної підтримки лісових господарств, а також з наукової точки зору доцільним є застосування методології просторового аналізу, яка дає змогу вийти за рамки розгляду виключно економічного простору. Потреба в цьому пояснюється необхідністю поєднання виробництва лісової продукції (зокрема, структур, пов'язаних із заготівлею деревини) з відтворенням — як видом економічної діяльності і як природно-антропогенним процесом. Просторовий аналіз дає можливість виявити обмеження, що стосуються структурних проблем стану та розвитку потенціалу лісів України в повоєнний період та загалом. Цей підхід також дає змогу досліджувати умови комплементарності (взаємодоповнюваності) розвитку різних особливостей лісового потенціалу, ґрунтуючись на аналі-



зі його розміщення, особливостей реалізації, проблем розвитку, виявлення зв'язків з іншими просторовими структурами.

Застосування методики розрахунку стійкості розвитку лісового потенціалу у межах методології просторового аналізу дає можливість проводити типологію регіонів за критерієм стійкості розвитку їхнього лісового потенціалу (як інтегрального розвитку і лісового господарства, й лісової промисловості). Цей показник відображає результат впливу сукупності чинників та показує напрями вдосконалення державного управління лісовим господарством у поєднанні з лісовою промисловістю.

### ВИСНОВКИ

Українське лісове господарство потребує удосконалення інституційних умов ефективного розвитку лісових економічних відносин. Післявоєнне відновлення лісового сектору потребує впровадження оновлених організаційно-правових форм підприємництва, на територіях із низькою лісистістю, які дадуть можливість повноцінно вливатися в цю сферу економічних відносин, збільшувати загальний рівень

капіталізації земель і при цьому зберігати право власності держави на лісові ресурси та стратегічно важливі об'єкти лісоохоронної діяльності. Однією із організаційних форм для досягнення цієї мети є формування регіональної кластерної системи в вищезазначених українських областях.

Регіональна кластерна організація лісогосподарської діяльності має чіткі переваги над іншими формами лісового господарювання з точки зору стратегічного розвитку лісового господарства, оскільки можливо залучити до об'єднання усі складові регіональної економічної системи та забезпечити належний ступінь керованості на місцевих рівнях.

Альтернативна для лісового сектору України раціональна модель інноваційного розвитку має відрізнитися грамотним та обґрунтованим застосуванням організаційно-економічних форм та механізмів, що враховують пріоритетність стратегії створення ланцюгів цінностей. Реформування системи лісових відносин у бік підвищення внеску лісового сектору в «зелену» економіку не лише України, а й Європейського Союзу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гайда Ю.І. Сертифікація лісів як інструмент екологічного маркетингу лісогосподарських підприємств. *Ефективна економіка*. 2015. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3711>.
2. Дребот О.І. Інституціоналізація лісового сектору економіки в контексті сталого розвитку України: моногр. Київ: ДІА, 2012. 336 с.
3. Дребот О.І., Криштанович С.В., Криштанович М.Ф., Козьмук Н.І. Державне регулювання сталого розвитку гірських територій: зарубіжний досвід. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики*: зб. наук. пр. Харків, 2019. № 28. Т. 1. С. 480–487.
4. Drobot O., Shvydenko I., Raichuk L. et al. Rehabilitation of forest ecosystems taking into account modern international ecological trends in the context of the european green deal. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. Vol. 12 (2). P. 575–584.
5. Данькевич С.М. Фінансовий потенціал держлісгоспів Малеого Полісся України у забезпеченні збалансованого використання земель лісогосподарського призначення. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 4. С. 50–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.228359>.
6. Дубас Р.Г. Екологічна сертифікація лісів як чинник підвищення інвестиційної привабливості лісової сфери України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2012. № 1. С. 4–6.
7. Сахарнацька Л.І. Формування організаційно-економічного механізму екологізації лісового комплексу регіону: дис. ... канд. екон. наук. 08.00.05. Ужгород, 2015. URL: [https://msu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/sah\\_ds.pdf](https://msu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/sah_ds.pdf).
8. Марфіна Н.В. Актуальні питання організації державного управління лісовим господарством в Україні. *Держава і право. Юридичні і політичні науки*: зб. наук. пр. Ін-т. держави і права ім. В.М. Корецького НАН України. 2011. № 53. С. 437–443.
9. Фурдичко О.І., Паляничко Н.І., Данькевич С.М. Напрями удосконалення управління лісогосподарським землекористуванням на регіональному рівні. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 1. С. 78–85. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202201-11>.
10. Лицур І.М., Карпук А.І. Механізм фіскального регулювання лісогосподарювання. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2018. № 1–2 (20–21). С. 67–72.

11. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>.
12. Яремко О.П. Концептуальна модель еколого-економічного механізму лісогосподарської політики. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 156–163. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184176>.
13. Короткий довідник лісового фонду України. За матеріалами обліку лісів станом на 1 січня 2002 р. Державний комітет лісового господарства України. Ірпінь. 2003. С. 149.
14. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua>.

## REFERENCES

1. Haida, Yu.I. (2015). Sertyfikatsiia lisiv yak instrument ekolohichnoho marketynghu lisohospodarskykh pidpriemstv [Forest certification as a tool for ecological marketing of forestry enterprises]. *Efektivna ekonomika — Effective Economy*, 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3711>.
2. Drebot, O.I. (2012). *Institutsionalizatsiya lisovoho sektoru ekonomiky v konteksti staloho rozvytku Ukrainy: monohrafiya [Institutionalization of the forest sector of the economy in the context of sustainable development of Ukraine: monograph]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
3. Drebot, O.I., Kryshchanovych, S.V., Kryshchanovych, M.F. & Kozmuk, N.I. (2019). Derzhavne rehulyuvannya staloho rozvytku hirs'kykh terytoriy: zarubizhnyy dosvid [State regulation of sustainable development of mountain areas: foreign experience]. *Finansovokredytna diyal'nist': problemy teorii ta praktyky: zbirnyk naukovykh prats' [Financial and credit activity: problems of theory and practice: a collection of scientific works]*. (pp. 480–487) [in Ukrainian].
4. Drebot, O., Shvydenko, I., Raichuk, L. et al. (2022). Rehabilitation of forest ecosystems taking into account modern international ecological trends in the context of the European Green Deal. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 12 (2), 575–584 [in English].
5. Dankevich, S.M. (2020). Finansovyy potentsial derzhlis-hospiv Maloho Polissya Ukrainy u zabezpechenni zbalansovanoho vykorystannya zemel lisohospodarskoho pryznachennya [Financial potential of state forestry farms of the Small Polissya of Ukraine in ensuring balanced use of forestry land]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 4, 50–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.228359> [in Ukrainian].
6. Dubas, R.H. (2012). Ekolohichna sertyfikatsiia lisiv yak chynnyk pidvyshchennia investytsiinoi pryvablyvosti lisovoi sfery Ukrainy [Ecological certification of forests as a factor in increasing the investment attractiveness of the forest sector of Ukraine]. *Investytsiyyi: praktyka ta dosvid — Investments: practice and experience*, 1, 4–6 [in Ukrainian].
7. Sakharnatska, L.I. (2015). Formuvannya orhanizatsiino-ekonomichnoho mekhanizmu ekolohizatsii lisovoho kompleksu rehionu [Formation of organizational and economic mechanism of greening of the forest complex of the region]. *Candidate's thesis*. Uzhhorod: URL: [https://msu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/sah\\_ds.pdf](https://msu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/sah_ds.pdf) [in Ukrainian].
8. Marfina, N.V. (2011). Aktual'ni pytannya orhanizatsiyyi derzhavnogo upravlinnya lisovym hospodarstvom v Ukraini [Current issues of the organization of state management of forestry in Ukraine]. *Derzhava i pravo. Yurydychni i politychni nauky: zbirnyk naukovykh prats' — State and law. Legal and political sciences: a collection of scientific papers*, 53, 437–443 [in Ukrainian].
9. Furdychko, O.I., Palyanychko, N.I. & Dankevich, S.M. (2022). Napryamy udoskonalennya upravlinnya lisohospodarskyim zemlekorystuvanniam na rehionalnomu rivni [Directions for improving forestry land use management at the regional level]. *Visnyk ahrarynoyi nauky — Herald of Agrarian Science*, 1, 78–85. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202201-11> [in Ukrainian].
10. Lytsur, I.M. & Karpuk, A.I. (2018). Mekhanizm fiskalnoho rehuliuвання lisohospodariuvannya [Mechanism of fiscal regulation of forestry]. *Ekonomika pryrodokorystuvannya i stalyy rozvytok — Environmental Economics and Sustainable Development*, 1–2 (20–21), 67–72 [in Ukrainian].
11. Pro Osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrainy na period do 2030 roku: Zakon Ukrainy vid 28.02.2019 r. № 2697-VIII [On the Basic principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2030: Law of Ukraine dated February 28, 2019, No. 2697-VIII]. (2019). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> [in Ukrainian].
12. Yaremko, O.P. (2019). Kontseptual'na model' ekoloho-ekonomichnoho mekhanizmu lisohospodars'koyi polityky [Conceptual model of ecological and economic mechanism of forestry policy]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 156–163 [in Ukrainian].
13. Kороткий довідник лісового фонду України. За матеріалами обліку лісів станом на 1 січня 2002 р. [Brief directory of the forest fund of Ukraine. According to the materials of forest accounting as of January 1, 2002]. (2003). *Derzhavnyy komitet lisovoho hospodarstva Ukrainy — State Forestry Committee of Ukraine*, 149 [in Ukrainian].
14. Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy [State Agency of Forest Resources of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://forest.gov.ua> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 10.06.2023

## ЕФЕКТИВНІСТЬ СЪПУТНИКОВИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

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

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

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

У статті розглянуто екологічне значення нормалізованого індексу рослинності (NDVI). Здійснено узагальнення наукових даних щодо можливості використання у лісовому, сільському господарстві, екологічних дослідженнях, моделюванні екосистем і моніторингу. З'ясовано, що оперативний/супутниковий моніторинг посівів, що дає можливість автоматично формувати звіти, контролювати стан, прогнозувати врожайність та планувати сільськогосподарські операції з урахуванням реальних екологічних і погодних умов. Зокрема, створювати електронні карти вегетації та рельєфу полів для конкретного регіону. Встановлено, що використання даних ДЗЗ забезпечує визначення об'єктивного стану культур (густоти, кількісних і якісних змін посівів, необхідності проведення обробок засобами хімізації) на великих площах. Наведено чинники, які впливають на обчислення NDVI. З'ясовано, що перетворення багатоспектральних даних NDVI в один шар зображення дає можливість оцінити кількість наявної рослинності та розвиток культур у масштабі поля. Регулярна робота з картографуванням полів NDVI допомагає розпізнавати та пом'якшувати будь-які проблеми з вирощуванням рослин, підвищувати врожайність і робити аграрний бізнес більш прибутковим. NDVI став одним із найважливіших і часто використовуваних показників у точному землеробстві, тому заслуговує подальшого практичного дослідження. Це числовий показник якості та кількості рослин на полі. Використання спектральних індексів сприяє виробництву якісної «екологічно чистої» продукції, збереженню компонентів довкілля, відтворенню родючості ґрунту, отриманню максимального прибутку, вкупі з переходом від лінійної економіки до циркулярної (економічний ефект), економії ресурсів, оптимізації та диверсифікації сільськогосподарського виробництва. Знімки NDVI є важливим інструментом для візуального відображення та аналізу зеленого покриву й фізіологічного стану рослин на певній території.

**Ключові слова:** вегетаційні індекси, екосистемні послуги, дистанційне зондування, NDVI.

### ВСТУП

Екосистемний підхід дає можливість виявляти загрози та передбачити спричинені ними зміни, будучи, відтак, важливим для просторового планування та управління землекористуванням, формування соціально прийнятних й ефективних кейсів вирішення екологічних проблем [1]. Дослідження екосистемних послуг є важливим для ухвалення рішень, здатних вплинути на природні екосистеми. Адже від збереження екосистем, біогеоценозів і біорізноманіття загалом [2] залежить підтримання економічних можливостей та забезпечення середовища існування людей.

Підхід із позицій сервісу екосистем все ще недостатньо визнаний та пророблений, оскільки екосистемні послуги ще не передбачені українським законодавством, тому врахування їх у ході ухвалення рішень ще не так поширене. Окрім того, методи і критерії оцінки екосистемних послуг недостатньо пророблені. Екосистемні послуги агроекосистем безперечно приносять користь людині [3], про що згадано в акті ООН «Millenium Ecosystem Assessment». У ньому ж екосистемні послуги називають «прямим і непрямим внеском екосистем у добробут людини».

З позицій вигоди для людини оперативний моніторинг стає екосистемною послугою

гою. Використання спектральних індексів сприяє виробництву якісної «екологічно чистої» продукції, збереженню компонентів докільля, відтворенню родючості ґрунту, отриманню максимального прибутку, вкупі з переходом від лінійної економіки до циркулярної (економічний ефект), економії ресурсів, оптимізації та диверсифікації сільськогосподарського виробництва.

Відтак, **метою роботи** є аналіз та узагальнення літературних наукових даних щодо використання спектральних індексів для агроскаутингу.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

На відміну від природних самоорганізованих і саморегульованих екосистем та біогеоценозів, що ефективно діють і без зовнішнього втручання, функцію керування біотичними процесами в агроекосистемах виконує людина [4]. Агроекосистеми потребують сприятливих ґрунтових, кліматичних та водних ресурсів, які розглядаються як екосистемний сервіс. В умовах високої трансформації природних геосистем сільське господарство, крім виробництва харчових продуктів, специфічних нехарчових продуктів і сировини забезпечує виконання таких екосистемних послуг, як рекреація, естетика ландшафту, збереження біорізноманіття. Порушення балансу, існуючого в агроекосистемі, витісняє її з норми і призводить до антисервісу.

У звіті FAO «The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050» [5] зазначено про зростання глобальних екологічних ризиків. Фахівці FAO підкреслюють важливість подолання розриву у знаннях щодо сталого розвитку агропродовольчих систем та поєднання зусиль різних країн, міжнародних організацій, громадськості й наукових кіл для його підтримання. У наступні 30 років, згідно з планом, усі країни мають трансформувати свої агроекосистеми і зробити їх сталими у довгостроковій перспективі.

Ця трансформація може бути здійсненою по-різному під впливом низки чинників: зростання населення, технічний прог-

рес, розподіл доходів, стан і використання природних ресурсів, кліматичні зміни та зусилля щодо запобігання й вирішення конфліктів. Створення ефективних штучних екосистем потребує розуміння аутоекологічних особливостей живих компонентів (субсистем), вимог щодо основних чинників середовища (світла, вологи, агротехнічних способів догляду, алелопатичних взаємовідношень, стійкості до шкідників і хвороб тощо).

Ураховуючи євроінтеграційний вектор розвитку України, необхідно чітко розуміти тренди, що задаються в Європейському Союзі, як флагмані у реалізації ідей сталого розвитку та циркулярної економіки. У грудні 2019 р. Європейською комісією прийнята нова стратегія зростання Green Deal [6]. Головна ціль політичних ініціатив цього стратегічного плану – зробити Європу вуглецево нейтральною до 2050 р. і створити сучасну конкурентоспроможну економіку, що поступово переходитиме від лінійної до циркулярної. Для агросектору встановлені такі цілі: забезпечити продовольчу безпеку в умовах зміни клімату та втрати біорізноманіття; зменшити екологічний і кліматичний слід харчової системи ЄС; посилити стійкість продовольчої системи ЄС; очолити глобальний перехід до конкурентоспроможності. Зростаючі глобальні вимоги прискорення переходу до зеленої та кліматично нейтральної економіки потребують серйозних трансформацій, зокрема у сільському господарстві з використанням новітніх технологій. Цей головний тренд сучасності обов'язково враховуватиметься в планах відновлення та подальшого розвитку агросектору України.

Одним із найважливіших завдань розвитку агропромислового комплексу є прийняття і впровадження управлінських рішень щодо оцінки стану посівів сільськогосподарських культур на різних рівнях господарювання від локального/базового до національного, визначення строків дозрівання залежно від різних типів ґрунтів і кліматичних умов, контроль сільськогосподарських робіт та продуктивного процесу культивування.

Сталість, екологічність українського агропромислового комплексу — це конкурентна перевага на світових ринках. Зростання цін на насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, техніку й інші засоби виробництва в сільському господарстві призводить до необхідності підвищувати ефективність їх використання. *Precision agriculture* (точне землеробство) — один із базових елементів ресурсощадних технологій у сільському господарстві, передбачає використання даних дистанційного зондування (ДЗЗ). Це інноваційний метод, що передбачає застосування сучасних технологій дистанційного моніторингу стану екосистеми задля покращання якості врожаю. Оптимальне управління продуктивністю посівів [7] на кожному квадратному метрі поля дає можливість здійснювати обробіток з урахуванням типу ґрунту, неоднорідностей рельєфу та екологічних умов.

Розвиток систем ДЗЗ зумовлений збільшенням доступності супутникової інформації, кількості космічних апаратів і поліпшення їх експлуатаційних характеристик, прогресом у сенсорних технологіях, що дають можливість моніторити стан екосистеми у режимі реального часу, розробкою веб-сервісів і стандартів передачі геопросторових даних [8]. Нові геоінформаційні веб-технології, інтерактивні онлайн-картографічні системи з прямим доступом до супутникової інформації забезпечені можливістю налаштування параметрів візуалізації геопросторових даних і формування складних аналітичних запитів, дали змогу організувати принципово нові способи обробки даних, створити покоління систем екологічного моніторингу стану екосистеми. Сучасні веб-ГІС інтегровані в сервісоорієнтовану архітектуру. Їх розглядають як сукупність взаємопов'язаних програмних засобів обробки просторових даних (імпорту/експорту, каталогізація, візуалізація, створення, обробка, поширення) [9; 10]. Технологічна основа забезпечує доступ до функцій і контексту відображення картографічних елементів веб-сторінки — засобів візуалізації карти і просторових метаданих (інформація про параметри рельєфу

місцевості, характеристики об'єктів на карті) [11; 12].

Супутниковий моніторинг посівів — технологія спостереження за змінами індексу вегетації, отриманого за допомогою спектрального аналізу знімків високої роздільної здатності. Він використовується на конкретному полі або сільськогосподарської культури і дає можливість спостерігати ростоу динаміку, діагностувати диспропорції культури або поля. Цю технологію відносять до методів точного землеробства, яке дає змогу обробляти поля залежно від реальних потреб культур, що вирощуються. До того ж, обробка розрізняється в межах ділянок поля, що оптимізує використання добрив та пестицидів (диференційоване внесення з урахуванням змінних норм), отримати максимальний ефект при мінімальному навантаженні на компоненти довкілля і зниженні загальної витрати матеріалів. Діагностування посівів здійснюють регулярно (2–4 тури за вегетацію). Строки проведення прив'язують до фаз/мікростадій розвитку рослин. Оперативний/супутниковий моніторинг дає можливість визначити стан рослин, забезпечення елементами живлення, фітопатогенну ситуацію (ураження хворобами, пошкодження шкідниками, забур'яненість), якість проведення технологічних операцій, показує реальну поточну картину посіву та сприяють прогнозуванню рівня врожайності. Користувач програми вводить координати полів, базову інформацію, системи обробітку ґрунту, культури, сорт, добрива, які використовуються. Супутники роблять знімки полів у різних спектральних діапазонах, на основі цієї інформації програма адаптує модель прогнозування врожайності до особливостей поля. L.M. Viana і співав. [13] запропонували гнучку для управління нерегулярним відбором і часовими рядами методологію визначення сталого міського розвитку за допомогою обчислення вегетаційного (NDVI), забудного (NDBI), водного (NDWI) та відкритісного (NDBaI) диференційних індексів.

Система веб-візуалізації супутникової інформації базується на наборах спеціаль-



но сформованих колекцій багатомасштабних зображень із можливістю вибору у веб-інтерфейсі комбінацій відображуваних каналів у малих масштабах і при цьому наявності детальних даних при максимально доступному просторовому дозволі. Обмеження у виборі комбінацій каналів на детальному рівні зумовлено економією дискового простору. Отже, реалізується компроміс між системою «робота з глибокими костівками» і системою рівня «що завжди, з максимальною деталізацією».

Огляд поля ↔ моніторинг ↔ агроскаутинг (*crop scouting*) – конгломерат важливої складової агрономічного процесу вирощування культур. Поняття «агроскаутинг» з'явилося в результаті залучення до агротехнологій можливостей Data Science та застосування штучного інтелекту. Формування комплексу «людина + ІТ» дає можливість досягти значно вищих результатів із більш ефективним використанням ресурсів. Використання аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі дає змогу забезпечити об'єктивну і достовірну інформацію щодо екологічних умов, властивостей, стану агроєкосистем, просторової структури та динаміки природно-

територіальних комплексів, сприяє накопиченню даних для створення і розробки систем моніторингу природних агроресурсів [14]. Тому складається індивідуальна модель прогнозу (рис. 1), яка вдосконалюється із внесенням оновлених даних у систему.

За допомогою карт супутникового моніторингу формуються карти врожайності, які можна трансформувати для розробки систем удобрення та меліорації (рис. 2).

Спектральні індекси рослин визначаються оптичними характеристиками листків, поглинанням і пропусканням випромінювання. Промені поглинаються неоднаково, зміни вмісту пігментів, а також вологи в листках, призводять до відмінностей у спектральних характеристиках на різних стадіях вегетації.

Спектрально-відбивні характеристики ґрунтів залежать від вологості і хімічного складу. Неоднорідність фізико-хімічних властивостей ґрунтів істотно впливає на інтенсивність відбитого світла рослинами одного виду, що ростуть на них. Мінливість спектрально-відбивних властивостей угруповань рослин залежить від великої кількості чинників. Так, за відсутності/



Рис. 1. Модель прогнозування карти врожайності



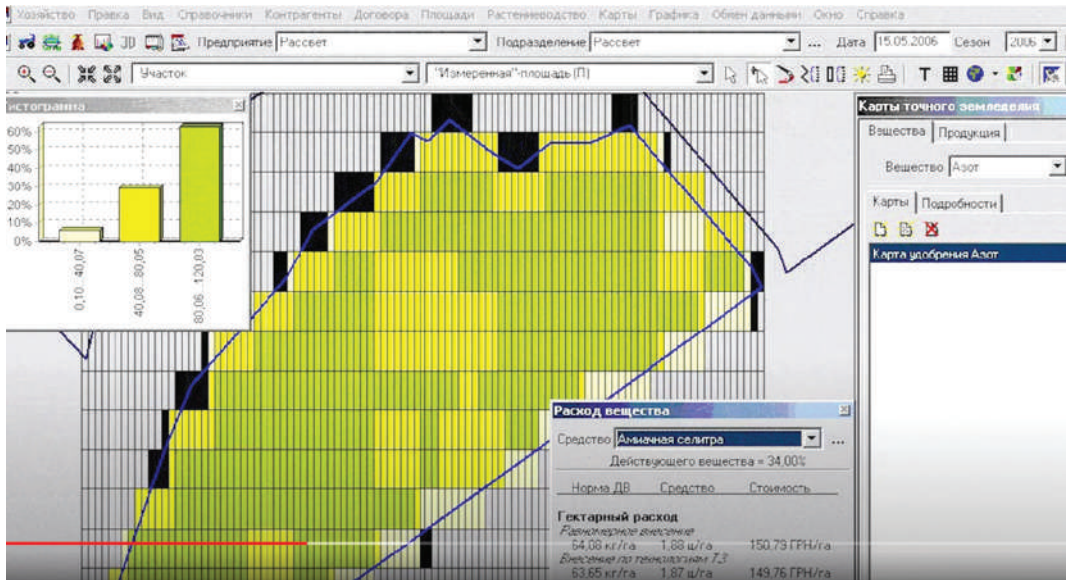


Рис. 2. Фрагмент комп'ютерного опрацювання даних ДЗЗ

наявності азотного стресу, зафіксовано зміщення межі поглинання у бік коротких довжин хвиль. При розпаді хлорофілу, внаслідок несприятливих чинників або досягнення рослиною певної фази розвитку, знижується поглинання світлового потоку в червоній і відбиття у зеленій зонах спектра (спостерігається поступова деградація спектра рослинності до спектра ґрунту). Найінформативніші для цілей класифікації зони спектра 480–550–670–890 нм. Залежно від екологічних умов зростання і особливостей розвитку рослин використовується процедура попиксельної трансформації зображення шляхом обчислення вегетаційних індексів.

Для діагностики стану рослин у багатьох випадках недостатньо аналізувати спектральну відбивну здатність в окремих зонах спектра або індукцію флуоресценції хлорофілу (ефект Каутського). Більш інформативними є показники, що характеризують співвідношення відбиття в різних каналах супутникової зйомки, зокрема, спектральні вегетаційні індекси. Ці індекси також знайшли своє застосування в дослідженнях водойм, ґрунтів, снігового

покриву, поверхонь зі штучних матеріалів. Багато дослідників вбачають алюзію на формулу розрахунку вегетаційного індексу NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Це стандартизований індекс, який показує наявність і стан рослин, один із найпоширеніших для кількісної оцінки рослинного покриву, що ґрунтується на оптичних властивостях клітинної структури листків. Фотосинтетичні пігменти (хлорофіл, асоційовані світлозбиральні пігменти) ефективно поглинають випромінювання у видимому для фотосинтезу діапазоні спектра і відбивають випромінювання в ближньому інфрачервоному (NIR) діапазоні. Проста формула NDVI та її прямий зв'язок із фотосинтетичною здатністю рослинності є проксі для широкого діапазону важливих характеристик і функцій рослин (наприклад, частки фотосинтетичного випромінювання, поглиненого пологом рослин, площі листової поверхні, «зеленості» пологів, валової первинної продуктивності) з незліченною кількістю застосувань у вивченні біорізноманіття, сільському, лісовому господарстві, екології, моделюванні середовищ існування.

Використання NDVI як одного із найпоширеніших та обґрунтованих індексів пов'язано з можливістю характеризувати густоту рослинного покриву, що дає можливість оцінити схожість, продуктивність посівів та угідь [14]. На величину індексу впливає тип, стан, зімкнутість рослин, експозиція і кут нахилу поверхні. Використовується контраст характеристик з мульти-спектрального растрового набору даних — поглинання хлорофілом (0,55–0,75 мкм) в червоному каналі (RED) і відбивна здатність (0,75–1,0 мкм) в інфрачервоному каналі (NIR). Щільність рослин (NDVI) в певній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному і інфрачервоному діапазоні, поділеної на їх суму:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Висока фотосинтетична активність (густа рослинність) призводить до меншого відбиття в червоній області спектра і більше в інфрачервоній. Співвідношення цих показників дає змогу чітко відокремити і проаналізувати рослини. Використання нормалізованої різниці, а не простого співвідношення між мінімумом і максимумом відображень підвищує точність вимірювання, зменшує вплив метеорологічних та кліматичних чинників, що дає можливість контролювати щільність і інтенсивність росту рослин. Листки, зазвичай, краще відбиваються в ближньому діапазоні інфрачервоного, ніж видимих довжин хвиль.

Якщо листки пошкоджені (водний стрес, в'янення, відмерлі), вони стають жовтішими і менше відображаються в ближньому інфрачервоному діапазоні.

NDVI є вимірюванням щільності рослинності та вказує на стан рослин у певному місці. Індекс варіює від  $-1,0$  до  $1,0$ , де низькі значення NDVI ( $\leq 0,1$ ) представляють скелю, пісок чи сніг, помірні значення ( $0,2-0,5$ ) — рідку рослинність, високі значення ( $0,6-0,9$ ) — густу, зелену рослинність (*Earth Resources and Observation Science Center*). NDVI також використовується для моніторингу посухи [15], прогнозування врожайності, як інструменту у прогнозуванні небезпечних пожежних зон та картографування опустелювання. NDVI допомагає нівелювати зміни умов освітлення, нахилу поверхні та інших чинників [16], тому є кращим для глобального моніторингу рослин. Моніторинг здійснюється на підставі ортофотознімків/ортозображення (рис. 3).

Зображення дають можливість формувати карти лісових культур (лісові карти). Можна аналізувати як статичні, так і динамічні параметри екосистем. Ортофотоплан використовують для вимірювання площ, динаміки змін, візуальної оцінки місця розташування лісових масивів, аналізу перші ознаки погіршення стану лісів і спрогнозувати поширення несприятливих процесів. Публічний доступ до хмарних обчислювальних кластерів усуває багато бар'єрів (маніпулювання даними). Можливість створювати зручні для користувача програми, які взаємодіють із обчислюваль-



Рис. 3. Загущеність лісової екосистеми та фіксація усихаючих дерев

ними службами дає змогу користувачам із мінімальними технічними навичками кодування отримувати доступ до даних і обробляти їх [17].

Алгоритм розрахунку NDVI (рис. 4) вбудований практично в усі програмні пакети, пов'язані з обробкою даних ДЗЗ (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine,

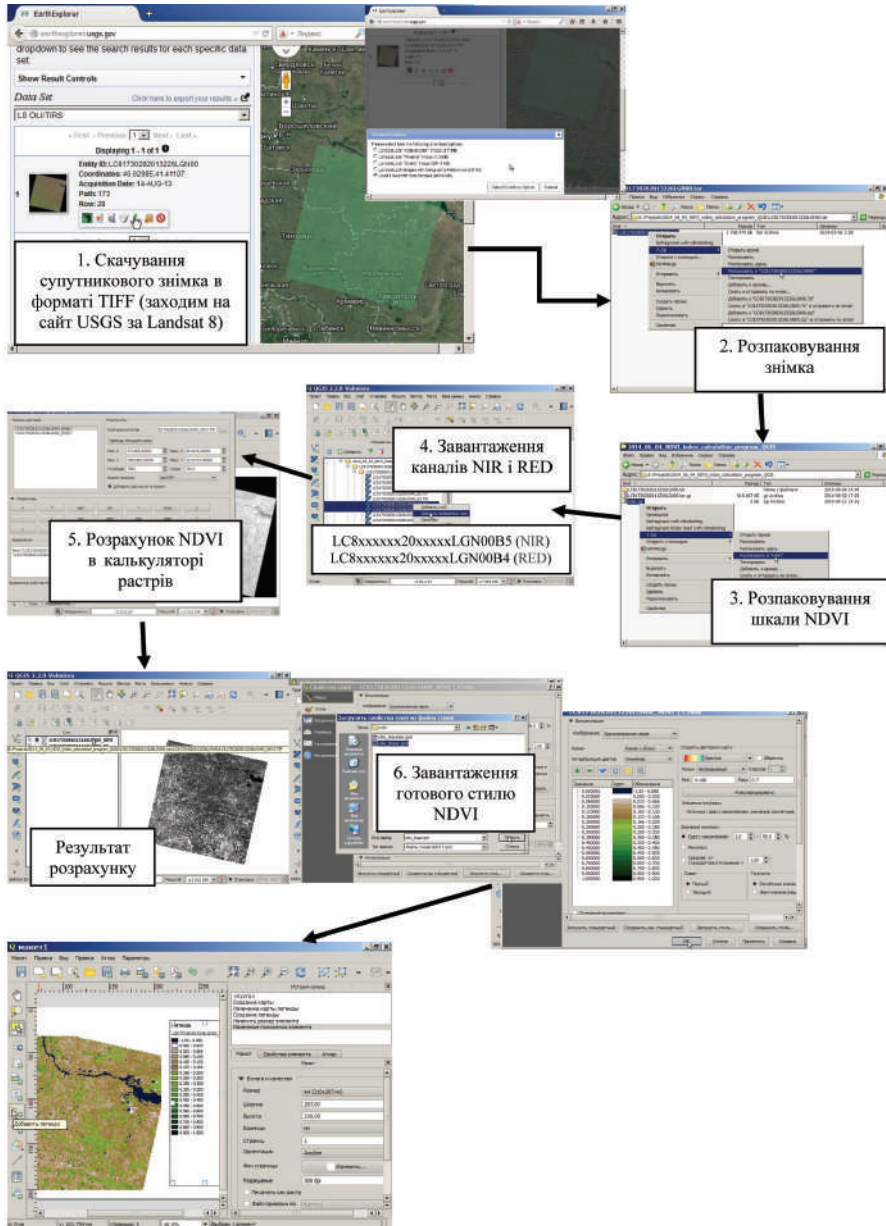


Рис. 4. Візуалізація алгоритму розрахунку NDVI за допомогою програмного забезпечення QGIS з використанням даних Landsat 8

Примітка: розроблено авторами з використанням [19].



ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView і т.д.).

ДЗЗ є важливим інструментом для виявлення та моніторингу екологічних проблем [18], оскільки NDVI є ефективним індикатором стану рослин, порівняльний аналіз кількості опадів та NDVI дає можливість визначати аномалії розподілу та діагностувати посуху, зокрема виміряти каскадні наслідки посухи.

Деякі зміни рослинності помітні з космосу і тому базові карти відбиття поверхні (<https://www.planet.com/products/basemap>) дають можливість генерувати в динаміці NDVI для великих регіонів, щоб візуалізувати висихаючий ландшафт. За вивчення спектральних властивостей підстилаючої поверхні необхідно здійснювати

одночасний/паралельний облік різноманітних ознак і процесів у ґрунтово-рослинному покриві.

## ВИСНОВКИ

NDVI став одним із найважливіших і часто використовуваних показників у точному землеробстві. Перетворення багатоспектральних даних NDVI в один шар зображення дає змогу оцінити кількість наявної рослинності та розвиток культур у масштабі поля. Регулярна робота з картографуванням полів NDVI допомагає розпізнавати та пом'якшувати будь-які екологічні проблеми з рослинами, підвищувати врожайність і робити аграрний бізнес більш прибутковим.

## ЛІТЕРАТУРА

- Portman M.E. Ecosystem services in practice: Challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes — A critical review. *Applied Geography*. 2013. № 45. P. 185–192.
- Морозова Т.В., Ліхо О.А. Емісія CO<sub>2</sub> з ґрунтів під енергетичними культурами. *Вісник НУВГП Збірник наукових праць. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 2 (98). С. 89–103.
- Granek E.F., Polasky S., Kappel C.V. et al. Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. *Conservation Biology*. 2009. № 24 (1). P. 207–219.
- Гнатів П.С., Хірівський П.Р., Зинюк О.Д. та ін. *Природні ресурси України*. Львів: Камула, 2012. 216 с.
- FAO. The future of food and agriculture — Alternative pathways to 2050. Summary version, Rome, Italy. 2019.
- European Commission. Communication on The European Green Deal, December 11, 2019.
- Majumdar S., Chatterjee U., Raj A.D. and Kumar S. Chapter 16—Decline in vegetation cover over Kolkata city: an environmental concern from remote-sensing perspective: collective monograph / U. Chatterjee et al. In *Science of Sustainable Systems, Water, Land, and Forest Susceptibility and Sustainability*, Elsevier, 2023. P. 453–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91880-0.00003-9>.
- Kashnitskii A.V., Lupyan E.A., Balashov I.V. and Konstantinova A.M. Technology for designing tools for the process and analysis of data from very large scale distributed satellite archives. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2017. Vol. 30 (1). P. 84–88. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1024856017010080>.
- Pinde F. and Julin S. *Web GIS: principles and applications*. Esri Press, 2011. 300 p.
- Songnian L., Dragicevic S. and Veenendaal B. *Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications*. CRC Press, 2011. 400 p.
- Mari R., Bottai L., Busillo C. et al. A GIS-based interactive web decision support system for planning wind farms in Tuscany (Italy). *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. P. 754–763.
- Yakubailik O.E., Kadochnikov A.A. and Tokarev A.V. Web geographic information system and the hardware and software ensuring rapid assessment of air pollution. *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*. 2018. Vol. 54. P. 243–249.
- Viana L.M., Oliveira S., Oliveira S.C. and Rocha J. 29—Land Use/Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis, Editor(s): Hamid Reza Pourghasemi, Candan Gokceoglu. *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences, Elsevier*. 2019. P. 621–651. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00029-6>.
- Кохан С.С. Застосування вегетаційних індексів на основі серії космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур. *Космічна наука і технологія*. 2011. Т. 17. № 5. С. 58–63.
- Drisya J., Kumar D.S., Roshni T. Chapter 27—Spatiotemporal Variability of Soil Moisture and Drought Estimation Using a Distributed Hydrological Model, Editor(s): Pijush Samui, Dookie Kim, Chandan Ghosh. *Integrating Disaster Science and Management, Elsevier*. 2018. P. 451–460. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812056-9.00027-0>.
- Lillesand T.M., Kiefer R.M., Chipman J.W. Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). *Geographical Journal*. 2004. Vol. 146 (3). DOI: <https://doi.org/10.2307/634969>.
- Robinson N.P., Allred B.W., Jones M.O. et al. *A Dynamic Landsat Derived Normalized Difference*

- Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sens.* 2017. Vol. 9 (8). P. 863. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9080863>.
18. Gessesse A.A. and Melesse A.M. Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation Chapter 8 — Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia 2019. *Extreme Hydrology and Climate Variability*. P. 81–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00008-7>.
19. URL: <https://e2e3.wordpress.com/2014/06/04/ndvi-index-calculation-program-qgis/>.

## REFERENCES

- Portman, M.E. (2013). Ecosystem services in practice: Challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes — A critical review. *Applied Geography*, 45, 185–192 [in English].
- Morozova, T.V. & Likho, O.A. (2022). Emisiia CO<sub>2</sub> z gruntiv pid enerhetychnymy kulturamy [Emission of CO<sub>2</sub> from soils under energy crops]. *Visnyk NUVHP Zbirnyk naukovykh prats. Serii: Silskohospodarski nauky — Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. Series: Agricultural science*, 2 (98), 89–103 [in Ukrainian].
- Granek, E.F., Polasky S., Kappel C.V. et al. (2009). Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. *Conservation Biology*, 24 (1), 207–219 [in English].
- Hnativ, P.S., Khrivskyi, P.R., Zyniuk, O.D. et al. (2012). *Pryrodni resursy Ukrainy [Natural resources of Ukraine]*. Lviv: Kamula [in Ukrainian].
- FAO. (2019). The future of food and agriculture — Alternative pathways to 2050. Summary version, Rome, Italy. URL: <https://www.fao.org/3/CA1553EN/cal1553en.pdf> [in English].
- European Commission. Communication on The European Green Deal, December 11, (2019). URL: [https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-greendeal\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-greendeal_en) [in English].
- Majumdar, S., Chatterjee, U., Raj, A.D. & Kumar, S. (2023). Chapter 16-Decline in vegetation cover over Kolkata city: an environmental concern from remote-sensing perspective. In *Science of Sustainable Systems, Water, Land, and Forest Susceptibility and Sustainability, Elsevier collective monograph*. (pp. 453–474). DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91880-0.00003-9> [in English].
- Kashnitskii, A.V., Lupyan, E.A., Balashov, I.V. & Konstantinova, A.M. (2017). Technology for designing tools for the process and analysis of data from very large scale distributed satellite archives. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 30 (1), 84–88. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1024856017010080> [in English].
- Pinde, F. & Jiulin, S. (2011). Web GIS: principles and applications. *Esri Press*. 300 p.
- Songnian, L., Dragicevic, S. & Veenendaal, B. (2011). Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications. *CRC Press* [in English].
- Mari, R., Bottai, L., Busillo, C. et al. (2011). A GIS-based interactive web decision support system for planning wind farms in Tuscany (Italy). *Renewable Energy*, 36, 754–763 [in English].
- Yakubailik, O.E., Kadochnikov, A.A. & Tokarev, A.V. (2018). Web geographic information system and the hardware and software ensuring rapid assessment of air pollution. *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*, 54, 243–249 [in English].
- Viana, L.M., Oliveira, S., Oliveira, S.C. & Rocha, J. (2019). 29-Land Use/Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis, Editor(s): Hamid Reza Pourghasemi, Candan Gokceoglu. *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences, Elsevier*, 621–651. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00029-6> [in English].
- Kokhan, S.S. (2011). Zastosuvannia vehetatsiinykh indeksiv na osnovi serii kosmichnykh znimkiv IRS-1D LISS-III dlia vyznachennia stanu posiviv silskohospodarskykh kultur [Application of vegetation indexes derived from satellite images IRS-1D LISS-III for determination of crop status]. *Kosmichna nauka i tekhnolohiia — Space science and technology*, 17 (5), 58–63 [in Ukrainian].
- Drisya, J., Kumar, D.S. & Roshni, T. (2018). Chapter 27-Spatiotemporal Variability of Soil Moisture and Drought Estimation Using a Distributed Hydrological Model, Editor(s): Pijush Samui, Dookie Kim, Chandan Ghosh. *Integrating Disaster Science and Management, Elsevier*, 451–460. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812056-9.00027-0> [in English].
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.M. & Chipman, J.W. (2004). Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). *Geographical Journal*, 146 (3). DOI: <https://doi.org/10.2307/634969> [in English].
- Robinson, N.P., Allred, B.W., Jones, M.O. et al. (2017). A Dynamic Landsat Derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sens.*, 9 (8), 863. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9080863> [in English].
- Gessesse, A.A. & Melesse, A.M. (2019) Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation Chapter 8 — Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. *Extreme Hydrology and Climate Variability*, 81–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00008-7> [in English].
- URL: <https://e2e3.wordpress.com/2014/06/04/ndvi-index-calculation-program-qgis/>.

Стаття надійшла до редакції журналу 25.05.2023

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕВТРОФІКАЦІЇ ОЗЕР БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ «ШАЦЬКИЙ»

В.В. Коніщук<sup>1</sup>, М.В. Христецька<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [konishchuk\\_vasyl@ukr.net](mailto:konishchuk_vasyl@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4115-5642

<sup>2</sup>Шацький національний природний парк (сmt Шацьк, Волинська обл., Україна)  
e-mail: [shnpp.park@gmail.com](mailto:shnpp.park@gmail.com); ORCID: 0000-0002-2336-3889

*Природний процес евтрофікації гідроєкосистем зумовлений багатьма чинниками і переважно довготривалий, майже незворотний. У ХХ та ХХІ ст. відбулася прискорена антропогенна евтрофікація багатьох водойм, зокрема озер Шацької групи (Шацький національний природний парк, Волинська обл., Україна). Зміни водойм за рахунок їх збагачення біогенними речовинами, хімічними сполуками супроводжується підвищенням продуктивності рослинності й може бути результатом «природного старіння», антропогенного впливу, органічного забруднення. Одна з концепцій сукцесії озерних екосистем передбачає, що озера проходять послідовно різні стадії трофності (живлення), починаючи з оліготрофності або дистрофності. Остання стадія (клімакс) сукцесійного ряду — інтенсивна евтрофікація, під час якої озеро частково замищується болотом і, наприкінці, може стати суходолом, лучною, чагарниковою або лісовою рослинністю. Евтрофікація озерних екосистем простежується зміною прозорості, вмісту концентрату хлорофілу «а» та концентрації кисню. Встановлено активну фазу евтрофікації лімноекосистем біосферного резервату «Шацький». На території останнього знаходяться річки та струмки з постійним водотоком, завдовжки понад 114 км, а також включає 31 озеро. Викладено результати екологічних досліджень різних типів водних об'єктів Шацького поозер'я, які були здійснені в 2016–2020 рр. Виконано типізацію Шацьких озер за площею водного дзеркала, який зафіксував, що тут немає дуже великих озер, є три великих оз. (Світязь, Пулемецьке, Луки—Перемут). Аналіз природно-заповідної території Західного Полісся засвідчив, що особливою увагою має приділятися озерам невеликих та малих розмірів, а також середніх і малих за глибиною (Линовець, Соминець, затока Бужня й ін.), які не здатні до активної саморегуляції. Запропоновано оптимальний механізм моніторингу екологічного стану водойм (озер) за методикою дистанційного зондування.*

**Ключові слова:** екологія, трансформація гідроєкосистем, дистанційне зондування, національний природний парк.

### ВСТУП

Моніторинг екологічних показників озер і загалом гідроєкосистем є важливим та актуальним завданням оптимізації природокористування і збереження біорізноманіття. Проблема охорони водних ресурсів та аналіз їх якості зростає у зв'язку із трансформацією довкілля, глобальними змінами клімату тощо. Впродовж останніх десятиліть за впливу антропогенних, техногенних чинників спостерігаються і зміни стану гідрологічних та гідробіологічних параметрів водних об'єктів. Більш ґрунтовні системи та підходи до моніторингу в межах біосферного резервату (БР)

«Шацький» (Волинська обл., Україна), як правило, властиві для водних об'єктів, які представляють рекреаційний інтерес. Для озер постійний наземний моніторинг практично відсутній і у зв'язку з цим основним джерелом інформації щодо їх стану є дані дистанційного зондування Землі. Сучасний рівень вивчення водних об'єктів передбачає систематичні дослідження, що в частині проведення наземних вимірювань фізико-хімічних показників, які характеризують стан водних об'єктів, у межах території БР є доволі ресурсозатратним завданням.

З однієї сторони, просторове розташування об'єктів у межах Шацького біо-



сферного резервату вимагає відповідної матеріальної бази для здійснення досліджень, а з іншої, — доступ для великої частини водних об'єктів є обмеженим унаслідок природних умов та особливих обставин екологічного менеджменту. Однак, вивчення будь-яких об'єктів, у т. ч. й водних, важко уявити без структурованої бази даних про них. Тому, для вивчення стану гідроєкосистем як базовий інструмент у дослідженні використано геоінформаційну систему біосферного резервату «Шацький» [1].

Швидкість змін трофічного стану озер визначається флуктуаціями місцевих погодно-кліматичних чинників, посиленістю розвитку біоти, накопиченням донних відкладів, інтенсивністю проточності та загалом гідрорежимом. Тобто, загалом, порушення балансу поживних речовин водної екосистеми призводить до зміни її трофічного статусу [2; 3].

**Метою досліджень** було проведення оцінювання екологічного стану та тенденцій евтрофікації озер БР «Шацький» із використанням двох методик, які дають можливість дистанційно оцінити стан водних об'єктів і визначити необхідність подальших ґрунтовних наземних досліджень, практичних рекомендацій.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання вивчення процесів зміни екологічного стану озер України дуже актуальні й мають конкретні практичні вказівки їх вирішення. Процеси трансформації гідроєкосистем Волинської обл. досліджували Тутковський П.А., Танфільєв Г.І., Мольчак Я.О., Залеський І.І., Ільїн Л.В., Шевчук М.Й., Конішук В.В. та ін. [4–8].

Розроблено Концепцію і стратегію збалансованого розвитку ландшафтів водноболотних угідь і торфових екосистем України [9].

Також важливим аспектом вивчення екологічного стану водойм є обґрунтування основ фонового моніторингу, оцінювання якості, фізико-хімічних властивостей [10].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінювання евтрофікації озерних екосистем, як правило, використовують індекси Карлсона по прозорості, хлорофілу «а», фосфору, концентрації кисню, що залежать від короткотривалих метеорологічних та інших просторово-часових змін в озерних екосистемах, методик й умов їх вимірювання, а тому не завжди достовірно відображають трофічний стан.

Нами використано методику експрес-аналізу трофічного стану озер. Для останнього ще в 1991 р. у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України запропоновано параметр — коефіцієнт форми ( $\rho$ ) [11]. Вхідними даними для розрахунку цього коефіцієнта є морфометричні параметри водойми, як-от периметр («порізанисть» берегової лінії) ( $L$ ) та площа водного дзеркала ( $S$ ):

$$\rho = L/S. \quad (1)$$

Цей параметр — інтегральний, позбавлений впливу короткотривалих змін метеорологічних чи інших умов. Він, передусім, придатний для оцінювання відносного трофічного стану озер одного регіону, зумовленого інтенсивним утворенням первинної продукції в результаті фотосинтезу та залежністю від концентрації біогенних речовин, посиленістю надходження їх з берегової зони, обсягу водної маси, в якій вони розчинені, периметра водойми. Враховуючи обернену залежність концентрації біогенних речовин від об'єму водної маси і пряму залежність останньої від площі водного дзеркала, глибини перемішування, слід зауважити, що концентрація біогенних речовин обернено пропорційна площі водного дзеркала [12].

Однак, враховуючи, що коефіцієнт форми є величиною безрозмірною і отримані на його основі результати важко використати для порівняльного аналізу, було запропоновано ще один інтегральний показник для оцінки трофічного стану водойм — коефіцієнт заростання ( $\rho'$ ):

$$\rho' = 1 - \frac{S_{\text{в.дз.}}}{S}, \quad (2)$$

де  $S_{\text{в.дз.}}$  — площа водного дзеркала водойми;  $S$  — загальна площа водойми, визначена за береговою лінією,  $\rho'$  — коефіцієнт заростання (діапазон зміни від 0...1, тобто за повного заростання водойми  $\rho'=1$ , а за повної відсутності макрофітної рослинності на поверхні водойми  $\rho'=0$ ).

Морфометричні характеристики водойм, які є входними параметрами для розрахунку обох коефіцієнтів, отримані та розраховані за даними супутника Sentinel 2A.

Інтегральна оцінка, як правило, є доволі «грубою» і дає змогу одержувати результати в абсолютних значеннях. Однак, з огляду оцінки стану екологічної безпеки регіону, використання інтегральних показників має і низку переваг, зокрема: оперативність, легкість експрес-оцінювання та експрес-аналізу трофічного стану водойми на сучасному етапі розвитку технологій ДЗЗ, а також можливість охоплення великої кількості об'єктів одночасно й забезпечення або нівелювання подальших уточнень іншими методами.

Також застосовано класичну методику оцінки вмісту хлорофілу « $a$ » у поверхневому шарі водойми. Хлорофіл « $a$ » — основний пігмент зелених рослин, у т. ч. одноклітинних водоростей (фітопланктону). З десятих різних пігментів, які містяться у фотосинтетичному апараті водоростей, хлорофіл « $a$ » відіграє найважливішу роль у процесі фотосинтезу. Інформація щодо концентрації цього показника у водному об'єкті є критерієм для оцінювання запасів біомаси фітопланктону і його продукції, а також індикатором біотичного забруднення водойми.

Процедуру обробки супутникових даних для розв'язання поставленого завдання можна умовно поділити на кілька етапів: атмосферна корекція, розрахунок концентрації вмісту хлорофілу « $a$ » у поверхневому шарі водойми, експорт отриманих даних в ArcMap, перетворення вхідних растрових даних у векторний формат та розрахунок статистичних показників для обраних водних об'єктів у межах біосферного резервату «Шацький».

Для реалізації вищенаведених етапів використано програмний пакет ACOLITE, призначений для обробки даних Landsat (5/7/8) та Sentinel — 2 (A/B). Програмний комплекс дає змогу здійснювати атмосферну корекцію за алгоритмом «*Dark spectrum fitting*», а також містить набір алгоритмів для визначення вмісту концентрації хлорофілу « $a$ » у поверхневому шарі водних об'єктів [13]. Загалом, ACOLITE може працювати і у вигляді набору бібліотек алгоритмів, що дає можливість вносити необхідні корективи під час розрахунку запропонованих у ньому коефіцієнтів.

Модуль «*chl\_re\_mishra*» використано для розрахунку концентрації хлорофілу « $a$ », який базується на алгоритмі розрахунку «*Normalized Difference Chlorophyll Index*» запропонованого Mishra and Mishra (2012) [14].

Щодо розрахунків вищенаведених коефіцієнтів — використані зображення з супутника Sentinel-2A (літо, осінь за 2016, 2018 та 2020 рр.).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Біосферний резерват «Шацький» — природно-заповідна, охоронювана територія Західного Полісся (Волинська обл.) міжнародного значення, яка з 2012 р. є українською частиною Транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся» (Польща—Україна—Білорусь), також ця територія включена у перелік Рамсарських водноболотних угідь міжнародного значення.

Площа Шацького біосферного резервату сягає 75 000 га, 48 977 га якої займає територія Шацького національного природного парку, створеного у 1983 р., як територію для охорони рідкісних природних комплексів цього унікального, екосозологічно цінного регіону (рис. 1).

Вищенаведена територія БР відіграє важливу кліматоутворювальну роль для значної частини Європейського континенту внаслідок унікального поєднання на ній озерних, лісових та болотних екосистем. У 1995 р. водно-болотні угіддя Шацького парку, в рамках Рамсарської конвенції,



**Рис. 1.** Територія Шацького національного природного парку в складі БР «Шацький» і Транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся»

віднесено до водно-болотних угідь території ІВА (Important Bird Area), що мають, переважно, міжнародне значення як середовище існування водоплавних птахів. У межах акваторії зосереджено найбільшу кількість регіонально рідкісних видів гідробіонтів [15].

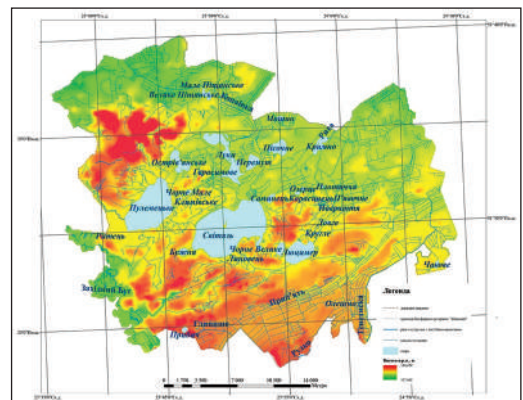
На території біосферного резервату «Шацький» знаходяться річки та струмки з постійним водотоком, завдовжки понад 114 км. Доволі потужною є мережа меліоративних каналів. Створена у 60–80-х рр. ХХ ст. мережа каналів-збирачів та каналів-осушувачів вже давно не виконує своїх функцій, однак є одним з основних фрагментаторів природно-заповідної території (рис. 2).

Озерний комплекс території БР «Шацький» включає 31 озеро, переважно карстового, флювіогляціального генезису (походження), загальною площею близько 5928 га (див. рис. 2).

Для зручності проведення аналізу отриманих результатів, озера біосферного резервату «Шацький» поділені на групи за

площею: 1) великі (> 500 га); 2) середні (100–500); 3) невеликі (10–100); 4) малі (<10 га).

Варто відмітити, що малі озера біосферного резервату, внаслідок процесів евтрофікації різного походження, практично перетворились у болота. Крім того, нині, процеси заростання властиві не тільки ма-



**Рис. 2.** Гідрологічна мережа БР «Шацький»

Таблиця 1. Критерії групування за кількісними показниками коефіцієнта заростання ( $\rho'$ )

Група $\rho'$	I	II	III	IV	V
Коефіцієнт заростання (евтрофікації)	$0 < \rho < 0,20$	$0,21 < \rho < 0,40$	$0,41 < \rho < 0,60$	$0,61 < \rho < 0,80$	$0,81 < \rho < 1$

лим озерам, але й деяким озерам середніх та невеликих розмірів.

Критерії групування за кількісними показниками коефіцієнта заростання зазначено у *табл. 1*.

Середньорічні розрахункові значення  $\rho'$  для груп озер біосферного резервату «Шацький» наведено у *табл. 2*.

Найменших змін за коефіцієнтом заростання впродовж 2016–2020 рр. зазнали озера з найбільшими середніми глибинами та об'ємами води і здатними до активнішої саморегуляції своїх екосистем, зокрема оз. Світязь, Пулемецьке, Пісочне й Люцимер (див. *табл. 2; рис. 3*).

Серед групи невеликих озер найменші зміни спостерігаються для оз. Соминець та Велике Чорне, що зумовлено їх оптимальним гідрорежимом. Однак, порівняно з вищенаведеними великими і середніми озерами, за значеннями  $\rho'$  ці озера наближені до II групи (див. *табл. 1*). Також до останньої, відповідно до отриманих результатів, відносяться такі озера, як Луки–Перемут,

Острів'янське, Велике Піщанське та Линовець. Затока Бужня, єдина водойма, яка впродовж усього періоду досліджень належить до III групи за коефіцієнтом заростання, що зумовлено її малими розмірами і глибиною водойми та невеликим водообміном (див. *рис. 3*).

Отже, для більшості невеликих, середніх та малих озер БР «Шацький», меліоративні роботи, що здійснювались на території Західного Полісся, стоки з сільськогосподарських угідь, колишніх колгоспних ферм і складів мінеральних добрив упродовж багатьох років, стали основними чинниками інтенсифікації їх заростання.

Окрім того, ще однією проблемою для функціонування озер біосферного резервату є утворення потужних шарів сапропелю (оз. Линовець, Соминець, Острів'янське тощо). Посилення впливу природно-антропогенних чинників, погіршення водообміну в улоговинах унаслідок зменшеного водопостачання інтенсифікували розвиток вищої водної рослинності на цих озерах.

Таблиця 2. Середньорічні значення коефіцієнта заростання ( $\rho'$ ) для груп озер БР «Шацький»

Тип озера	Назва озер	Роки		
		2016	2018	2020
Великі	Світязь	0,06	0,06	0,07
	Пулемецьке	0,12	0,11	0,11
	Луки–Перемут	0,28	0,28	0,26
Середні	Острів'янське	0,36	0,42	0,35
	Пісочне	0,01	0,01	0,03
	Люцимер	0,10	0,11	0,10
	Кримне	0,25	0,25	0,20
Невеликі	Бужня	0,57	0,60	0,53
	Соминець	0,20	0,22	0,16
	Чорне Велике	0,18	0,18	0,17
	Велике Піщанське	0,28	0,29	0,28
	Линовець	0,33	0,38	0,11



Відмираючи, вона випадає на дно і формує шар сапропелю — органічного добрива, яке сприяє подальшому розвитку цих рослин. Наразі, деякі озера внаслідок значних відкладів сапропелю (наприклад, оз. Линовець) не здатні до активної саморегуляції і не зможуть відновитись без стороннього втручання.

Аналіз результатів досліджень засвідчив, що практично для всіх водойм, восени,

значення концентрації хлорофілу «а» є вищим, а ніж у літній період. Так, найменші значення, не залежно від сезону і впродовж усього періоду досліджень, спостерігаються для таких оз., як Світязь, Пулемецьке, Пісочне, Люцимер і Чорне Велике. А найбільші значення концентрації хлорофілу «а» характерні для таких оз., як Велике Піщанське, Линовець, затока Бужня та Соминець (табл. 3; рис. 4).

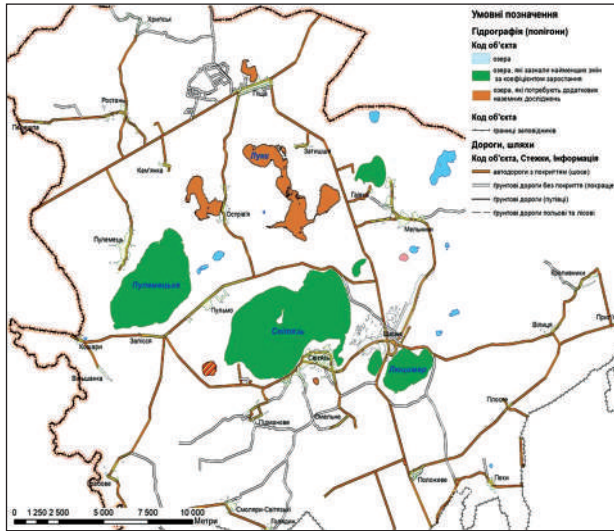


Рис. 3. Група озер БР «Шацький», яка за значеннями коефіцієнта заростання потребує додаткових досліджень

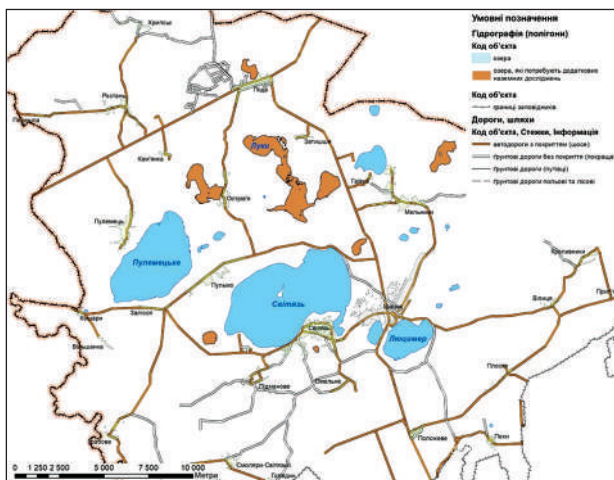


Рис. 4. Група озер БР «Шацький», яка за концентрацією вмісту хлорофілу «а» потребує додаткових досліджень

Таблиця 3. Середньорічні значення концентрації хлорофілу «а» для груп озер біосферного резервату «Шацький» (за даними Sentinel 2A)

Групи озер	Назва озер	Роки		
		2016	2018	2020
Великі	Світязь	14,73	13,81	15,17
	Пулемицьке	13,47	16,02	15,20
	Луки–Перемут	28,30	28,55	21,85
Середні	Острів'янське	29,78	25,40	22,80
	Пісочне	18,77	18,36	18,84
	Люцимер	22,09	21,42	21,71
	Кримне	31,44	25,33	25,26
Невеликі	Бужня	41,93	30,60	25,49
	Соминець	38,14	33,29	26,42
	Чорне Велике	21,55	22,40	19,07
	Велике Піщанське	40,90	40,22	30,23
	Линовець	42,46	33,68	26,82

Слід додати, що точність оцінювання концентрації хлорофілу «а» у поверхневому шарі залежить від атмосферних процесів, погодних умов, алгоритмів обробки даних та часу супутникових вимірювань. Тому, для верифікації отриманих дистанційних даних, варто провести додаткові наземні, лабораторні вимірювання цього показника.

### ВИСНОВКИ

З огляду на екологічну безпеку та забезпечення сталого розвитку території біосферного резервату «Шацький», здійснення постійного моніторингу стану водних ресурсів є одним із важливих природоохоронних завдань. Попередня оцінка, отримана за допомогою методик експрес-аналізу трофічного стану озер та оцінювання вмісту хлорофілу «а» у поверхневому шарі водойм, свідчить про можливість використання цих інструментів під час до-

сліджень екологічного стану інших водних об'єктів. Особливо це стосується територій, де озера мають великий просторовий розкид і доступ до них може бути обмежений. Використання даних ДЗЗ та засобів ГС дають змогу підвищити ефективність виділення водних об'єктів, екологічний стан яких є незадовільним і вимагає більш детальних наземних досліджень. За результатами проведеної оцінки на території БР «Шацький», особлива увага має приділятися озерам невеликих та малих розмірів, а також середніх і малих за глибиною (Линовець, Соминець, затока Бужня та ін.), які не здатні до активної саморегуляції. Отримані результати дають змогу розробити додаткові оптимальні заходи для сповільнення та/або уникнення незадовільних трансформаційних процесів у межах гідроєкосистем, а також для ефективних природоохоронних робіт.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Кошовий В.В., Альохіна О.В., Івченко Д.В. та ін. База даних «База геоданих цифрової моделі місцевості біосферного резервату «Шацький» («БГД ЦММ БР «Шацький»). А.с. № 103760; 05.04.2021 р.
2. Ільїн Л.В. Лімнокомплекси Українського Полісся. Т. 2. Регіональні особливості та оптимізація. Луцьк: Вежа, 2008. 400 с.
3. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Основні аспекти морфометрії та гідрохімії Шацьких озер. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. № 3 (58). С. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.9>.
4. Танфильев Г.И. Геоботаническое описание Полесья: моногр. Киев, 1899. 114 с.



5. Мисковець І.Я., Мольчак Я.О. Формування якості поверхневих вод у межах Луцька. *Modern Technology and Innovative Technologies: the International Scientific Periodical Journal*. Karlsruhe. January, 2023. Iss. 25. Part 2. P. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-02-025>.
6. Fesyuk V.O., Ilyin L.V., Moroz I.A. and Ilyina O.V. Environmental assessment of water quality in various lakes of the Volyn Region, which is intensively used in recreation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Geology. Geography. Ecology*. 2020. № 52. P. 236–250. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17>.
7. Шевчук М.Й., Сергушко О.Г. Етрофікація озер турійського району волинської області — незворотні зміни або черговий етап генезису. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.174166/>.
8. Бондар О.І., Конішук В.В. Екологія гідроєкосистем: навч. посіб. Херсон: Олді-плюс, 2013. 316 с.
9. Конішук В.В. Концепція і стратегія збалансованого розвитку ландшафтів водно-болотних угідь і торфових екосистем України. Київ: ДІА, 2015. 52 с.
10. Shumygai I.V., Mudrak O.V., Konishchuk V.V., Mudrak H.V. and Khrystetska M.V. Ecological monitoring of water bodies in Central Polissya (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 434–440. DOI: [https://doi.org/10.15421/20\\_21\\_133](https://doi.org/10.15421/20_21_133).
11. Кошовий В.В., Цихан О.І., Бухало О.П., Романішин І.М. До оцінки трофічного стану озер на основі морфометричних параметрів. *Доповіді НАН України*. 2001. № 11. С. 198–201.
12. Цветков В.Я., Домнишкая Э.В. Геоданные как основа цифрового моделирования. *Современные наукоемкие технологии*. 2008. № 4. С. 100–101.
13. ACOLITE. URL: <http://www.odnature.natural-sciences.be>.
14. Mishra S. and Mishra D. Normalized Difference Chlorophyll Index: A Novel Model for Remote Estimation of Chlorophyll — A Concentration in Turbid Productive Waters. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 117. P. 394–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.016>.
15. Конішук В.В., Андрієнко Т.Л., Царенко П.М. та ін. Червона книга Волинської обл. *Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. Сер.: Біологічні науки*. 2010. № 12. С. 154–175.

## REFERENCES

1. Koshovyi, V.V., Alokina, O.V., Ivchenko, D.V. et al. (2021). Baza danykh «Baza heodanykh tsyfrovoy modeli mistsevoosti biosfernoho rezervatu «Shatskyi» («BHD TsMM BR «Shatskyi»): avtrs'ke svідotstvo [Database «Geodatabase of the digital model of mineral resources in the biosphere reserve «Shatskyi» («BGD TsMM BR «Shatskyi»): author's certificate]. № 103760 [in Ukrainian].
2. Ilyin, L.V. (2008). *Limnokompleksy Ukrainskoho Polissia. T. 2. Rehionalni osoblyvosti ta optymizatsiia [Limnocomplexes of Ukrainian Polissia. T. 2. Regional features and optimization]* [in Ukrainian].
3. Khilchevskiy, V.K. & Zabokrytska, M.R. (2020). Osnovni aspekty morfometriyi ta hidrokhimiyi Shats'kykh ozer [Main aspects of morphometry and hydrochemistry of Shatsky lakes]. *Hidrolohiya, hidrokhi-miya i hidroekolojiya — Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 3 (58), 92–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.9> [in Ukrainian].
4. Tanfilyev, G.I. (1899). *Heobotanycheskoe opysanye Poles'ya: monohrafiya [Geobotanical description of Polesia: monograph]*. Kyiv [in Russian].
5. Myskovets, I.Ya. & Molchak, Y.O. (2023). Formuvannya yakosti poverkhnevyykh vod u mezkhakh Luts'ka [Formation of the quality of surface water within Luts'k]. *Modern Technology and Innovative Technologies: the International Scientific Periodical Journal*, 25/2, 77–83. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-02-025> [in Ukrainian].
6. Fesyuk, V.O., Ilyin L.V., Moroz, I.A. & Ilyina, O.V. (2020). Environmental assessment of water quality in various lakes of the Volyn Region, which is intensively used in recreation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Geology. Geography. Ecology*, 52, 236–250. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17> [in English].
7. Shevchuk, M.Y. & Sergushko, O.G. (2017). Etrofikatsiya ozer turiys'koho rayonu volyns'koyi oblasti — nezvorotni zminy abo chervohyuy etap henezysu [The eutrophication of the lakes of the Turiya district of the Volyn region is irreversible changes or another stage of genesis]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 16–20. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.174166> [in Ukrainian].
8. Bondar, O.I. & Konishchuk, V.V. (2013). *Ekolojiya hidroekosystem: navchal'nyy posibnyk [Ecology of hydroeccosystems: a study guide]*. Kherson [in Ukrainian].
9. Konishchuk, V.V. (2015). *Kontseptsiya i stratehiya zbalansovanoho rozvytku landshaftiv vodno-bolotnykh uhid' i torfovykh ekosystem [Concept and strategy of balanced development of landscapes of wetlands and peat ecosystems of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Shumygai, I.V., Mudrak, O.V., Konishchuk, V.V., Mudrak, H.V. & Khrystetska, M.V. (2021). Ecological monitoring of water bodies in Central Polissya (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 434–440. DOI: [https://doi.org/10.15421/20\\_21\\_133](https://doi.org/10.15421/20_21_133) [in English].
11. Koshovyi, V.V., Tsykhan, O.I., Bukhalo, O.P. & Romanyshyn, I.M. (2001). Do otsinky trofichnoho stanu ozer na osnovi morfometrychnykh parametriv [To estimate the trophic state of lakes based on morphometric parameters]. *Dopovidi NAN Ukrainy — Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 198–201 [in Ukrainian].
12. Tsvetkov, V.Ya. & Domnitskaya E.V. (2008). Geodannyye kak osnova tsifrovogo modelirovaniya [Geodata

- as a basis for digital modeling]. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii — Modern high technologies*, 4, 100–101 [in Russian].
13. ACOLITE. URL: <http://www.odnature.natural-sciences.be> [in English].
  14. Mishra, S. & Mishra, D. (2012). Normalized Difference Chlorophyll Index: A Novel Model for Remote Estimation of Chlorophyll — A Concentration in Turbid Productive Waters. *Remote Sensing of Environment*, 117, 394–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.016> [in English].
  15. Konishchuk, V.V., Andriienko T.L., Tsarenko, P.M. et al. (2010). Chervona knyha Volynskoi oblasti [Red book of the Volyn region]. *Naukovyi visnyk Volynskoho natsionalnoho universytetu im. Lesi Ukrainky. Seria: Biologichni nauky — Scientific Bulletin of the Volyn National University named after Lesya Ukrainka. Series: Biological Sciences*, 12, 154–175 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.06.2023

---

## ВОДНА, ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНА ТА ЧАГАРНИКОВО-БОЛОТНА РОСЛИННІСТЬ ОЗЕРА БІЛЕ НПП «БІЛООЗЕРСЬКИЙ»

В.Л. Шевчик<sup>1,2</sup>, В.А. Соломаха<sup>3,4</sup>, Р.А. Паламарчук<sup>2</sup>, Д.М. Постоєнко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ ім. Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)  
e-mail: shewol@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5981-3776

<sup>2</sup>Національний природний парк «Білоозерський»  
(Київська обл., Бориспільський р-н, с. Хоцьки)

e-mail: ruslan.palamarchuk37@gmail.com; ORCID: 0009-0004-0190-7103

<sup>3</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: v.sol@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3975-5366

<sup>4</sup>ННЦ «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича» (м. Київ, Україна)  
e-mail: dmytroiap@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8551-5809

Територія національного парку «Білоозерського» репрезентує ландшафтні комплекси Середнього Придніпров'я, невід'ємними елементами якого є давньоруслові заболочені і обводнені зниження, що вклинюються між піднятими сегментами борової тераси та часто з'єднані із сучасною заплавою. В центральній частині такого зниження (89–92 м н.р.м.), що розміщено в межах парку знаходиться заплавне оз. Біле із заболоченим островом, який розділяє його на меншу східну акваторію озера та більшу західну. По периферії озеро оточено ділянками заболоченого побережжя. Загальна площа обводнених та заболочених ділянок близько 16 га, із них площа водного плеса — 9 га. Значні площі представлені зарослями повітряно-водної рослинності та болотно-трясовинними плавами із потужним покривом *Sphagnum* sp. Водне живлення цього озера комплексне і забезпечується як підземними водами борової тераси, так і водами поверхневого стоку. А за наявності заболоченого зниження із протоками, що їх з'єднує в одну водно-болотну систему, забезпечують можливість повільного водообміну між Канівським водосховищем та озером. Обстежена територія має досить багатий та різноманітний рослинний комплекс. Наведено низку оселищ, що охороняються Директивою 92/43/ЄС «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори», та зростають великі за чисельністю популяції двох видів болотних орхідей (*Liparis loeselii* (L.) Rich., *Eriopactis palustris* (L.) Crantz) та водної папороті (*Salvinia natans* (L.) All.), занесені до Червоної книги України (2009). Крім того, тут також в умовах природних біотопів зростають три види, що охороняються у Київській обл. (*Drosera rotundifolia* L., *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray, *Nymphaea alba* L.).

**Ключові слова:** Середнє Придніпров'я, рідкісні види рослин, синтаксони рослинності.

### ВСТУП

Згідно зі схемою фізико-географічного районування, територія НПП «Білоозерський» відноситься до Процівсько-Ліпльавського р-ну, Північно-Придніпровської терасової низовинної області, Лівобережно-Дніпровського краю, лісостепової зони, Східно-Європейської рівнинної країни [1]. Характеристику природних умов території, історію її ботанічних досліджень наведено в літературі [2–4]. Територія національного парку репрезентує ландшафтні комп-

лекси цього фізико-географічного району, невід'ємними елементами якого є давньоруслові заболочені та обводнені зниження, що вклинюються між піднятими сегментами борової тераси, а також часто з'єднані із сучасною заплавою. В центральній частині такого зниження (89–92 м н.р.м.), що розміщено в межах парку знаходиться заплавне оз. Біле із заболоченим островом, який розділяє його на меншу східну акваторію озера та більшу західну. По периферії озеро оточено ділянками заболоченого побережжя. Загальна площа обводнених та заболочених ділянок близько 16 га,

із них площа водного плеса — 9 га. Значні площі представлені зарослями повітряно-водної рослинності та болотно-трясовинними плавами із потужним покривом *Sphagnum* sp. Водне живлення цього озера комплексне і забезпечується як підземними водами борової тераси, так і водами поверхневого стоку. Крім того, незначна різниця рівнів акваторії Канівського водосховища (змінюється від 87 до 93 м н.р.м.) й оз. Біле (89–92 м н.р.м.), а також наявність заболоченого зниження із протоками, що їх з'єднує в одну водно-болотну систему, забезпечують можливість повільного водообміну між ними як у формі поверхневого стоку, так і за рахунок інфільтрації крізь піщані відклади борової тераси.

У розрізі завдань поставлено «Проект організації території національного природного парку «Білоозерський», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів» (затверджено у 2022 р.). Зокрема вказаним документом визначається необхідність здійснення науково-дослідних робіт.

**Мета** полягає у характеристиці сучасного стану рослинного покриву національного природного парку «Білоозерський». Вивчення природних комплексів та їх зміни в умовах рекреаційного використання, розробка наукових рекомендацій із питань охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, дослідження перетворень екосистем під дією природних та антропогенних чинників. Тому актуальність визначається необхідністю закладання базових пробних ділянок для подальшого моніторингу змін рослинного покриву цього природно-заповідного об'єкта, вивчення причин таких перетворень, оцінки існуючих загроз та розробки ічасного впровадження комплексу попереджувальних заходів від небажаних змін.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Рекогносціювальні дослідження проводилися маршрутним методом упродовж

двох днів (1–2.08.2023). Збір гербарію та його впорядкування опрацьовували за стандартною методикою. Описи здійснювались на різних за розміром описових ділянках. Для опису угруповань водної та трав'янистої рослинності відбирали ділянки площею 4×4 м, для чагарниково-болотної рослинності — 10×10 м.

У низці випадків в один опис зводились дані з кількох розрізнених дрібніших ділянок, але в межах однотипних фітоценозів. Описами охоплено більшість варіантів рослинних угруповань, що трапляються на геоморфологічно відмінних ділянках. Проективне покриття видів у межах описової ділянки оцінювали й приводили в основному тексті у відсотках. Покриття нижче 1% позначали «+».

Синтаксономічна інтерпретація здійснювалась із використанням інформації про діагностичні види синтаксонів у синтаксономічних зведеннях рослинності України [5; 6]. Синтаксони високого та середнього ієрархічних рівнів ідентифікували з урахуванням зведення для всієї Європи [7] в інтерпретації для території України [8]. Пробні ділянки при описі рослинності за участю рідкісних видів закладались у природних межах фітоценозів.

Під час визначення типів біотопів користувались літературними джерелами останніх років видання [9–11]. Приблизні розміри площі біотопів оцінювались на основі окомірних спостережень із повторними промірами за GoogleMaps у камеральних умовах. Характеристику, окремих, важко доступних для обстежень біотопів (перехідні болота та сплавини) наведено на основі обстежень невеликих їх локалітетів, які вдалось обстежити. Для відображення діапазону перепадів рівнів води вище греблі Канівської ГЕС використані дані спостережень водомірних постів, що подаються в розділі «Води» у «Літописах природи Канівського природного заповідника» (Літопис... 1970–2018). Назви видів уніфіковані згідно з чеклістом The Plant List. За непевності трактування окремих видів вживали назви за Чеклістом України [12; 13].

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження фіторізноманіття та його фітосоціологічних особливостей борової тераси Середнього Придніпров'я завжди було перспективним науковим напрямком. Так, нами попередньо наводилася синтаксономія цих угруповань у масштабах всієї України (5,6,8). Раніше було досліджено як псамофітні комплекси [14], так і особливості поширення рідкісних видів (15,16,17,18,19). Також було здійснено обстеження та синтаксономічну інтерпретацію водно-болотної рослинності різних регіонів України [20; 21].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті обстеження вказаної території виявлено поширення угруповань, що представляють такі синтаксони рослинності України.

### LEMNETEA O. DE BOLÒS ET MASCLANS 1955

- Lemnetalia minoris* O. De Bolòs et Masclans 1955  
*Lemnion minoris* O. De Bolòs et Masclans 1955  
*Lemnetum minoris* Soó 1927  
*Lemno-Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954  
*Salvinionatantis-Spirodeletum polyrhizae* Slavnić 1956  
*Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954  
*Lemnetum trisulcae* Den Hartog 1963  
*Lemno-Salvinietum natantis* Miyawakiet J. Tx. 1960  
*Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae* Oberd. 1957  
*Salvinio-Hydrocharitetum* (Oberd. 1957) Boşcaiu 1966  
*Ceratophyllo-Hydrocharitetum* Pop 1962  
*Utricularion vulgaris* Passarge 1964  
*Lemno-Utricularietum vulgaris* Soó 1947

### POTAMOGETONETEA KLIKA IN KLIKA ET NOVÁK 1941

- Callitricho hamulatae-Ranunculetalia aquatilis* Passarge ex Theurillat in Theurillat et al. 2015  
*Batrachion fluitantis* Neuhäusl 1959  
*Hottonietum palustris* Sauer 1947  
*Potamogetonetalia* Koch 1926  
*Ceratophyllion demersi* Den Hartog et Segal ex Passarge 1996  
*Ceratophylletum demersi* Corillion 1957  
*Nymphaeion albae* Oberd. 1957  
*Potameto natantis-Nupharetum luteae* T. Müller et Görs 1960

- Nymphaeo albae-Nupharetum luteae* Novinski 1927  
*Potamogetonion* Libbert 1931  
*Potametum natantis* Hild 1959  
*Potametum pectinati* Carstensen ex Hilbig 1971  
*Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967  
*Potamogeton acutifolius* дериват

### PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA KLIKA IN KLIKA ET NOVÁK 1941

- Nasturtio-Glycerietalia* Pignatti 1953  
*Glycerio-Sparganion* Br.-Bl. Et Sissingh in Boer 1942  
*Leersietum oryzoidis* Eggler 1933  
*Oenanthetalia aquaticae* Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993  
*Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae* Passarge 1964  
*Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi* Tx. 1953  
*Eleocharitetum palustris* Savič 1926  
*Butometum umbellati* Philippi 1973  
*Phragmitetalia* Koch 1926  
*Phragmition communis* Koch 1926  
*Phragmitetum australis* Savič 1926  
*Thelypterido palustris-Phragmitetum australis* Kuiper ex van Donselaar et al. 1961  
*Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953  
*Typhetum latifoliae* Nowiński 1930  
*Schoenoplectetum lacustris* Chouard 1924  
*Equisetetum fluviatilis* Nowiński 1930  
*Sparganietum erecti* Roll 1938  
*Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011  
*Magnocaricetalia* Pignatti 1953  
*Magnocaricion elatae* Koch 1926  
*Caricetum appropinquatae* Aszód 1935  
*Caricetum elatae* Koch 1926  
*Magnocaricion gracilis* Géhu 1961  
*Caricetum ripariae* Máthé et Kovács 1959  
*Caricetum acutiformis* Eggler 1933  
*Caricetum gracilis* Savič 1926  
*Carici acutae-Glycerietum maximae* Jilek et Valisek 1964

### SCHEUCHZERIO PALUSTRIS-CARICETEA FUSCAE TX. 1937

- Scheuchzerietalia palustris* Nordhagen ex Tx. 1937  
*Stygio-Caricion limosae* Nordhagen 1943  
*Caricetum lasiocarpae* Koch 1926  
*Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii* (Hueck 1925) Tx. 1958  
*Sphagno-Caricion canescentis* Passarge (1964) 1978  
*Sphagno recurvi-Caricetum rostratae* Steffen 1931

### MOLINIO-BETULETEA PUBESCENTIS PASSARGE 1968

- Molinio-Betuletalia pubescentis* Passarge 1968



*Betulion pubescentis* Lohmeyer et Tx. ex Oberd.  
1957

*Menyantho trifoliatae-Betuletum pubescentis*  
Grygora, Vorobyov et Solomakha 2005

**FRANGULETEA DOING EX WESTHOFF  
IN WESTHOFF ET DEN HELD 1969**

*Salicetalia auritae* Doing 1962

*Salicion cinereae* T. Müller et Görs ex Passarge  
1961

Угрупування союзу *Lemnion minoris* поширені повсюдно в межах плеса озера. Всі вони представлені моно- та олігодомінантними фітоценозами, видовий склад яких відображається у назвах синтаксонів. Переважно невеличкими фрагментами площею по 1–2 м<sup>2</sup> у «вікнах» між скупченнями повітряно-водної рослинності розповсюджені угруповання *Lemnetum minoris*. Суцільними смугами вздовж берега трапляються *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* та *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae*. Зрідка, у добре прогрітих водах розріджень очерету, виявляються фрагменти *Spirodeletum polyrhizae*. Повсюдно на затінених ділянках мілководдя та між скупчень очерету, особливо по плесах уздовж стежок бобрів на болотах переважають угруповання *Lemnetum trisulcae*. Майже суцільною смугою завширшки до 2 м, по обмілинах уздовж берега зростають комплекси угруповань представлені *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae*, *Lemno-Salvinietum natantis* та *Salvinio-Hydrocharitetum*. Для цих угруповань характерний більш багатий видовий склад. Зокрема відмічено фрагменти з *Hydrocharis morsus-ranae* L. – 45%, *Lemna trisulca* L. – (+), *Lemna minor* L. – (+), *Salvinia natans* (L.) All. – 3%, *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. – 1%. Угрупування асоціації *Ceratophyllo-Hydrocharitetum* представлено невеличкими фрагментами і зрідка поширені на плесах озера.

Союз *Utricularion vulgaris* представлено однією асоціацією *Lemno-Utricularietum vulgaris* з такими видами: *Utricularia vulgaris* L. – 20%, *Lemna trisulca* – 30, *Hydrocharis morsus-ranae* – 10%, *Lemna minor* – (+), *Salvinia natans* – (+), *Ceratophyllum demersum* L. – 5%, *Potamogeton acutifolius* L. – (+).

Ці угруповання поширені виключно у східній частині акваторії озера, приурочені до широкої (3–5 м) смуги прибережжя і займають загальну площу близько 5 ар.

Союз *Batrachion fluitantis* також представлено однією асоціацією *Hottonietum palustris*, монодомінантні угруповання якої виявлені в дещо відокремленій від основної акваторії озера водоймі. Це лісове озерце, що безпосередньо примикає до південно-західного берега оз. Біле (координати точки в центрі озера – 49.918284/31.582796) оточено з усіх сторін вільховим лісом і з'єднується в одну водойму із оз. Біле в період найвищого рівня води.

Союз *Ceratophyllion demersi* займає досить великі площі (загалом до 3 га) монодомінантних заростей асоціації *Ceratophylletum demersi*. Найбільше вони поширені в південно-західній акваторії та часто трапляються і в інших його частинах.

Угрупування союзу *Nymphaeion albae* виявлені в єдиному локалітеті (49.921328/31.588969) на плесі у східній частині озера із зростанням угруповань асоціацій *Potameto natantis-Nupharetum luteae* та *Nymphaeo albae-Nupharetum luteae*.

Угрупування союзу *Potamogetonion* представлені чотирима асоціаціями. Великі площі (до 10 ар) у північній частині озера посідають монодомінантні угруповання *Elodeetum canadensis*. У них зростають *Elodea canadensis* Michx. – 90%, *Stuckenia pectinata* (L.) Bor. – 5%, *Potamogeton nodosus* Poir. – (+). У перемішку із ними часто трапляються угруповання асоціації *Potametum pectinati* із домінуванням *Stuckenia pectinata* (90%). Фрагментами по 2–3 м<sup>2</sup> по всій акваторії озера зрідка виявляються угруповання *Potametum natantis*. Також чималі площі зайняті монодомінантними угрупованнями *Potamogeton acutifolius*, які ми відносимо до окремого дериватного угруповання.

Уздовж східного берега озера у проміжку між лісом та смугами повітряно-водної рослинності на мулистому побережжі фрагментарно площами по 1–2 м<sup>2</sup> трапляються монодомінантні угруповання асоціації *Leersietum oryzoidis* союзу *Glycerio-Sparganion*.



На ділянках східного побережжя, де глибини не перевищують 0,5 м, поширені угруповання низькорослої повітряно-водної рослинності союзу *Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae*. В угрупованнях асоціації *Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi*, що трапляються у «вікнах» розріджень між *Typha angustifolia* L. зростають *Sparganium emersum* Rehm. – 30%, *Equisetum fluviatile* L. – 10%, *Carex pseudocyperus* L. – 5%, *Lysimachia vulgaris* L. – (+), *Hydrocharis morsus-ranae* – 5%, *Persicaria amphibia* (L.) Delarb. – 5%, *Typha angustifolia* – (+). Також тут фрагментарно поширені угруповання асоціацій *Eleocharitetum palustris* та *Butometum umbellati*.

Доволі широкий спектр асоціацій тут представляє союз *Phragmition communis*. Повсюдно на ділянках побережжя із глибинами 1–1,5 м зростають монодомінантні угруповання асоціацій *Phragmitetum australis* та *Typhetum angustifoliae*. Серед інших угруповань цього класу вони тут найбільш поширені і займають значні (до 2 га) площі. На окраїнах заболоченого острова у вигляді заторфовілих сплавин значними масивами (загалом до 2 га) виявлені угруповання асоціації *Thelypterido palustris-Phragmitetum australis*. У них зростають *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – 10%, *Thelypteris palustris* Schott – 80%, *Lysimachia vulgaris* – 1%, *Carex pseudocyperus* – (+), *Potentilla palustris* (L.) Scop. – (+); *Bryales* – 20%. У цих угрупованнях тут відмічені поодинокі особини *Liparis loeselii* (L.) Rich. – виду занесеного до Червоної книги України та у Додаток 1 Бернської конвенції [15; 22; 23]. Також повсюдно фрагментами по кілька метрів квадратних по периметру озера трапляються угруповання асоціацій *Typhetum latifoliae*, *Schoenoplectetum lacustris*, *Equisetetum fluviatile*, *Sparganietum erecti*, *Glycerietum maximae*.

Угруповання союзу *Magnocaricion elatae* займають невеликі площі (загалом до 0,7 га). Вони представлені фрагментами заростей асоціації *Caricetum elatae* на прибережних неглибоких (0,3–0,5 м) та мулистих ділян-

ках уздовж південного берега. Зростають *Carex elata* All. – 90%, *Epilobium palustre* L. – (+), *Galium palustre* L. – (+), *Stellaria palustris* Retz. – (+), *Lythrum salicaria* L. – (+), *Thelypteris palustris* – (+). Площі із угрупованнями *Caricetum appropinquatae* відмічаються у вигляді кушинно-трясовинних смуг по периферії заболоченого острова. Вони мають виразну фізіономічність завдяки специфічності біоморф співдомінуючих осок. Зростають *Carex appropinquata* Schum. – 5%, *Carex pseudocyperus* – 5%, *Phragmites australis* – 3%, *Equisetum fluviatile* – 5%, *Cicuta virosa* L. – (+), *Lysimachia vulgaris* – (+), *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult. – (+), *Salix cinerea* L. – (+), *Agrostis stolonifera* L. – (+), *Galium palustre* – (+), *Stellaria palustris* – (+), *Lythrum salicaria* – (+), *Persicaria amphibia* – (+), *Scutellaria galericulata* L. – (+), *Lycopus europaeus* L. – (+), *Lysimachia thysiflora* L. – (+). Добре виражена синюзія мохів (*Bryales* – 60%).

По всьому побережжю озера смугами поширені угруповання союзу *Magnocaricion gracilis*. Із берега в напрямку акваторії озера спостерігається закономірний порядок зміни монодомінантних угруповань асоціацій *Caricetum gracilis* → *Caricetum acutiformis* → *Caricetum ripariae*. Найбільшими за площею та представленістю є асоціація *Caricetum acutiformis*. Ці угруповання формують прибережні смуги завширшки 1–2 м. Зростають *Carex acutiformis* Ehrh. – 70%, *Phragmites australis* – 5%, *Typha angustifolia* – 1%, *Thelypteris palustris* – 10%. Зрідка в їх розрідженнях також відмічали поодинокі пагони *Liparis loeselii*. Поодинокі вздовж берега у вигляді вкраплень трапляються угруповання із співдомінуванням двох видів, що визначають асоціацію *Caricetum acutae-Glycerietum maximae*.

На заболоченому острові серед озера (координати точки в центрі острова – 49.921459/31.588136) представлені доволі оригінальні та рідкісні для регіону Середнього Придніпров'я рослинні комплекси. Там відмічені угруповання класів *Scheuchzerio palustris-Caricetea*, *Molinio-Betuletea pubescentis*.

Рослинність оліго-мезотрофних торфових боліт представлена двома союзами. У союзи *Stygio-Caricion limosae* за критерієм домінування вирізняються дві асоціації. Угрупування асоціації *Caricetum lasiocarpae* у південній частині острова біля водного плеса представлені ділянками болотних трясовин. В ярусі трав зростають *Frangula alnus* Mill. – 5%, *Betula pubescens* Ehrh. – 5%, *Salix cinerea* – 10%, *Typha angustifolia* – 5%, *Carex lasiocarpa* Ehrh. – 10%, *Eriophorum angustifolium* Honck – 3%, *Menyanthes trifoliata* L. – 3%, *Thelypteris palustris* – 5%, *Potentilla palustris* – 3%, *Galium palustre* – 1%, *Sparganium erectum* – (+), *Epilobium palustre* – (+), *Calamagrostis stricta* (Timm) Koeler. – (+), *Lycopus europaeus* – (+), *Lysimachia vulgaris* – (+), *Peucedanum palustre* (L.) Moench. – (+), *Drosera rotundifolia* L. – (+), *Salix rosmarinifolia* L. – (+). Суцільний покрив на поверхні формують види роду *Sphagnum* sp. – 100%. Тут виявлена чисельна популяція болотного виду родини орхідних занесеного до Червоної книги України – *Epipactis palustris* (L.) Crantz. Відмічено 30 пагонів генеративного вікового стану та понад 100 догенеративного віку. Подекуди коручка болотна формує покриття до 10% на 1 м<sup>2</sup>. Угрупування асоціації *Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii* трапляються у вигляді включень серед чагарників на відкритих ділянках острова. Зростають *Eriophorum angustifolium* – 10%, *Menyanthes trifoliata* – 5%, *Carex rostrata* Stokes – (+), *Thelypteris palustris* – (+), *Drosera rotundifolia* – (+), *Epilobium palustre* – (+), *Sphagnum* sp. – 100%.

Союз *Sphagno-Caricion canescentis* представлений угрупованнями асоціації *Sphagno recurvi-Caricetum rostratae*. Зростають *Carex rostrata* – 5%, *Carex lasiocarpa* – 2%, *Typha angustifolia* – 1%, *Typha latifolia* L. – (+), *Epilobium palustre* – (+), *Lycopus europaeus* – (+), *Eriophorum angustifolium* – 1%, *Calamagrostis stricta* – (+), *Potentilla palustris* – (+), *Sparganium erectum* L. – (+), *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray – (+), *Salix rosmarinifolia* – (+), *Drosera rotundifolia* – (+), *Galium palustre* – (+), *Lysimachia vulgaris* – (+), *Calamagrostis canescens* (Web.)

Roth – (+), *Sphagnum* – 100%, *Menyanthes trifoliata* – 1%, *Epipactis palustris* – (+), *Scutellaria galericulata* – (+), *Peucedanum palustre* – (+).

Рослинність класу *Molinio-Betuletea pubescentis* представлена угрупованнями союзу *Betulion pubescentis* асоціації *Menyantho trifoliatae-Betuletum pubescentis*. Зімкнутість деревно-чагарникового ярусу 0,3–0,5. У ньому зростають – *Betula pendula* Roth. – 5%, *B. pubescens* – 10%, *Pinus sylvestris* L. – (+), *Salix cinerea* – (+), *Frangula alnus* – (+). Суцільний покрив формують мохи: *Sphagnum* sp. – 95%, *Polytrichum* sp. – 5%. В ярусі трав із загальним покриттям до 20% зростають *Carex lasiocarpa* – 2%, *Carex rostrata* – 5%, *Eriophorum angustifolium* – 2%, *Thelypteris palustris* – 5%, *Menyanthes trifoliata* – 5%, *Drosera rotundifolia* – (+), *Lysimachia vulgaris* – (+), *Epilobium palustre* – (+), *Calamagrostis canescens* – (+), *Epipactis palustris* – (+), *Lythrum salicaria* – (+), *Phragmites australis* – (+), *Potentilla palustris* – (+), *Scutellaria galericulata* – (+), *Stellaria palustris* – (+).

Достатньо повсюдно поширена на бережжях озера та по периферії острова чагарникова рослинність класу *Franguletea*, що представлена угрупованнями союзу *Salicion cinereae* асоціації *Thelypterido-Salicetum cinereae*. Ярус чагарів має зімкнутість 0,6–0,8, у ній зростають *Salix cinerea* – 60%, *Frangula alnus* – (+). Ярус трав розріджений, трапляються *Phragmites australis* – 10%, *Equisetum fluviatile* – 10%, *Thelypteris palustris* – 5%, *Lysimachia vulgaris* – 3%, *Carex elongata* L. – (+), *Calamagrostis canescens* – 2%, *Cicuta virosa* – (+), *Lythrum salicaria* – (+), *Peucedanum palustre* – (+), *Lycopus europaeus* – (+), *Scutellaria galericulata* – (+). Моховий ярус (*Bryales*) – 70% [24].

## ВИСНОВКИ

Обстежена територія має доволі багатий та різноманітний рослинний комплекс. Тут представлено низку оселищ, що охороняються Директивою 92/43/ЄС «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори». Зокрема це асо-

ціяції *Lemnetum minoris* Soó 1927; *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954; *Salvinio natantis-Spirodeletum polyrhizae* Slavnić 1956; *Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954; *Lemnetum trisulcae* Den Hartog 1963; *Lemno-Salvinietum natantis* Miyawakiet. J. Tx. 1960; *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae* Oberd. 1957; *Salvinio-Hydrocharitetum* (Oberd. 1957) Boşcaiu 1966; *Ceratophyllo-Hydrocharitetum* Pop 1962; *Lemno-Utricularietum vulgaris* Soó 1947; *Hottonietum palustris* Sauer 1947; *Potameto natantis-Nupharetum luteae* T. Müller et Görs 1960; *Nymphaea albae-Nupharetum luteae* Novinski 1927; *Potameto natantis* Hild 1959; *Caricetum lasiocarpae* Koch 1926; *Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii* (Hueck 1925) Tx. 1958; *Sphagno recurvi-Caricetum rostratae* Steffen 1931; *Menyantho trifoliatae-Betuletum pubescentis*

Grygora, Vorobyov et Solomakha 2005. Крім того, трапляються великі за чисельністю популяції двох видів болотних орхідей (*Liparis loeselii*, *Epipactis palustris*) та водної папороті (*Salvinia natans*) занесені до Червоної книги України (2009). На оз. Біле в умовах природних біотопів зростають три види, які охороняються у Київській обл. (*Drosera rotundifolia*, *Dryopteris cristata*, *Nymphaea alba* L.)

Отже, нами відмічено беззаперечно високу природоохоронну значимість цього озера. Очевидною також є його загальноекологічна важливість, зокрема водоохоронна, водоочисна, водоакумулювальна. Із розвитком рекреаційної та туристичної інфраструктури на території Білоозерського НПП значно зростає й еколого-просвітницька роль цього об'єкта.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна енциклопедія. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2006. Т. 1. 432 с.
2. Ярова О.А. Фіторизноманіття заповідників і національних природних парків України. Київ: Фітосоціоцентр, 2012. Ч. 2. Національні природні парки. С. 44–49.
3. Ярова О.А., Федорончук М.М. Систематична структура флори національного природного парку «Білоозерський». *Український ботанічний журнал*. 2012. № 70 (5). С. 610–613.
4. Ярова О.А., Федорончук М.М. Географічна структура флори національного природного парку «Білоозерський». *Український ботанічний журнал*. 2014. № 71 (3). С. 296–300.
5. Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. Київ: Фітосоціоцентр, 2008. 296 с.
6. Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М. та ін. Прогном рослинності України. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с.
7. Mucina L., Bültmann H. and Dierssen K. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl. Veg. Sci.* 2016. Vol. 19(1). P. 3–264. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>.
8. Соломаха І.В., Шевчик В.Л., Соломаха В.А. Огляд вищих оселищ рослинності № 4 Бернської конвенції, що знаходяться під загрозою і потребують спеціальних заходів охорони. Київ: Фітосоціоцентр, 2017. 116 с.
9. Куземко А., Садогурська С., Василюк О. Плуначний посібник оселищ Резолюції № 4 Бернської конвенції, що знаходяться під загрозою і потребують спеціальних заходів охорони. Київ, 2017. 124 с.
10. Національний каталог біотопів України / за ред. А.А. Куземко, Я.П. Дідуха, В.А. Онищенко, Я. Шеффера. Київ: ФОП Клименко Ю.Я., 2018. 442 с.
11. Території, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдової мережі) України («тіньовий список», ч. 2) / Борисенко К.А., Куземко А.А. Київ: «LAT&K», 2019. 234 с.
12. Snapshots of the taxonomy. URL: <https://wfoplantlist.org/plant-list>.
13. Mosyakin S. and Fedoronchuk M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv, 1999. 345 p.
14. Соломаха І.В., Шевчик В.Л., Безсмертна О.О., Бондар І.В. Аутфітосологічна характеристика піщаних терас долинного комплексу Дніпро-Карань (Середнє Придніпров'я). *Чорноморський ботанічний журнал*. 2021. № 17 (1). С. 46–58. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-1-3>.
15. Вініченко Т.С. Рослини України під охороною Бернської конвенції. Київ: Хімджест, 2006. 176 с.
16. Судинні рослини Смарагдової мережі України під охороною Бернської конвенції / за ред. Соломахи В.А. Житомир, 2017. 152 с.
17. Шевчик В.Л., Соломаха І.В. Нова знахідка *Carex bohemica* (Cyperaceae) на Київщині (Україна). *Український ботанічний журнал*. 2021. № 78(5). С. 360–364. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj.78.05.360>.
18. Konishchuk V., Solomakha I. and Dvirna T. *Jovibarba* L. (Crassulaceae) in Ukraine: state of the new population and ecological-coenotic description. *Wulfenia journal*. 2022. № 29. P. 35–46.
19. Shevchuk V., Goncharenko I., Solomakha I. et al.

- Ecological and coenotic features of *Thesium ebracteatum* Hayne and its distribution in Ukraine. *Ekológia* (Bratislava). 2023. № 42 (2). P. 142–158. DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2023-0017>.
20. Григора І.М., Воробійов Є.О., Соломаха В.А. Лісові болота Українського Полісся (походження, динаміка, класифікація). Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 515 с.
  21. Воробійов Є.О., Смоляр Н.О., Смаглюк О.Ю., Соломаха В.А. Синтаксономія евтрофних пухнастоберезових боліт у басейні Нижньої Сули. *Вісник Черкаського університету. Сер.: Біологічні науки*. 2016. № 20 (353). С. 88 — 97.
  22. Конішук В.В., Мосякін С.А., Царенко П.М. та ін. Червона книга Київської області. *Аерокологічний журнал*. 2012. № 3. С. 46–58.
  23. Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Берн, 1979), (1998). Київ. 76 с.
  24. Екологічний паспорт Київської області. URL: <https://merp.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyivvska-oblast.pdf>.

## REFERENCES

1. Tolstoukhov, A.V. (2006). *Ekologichna entsyklopediia [Ecological encyclopedia]*. (Vol. 1). Kyiv [in Ukrainian].
2. Iarova, O.A. (2012). *Fitoriznomaniiia zapovidnykiv i natsionalnykh pryrodnykh parkiv Ukrainy. Natsionalni pryrodni parky [Phytodiversity of reserves and national natural parks of Ukraine. National natural parks]*. (P. 2). 44–49. Kyiv [in Ukrainian].
3. Iarova, O.A. & Fedoronchuk M.M. (2012). Systematychna struktura flory natsionalnoho pryrodnoho parku «Biloozerskyi» [Systematic structure of the flora of the National Nature Park «Biloozerskyi»]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 70 (5), 610–613 [in Ukrainian].
4. Iarova, O.A. & Fedoronchuk, M.M. (2014). Heohrafichna struktura flory natsionalnoho pryrodnoho parku «Biloozerskyi» [Geographical structure of the flora of the «Biloozerskyi» National Nature Park]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 71 (3), 296–300 [in Ukrainian].
5. Solomakha, V.A. (2008). *Syntaksonomiia roslynnosti Ukrainy. Tretie nablyzhennia [Syntaxonomy of vegetation of Ukraine. The third approximation]*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Dubyna, D.V., Dziuba, T.P., Yemelianova, S.M. et al. (2019). *Prodromus roslynnosti Ukrainy [Prodromus vegetation of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Mucina, L., Bültmann, H., Dierssen, K. et al. (2016). Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl. Veg. Sci*, 19 (1), 3–264. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12257> [in English].
8. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L. & Solomakha, V.A. (2017). *Ohliad vyshchykh odynyt roslynnosti Ukrainy za metodom Braun-Blanke ta yikh diahnostychni vydy [Review of the higher vegetation units of Ukraine according to the Braun-Blanquet method and their diagnostic species]*. Kyiv [in Ukrainian].
9. Kuzemko, A., Sadohurska, S. & Vasyliuk, O. (2017). *Tlumachnyi posibnyk oselyshch Rezolutsii № 4 Berns'koi konventsii, shcho znakhodiasia pid zahrozoiu i potrebuui spetsialnykh zakhodiv okhorony [Interpretive manual of settlements of Resolution No. 4 of the Berne Convention, which are under threat and require special protection measures]*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Kuzemko, A.A., Didukh, Ya.P., Onyshchenko, V.A. & Sheffera, Ya. (Eds.). (2018). *Natsionalnyi katahoh biotopiv Ukrainy [National catalog of biotopes of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Borysenko, K.A. & Kuzemko, A.A. (Eds.). (2019). *Terytorii, shcho proponuiutsia do vkluchennia u merezhu Emerald (Smarahdovu merezhu) Ukrainy («ti-novyyi spysok», chastyna 2) [Territories proposed for inclusion in the Emerald network of Ukraine («shadow list», part 2)]*. Kyiv [in Ukrainian].
12. Snapshots of the taxonomy (2023). URL: <https://wfoplantlist.org/plant-list> [in English].
13. Mosyakin, S. & Fedoronchuk, M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv [in English].
14. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L., Bezsmertna, O.O. & Bondar, I.V. (2021). Autfitosozologichna kharakterystyka pishchanykh teras dolynnoho kompleksu Dnipro — Karan (Seredne Prydniprovia) [Autphytosozological characteristics of sand terraces of the Dnipro — Karan valley complex (Middle Dnieper region)]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal — Black Sea Botanical Journal*, 17 (1), 46–58. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-1-3> [in Ukrainian].
15. Vinichenko, T.S. (2006). *Roslyny Ukrainy pid okhoronoiu Berns'koi konventsii [Plants of Ukraine under the protection of the Berne Convention]*. Kyiv [in Ukrainian].
16. Solomakhy, V.A. (Ed.). (2017). *Cudynni roslyny Smarahdovoi merezhi Ukrainy pid okhoronoiu Berns'koi konventsii [Vascular plants of the Emerald Network of Ukraine under the protection of the Berne Convention]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
17. Shevchyk, V.L. & Solomakha, I.V. (2021). Nova znakhidka *Carex bohemica* (Cyperaceae) na Kyivshchyni (Ukraina) [A new discovery of *Carex bohemica* (Cyperaceae) in the Kyiv region (Ukraine)]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 78 (5), 360–364. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.360> [in Ukrainian].
18. Konishchuk, V., Solomakha, I., Dvirna, T. et al. (2022). *Jovibarba L. (Crassulaceae)* in Ukraine: state of the new population and ecological-coenotic description. *Wulfenia journal*, 29, 35–46 [in English].
19. Shevchyk, V., Goncharenko, I., Solomakha, I. et al. (2023). Ecological and coenotic features of *Thesium ebracteatum* Hayne and its distribution in Ukraine. *Ekológia* (Bratislava), 42 (2), 142–158. DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2023-0017> [in English].
20. Hryhora, I.M., Vorobiov, Ye.O. & Solomakha, V.A. (2005). *Lisovi bolota Ukrainskoho Polissia (pokhod-*

- zhennia, dynamika, klasyfikatsiia*) [*Forest swamps of the Ukrainian Polissia (origin, dynamics, classification)*]. Kyiv [in Ukrainian].
21. Vorobiov, Ye.O., Smoliar, N.O., Smahliuk, O.Iu. & Solomakha, V.A. Syntaksonomiia evτροφnykh pukhnastoberezovykh bolit u baseini nyzhnoi Suly [Syn-taxonomy of eutrophic downy birch bogs in the Lower Sula basin]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriia: Biologichni nauky — Herald of Cherkasy University. Series: Biological sciences*, 20 (353), 88–97 [in Ukrainian].
  22. Konishchuk, V.V., Mosyakin, S.A., Tsarenko, P.M. et al. (2012). Chervona knyha Kyivskoi oblasti [Red book of the Kyiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 46–58 [in Ukrainian].
  23. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. (1979, 1998). *Konventsiiia pro okhoronu dykoi flory i fauny ta pryrodnykh seredovyshch isnuvannia v Yevropi* [Convention on the Protection of Wild Flora and Fauna and Natural Habitats in Europe]. Kyiv [in Ukrainian].
  24. Ekologichnyi pasport kyivskoi oblasti [Ecological passport of the Kyiv region]. (n.d.). URL: <https://mep.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyi-pasport-Kyivska-oblast.pdf> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.07.2023

---



## ACROPTILON REPENS (L.) DC. У ФЛОРИ ПОНИЗЗЯ МЕЖИРІЧЧЯ ДНІСТЕР – ТИЛІГУЛ

О.Ю. Бондаренко

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова (м. Одеса, Україна)  
e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2383-6615

Первинні, польові флористичні дослідження синантропних видів із високою інвазійною спроможністю є основою для аналізу, узагальнюючих робіт із проблем трансформації флор екотопів різного рівня антропогенного перетворення. *Acroptilon repens* — один із видів, який має інвазійну здатність та є карантинною рослиною на території України. Мета роботи — виявити локалітети *Acroptilon repens* на території пониззя межиріччя Дністер — Тилігул, охарактеризувати умови росту рослин цього виду. Обстежували екотопи з різним рівнем трансформації. За гербарними матеріалами гербарію (MSUD) Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова — вид раніше не відмічений на території Одеського регіону. Автором виявлено чотири локалітети *Acroptilon repens*. Три з них — на трансформованих ділянках транспортних шляхів: сел. Авангард, узбіччя шляху Одеса — Рені та в околицях с. Єгорівка. Це ділянки автомобільних шосе та покинутої залізничної колії. Ще один — на природному степовому схилі. На трансформованих ділянках участь інших видів рослин у «плямах» зі степовим гірчаком — невелика. На природній ділянці (в околицях с. Холодна Балка) відмічено співіснування із *Acroptilon repens*, загалом, 44 видів. Серед них 23 (або 52,27% видів тут) — є синантропними і тільки три (*Bromus squarrosus*, *Descurainia sophia*, *Sisymbrium loeselii*) — інвазійними видами. Види у «плямах» зі степовим гірчаком представлені, переважно, мінімальною кількістю екземплярів, проте серед них є два види місцевого рівня охорони: *Kohlruschia prolifera* та *Ephedra distachya*. Навесні, у «контури плями» з *Acroptilon repens* виявлено рослини державного рівня охорони: *Gutinospermium odessanum* та *Crocus reticulatus*. Ці рослини є ефемероїдами і строки їх росту та початку вегетації з *Acroptilon repens* — не збігаються.

**Ключові слова:** інвазійні види, карантинна рослина, південь Одещини.

### ВСТУП

Внаслідок істотних трансформацій природних ділянок — в Україні поширення набули синантропні види. Вони мають переважно негативне значення для регіональних флор (скорочення кількості видів, вплив на вразливі види, зниження господарської цінності угідь тощо). Однак інколи виконують роль «піонерів» за формування первинного рослинного покриву на трансформованих ділянках.

Серед синантропних рослин особлива увага науковців приділена видам із високою інвазійною здатністю. Під їх вивчення важливі як первинні, польові дослідження, так і теоретичні, узагальнювальні напрацювання [1–7]. Особливості росту, розвитку, генеративного та вегетативного розмноження, шляхи поширення на нові території, особливості екологічних уподобань рослин

за умов різних країн світу — все це важливі етапи вивчення інвазійних видів рослин із метою розробки методів нівелювання їх впливу на природні й сільськогосподарські види рослин [8–12].

Одним із видів, який має високу інвазійну здатність, а також є карантинною рослиною на території України [13], — *Acroptilon repens* (L.) DC. (*A. picris* (Pall. ex Willd.) C.A.Mey.) або степовий гірчак звичайний, із родини *Asteraceae*.

**Мета роботи** — виявити локалітети *Acroptilon repens* на території пониззя межиріччя Дністер — Тилігул, охарактеризувати умови росту рослин цього виду.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

*Acroptilon repens* — вид рослин, який останнім часом привертає широку увагу вчених різних наукових напрямів. Актуаль-



ним залишається навіть уточнення систематичного положення виду у флорах окремих країн [14].

Степовий гірчак звичайний характеризується як трав'янистий полікарпік із кореневими паростками. Стебло — дуже гіллясте, облиствене по всій довжині. Листки цілісні, переважно продовгуватояйцеподібні. Кошики розміщуються на кінцях численних гілочок, поодинокі. Квітки трубчасті, двостатеві, рожеві. Насінини 2,5–5 мм завдовжки, буруваті, є чубчик. Висота рослин становить від 15 до 60 см. Квітнуть рослини у червні–серпні [15].

За відношенням до зволоження гірчак степовий є еуксерофітом; відносно до освітлення — геліофітом [13]. Оптимальні температури для проростання насіння становлять від 20 до 30°C. Розмножується *Acroptilon repens* як генеративно, так і вегетативно, що забезпечує різноманітні шляхи інвазій на нові ділянки [16].

У багатьох країнах степовий гірчак офіційно визнаний шкідливим бур'яном [13; 16; 17]. В Україні це також злісний карантинний бур'ян [13]. Через відсутність конкурентів він здатен повністю витіснити інші рослини та істотним чином впливає (до 75,0%, або навіть до повного знищення) на рослини різних культур на сільськогосподарських землях [13]. Так, *Acroptilon repens* може формувати до 300 стебел на один квадратний метр, та захоплювати за декілька років до 12 м<sup>2</sup> [16]. Одна рослина може продукувати 100–290 життєздатних насінин. За допомогою чубчика насінини розносяться вітром на прилеглі ділянки [16].

Степовий гірчак походить із Центральної та Малої Азії [16]. Поширений у Євразії, Австралії, Америці, Австралії [13; 14; 16]. Зокрема, фіксується у 27 штатах США, присутній на значних територіях у Канаді [16]. Станом на 2015 р., за даними А.Ф. Чебановської, Н.Т. Могилюк [13], в Україні *Acroptilon repens* відмічено на площі 306138,22 га.

Досліджень, які були б присвячені вивченню особливостей існування рослин цього виду на теренах України — небагато [13]. Набагато частіше вид згадують у ро-

ботах загального плану. Так, провідними дослідниками у сфері вивчення інвазійних видів: В.В. Протопоповою, М.В. Шеверою та ін. встановлено, що для флори України *Acroptilon repens* відносять до видів із високим ступенем інвазійності у вузьколокальних районах. Вид характеризують як такий, що пройшов Е-бар'єр [9]. За ступенем натуралізації *Acroptilon repens* є епекофітом, за хронотипом — кенофітом; за способом поширення насіння — це анемохор [8].

Негативними характеристиками цього бур'яну є засмічення посівів, зниження кількості і якості врожаю. Крім того, степовий гірчак є небажаним елементом кормових угідь. Може викликати отруєння (неврологічний розлад) у окремих категорій худоби [14]. Деякі дослідження характеризують ентомофільний пилок *Acroptilon repens* як алергенний [18].

Однак сировину рослин степового гірчака використовують у народній медицині деяких країн як блотовний, протигіпеліптичний, протималярійний засіб. Проводять також дослідження для вивчення його властивостей у боротьбі з діабетом, онкологією тощо [19].

*Acroptilon repens* фіксують на ділянках із широким екологічним спектром умов та різним рівнем антропогенної трансформації: степи, луки, перелоги, оброблювані землі, узбіччя доріг, стежок. Однак, внаслідок природних катаклізмів (пожежі, повені) вид здатен швидко освоювати природні ділянки [16].

Перенесення на нові віддалені території *Acroptilon repens* здійснюється транспортним шляхом із насінням, сіном тощо [13; 16].

Для боротьби з акроптилоном доцільно застосовувати комбінований комплекс заходів із використанням профілактичних, агротехнічних та хімічних прийомів. Пропонують і біологічні заходи боротьби [16; 17].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз даних про поширення *Acroptilon repens* у пониззі межириччя Дністер – Ти-

лігул базується на багаторічних флористичних авторських дослідженнях території маршрутним методом. Увага приділена як цілком природним екотопам, так і ділянкам із різним ступенем антропогенного перетворення.

Латинські назви видів наведено за S.L. Mosyakin та M.M. Fedoronchuk [20]. Поняття «інвазійний вид» прийнято за [9]. Під час обліку рясності видів орієнтувалися на шкалу Друде [21].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За гербарними матеріалами гербарію (MSUD) Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова — вид раніше не відмічений на території Одеського регіону. Однак є матеріали з прилеглих територій. Так, у гербарній колекції Й.К. Пачоського є збори з нинішньої Херсонської обл. та Криму (№№ 5909–5913), які датовано 1902 і 1907 рр.

У колекції П.С. Шестерикова гербарний зразок рослини *Acroptilon repens* супроводжується написом «на вологих місцях біля Дніпра» і також відноситься до початку ХХ ст. (точні дати на гербарних аркушах відсутні, але час створення колекції — саме початок ХХ ст.).

У колекції Е.Е. Ліндемана також три гербарні зразки належать до флори Херсонської губернії (№ 5496: Воронцовка на Дніпрі) та Таурія за авторства Sredinsky. Вочевидь (також відповідно до часу створення колекцій), зразки належать до кінця ХІХ — початку ХХ ст.

Автором, під час дослідження флори низзя межиріччя Дністер — Тилігул, виявлено чотири локалітети *Acroptilon repens*.

**1. Сел. Авангард**, Одеської міської громади; координати локалітету — 46°27'51.8"N, 30°37'09.3"E (координати в десятинній формі 46.464389°30.61925°). Південна околиця, вздовж вулиці Авангардівської, автошлях М-28-01. Ділянка завширшки 1,5 м, станом на 2020 р. — завдовжки до 7 м, серед дерев виду *Gleditsia triacanthos* L. (гледичія колюча), висаджених між автошляхом і тротуаром. Дата знахідки — 20.07.2020 р.

Проективне покриття рослин *Acroptilon repens* у центрі локалітету сягало 100,0%. Більшість екземплярів були представлені добре розвиненими вегетуючими гілочками, без квіток. Квітучих екземплярів — не більше 15,0%. Можливо це пов'язано лише із початком генерації рослин. Серед інших рослин, представлених на ділянці — незначна кількість екземплярів виду *Hordeum leporinum* Link. (ячмінь заячий). Поодинокі рослини *Chondrilla juncea* L. (хондрила ситниковидна), сіянцив *Gleditsia triacanthos*, *Sisymbrium orientale* L. (сухобрибок східний). Станом на 24.08.2023 р. ділянка з *Acroptilon repens* становить 12 м завдовжки (з півночі на південь) та 1,5 м завширшки. Рослини вкрай пригнічені, практично не мають бічних гілочок. Фактично весь час ділянка знаходиться у сутінку (через тінь дерев, а також високий бетонний тин із заходу). Вірогідно, на стан рослин впливають і спеціалізовані сезонні роботи із підтримки робочого стану шосе (посипання сіллю), а також — несприятливі умови від регулярного та надмірного (на цьому відрізку шосе) автомобільного навантаження. Проективне покриття рослин *Acroptilon repens* становить до 10%. Квітучих екземплярів відмічено лише два. Екземпляри *Acroptilon repens* з цієї ділянки передано у гербарії MSUD і KW (Гербарій Інституту ім. М.Г. Холодного НАН України).

**2. Узбіччя автошляху Одеса — Рені (М15)**, на ділянці поблизу с. Маяки Біляївського р-ну. Дата знахідки 20.07.2020; координати локалітету — 46°27'36.6"N 30°37'12.2"E (46.432028°30.314611°). Станом на 2020 р. полотно шосе та узбіччя на цій ділянці знаходилося у післяремонтному (2018, 2019 рр.) стані із істотною ґрунтовою трансформацією ділянки. Рослини *Acroptilon repens* відмічено на відкосі південної експозиції, що мав нахил до 45°. Проективне покриття *Acroptilon repens* становило до 70,0%. Серед інших видів, представлених тут: *Anisantha sterilis* (L.) Nevski, анізанта неплідна (сенільний стан, 40,0%), *Ballota nigra* L., м'яточник бур'яновий (генеративний стан, поодинокі), *Cardaria draba* (L.) Desv., кардарія крупковидна (сеніль-

ний стан, до 5,0% проективного покриття). Більшість рослин *Acroptilon repens* були добре розвинені, на кожній рослині – не менше 5 кошиків, у т.ч. і бутони. Перевірити стан цієї ділянки – не можливо. Екземпляри *Acroptilon repens* з цієї ділянки передано у гербарії MSUD і KW.

**3. Околиці с. Єгорівка**, Роздільнянського р-ну; координати локалітету – 46°42'17.1"N 30°23'34.2"E (46.70475° 30.392833°). Під час проведення ботанічної екскурсії зі студентами-біологами, під керівництвом автора, відмічено декілька екземплярів *Acroptilon repens*, та відповідно – загербаризовано. Ділянка – із щербеним насипним ґрунтом; у минулому це – спеціалізована залізнична колія для перевезення вапняку від кар'єрів на схилах Хаджибейського лиману до найближчої залізничної станції Карпове. Екземпляри знайдено під кущами *Cerasus mahaleb* (L.) Mill. (вишня магалепська). Гербарні зразки передано до гербарію MSUD. За повторного дослідження ділянки у 06.2022 р., а також – 20.05; 13.06; 28.06.2023 р. рослин *Acroptilon repens* тут не виявлено.

**4. Північна околиця с. Холодна Балка**, Одеського р-ну. Координати локалітету – 46°37'12.3"N 30°35'32.5"E (46.620083° 30.592361°). Степовий, слабо похилений на схід, схил Хаджибейського лиману. Навколо ділянки спостерігаються види степової еколого-ценотичної групи. Пляма має нерівні контури. З півночі на південь – до 12 м, із заходу на схід – 8,5 м (2023 р.). Аналогічними розміри контуру «плями» з *Acroptilon repens* – були і у 2022 р. На ділянці проходять періодичні пали.

Всередині «плями» зафіксовано види рослин: *Allium rotundum* L. (цибуля кругла), *Asparagus verticillatus* L. (холодок кільчастий), *Achillea setacea* Kit. (деревій щетинистий), *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. (осот звичайний), *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev (пижмо тисячолісте), *Tragopogon major* Jacq. (козельці великі), *Descourainia sophia* (L.) Webb ex Prantl (кудрявець Софії), *Sisymbrium loeselii* L. (сухоребрик Льозеліїв), *Kohlruschia prolifera* (L.) Kunth. (кольраушія пагононосна), *Humulus lupulus* L. (хміль

звичайний), *Ephedra distachya* L. (ефедра двоколоскова), *Euphorbia agraria* M.Bieb. (молочай польовий), *Caragana frutex* (L.) C. Koch (карагана кущова), *Phlomis hybrida* Zelen. (залізняка гібридний), *Bromus squarrosus* L. (бромус розчепирений), *Veronica austriaca* L. (вероніка австрійська). Всі вони зустрічалися «поодинокі», представлені 1–3 екземплярами.

Рослини видів: *Vupleurum rotundifolium* L. (ласкавець круглолистий), *Falcaria vulgaris* Bernh. (різак звичайний), *Artemisia austriaca* Jacq. (полин австрійський), *Xeranthemum annuum* L. (безсмертника однорічна), *Kochia prostrata* (L.) Schrad. (віниччя сланке), *Convolvulus arvensis* L. (березка польова), *Euphorbia sequierana* Neck. (молочай Сергєєв), *Securigera varia* (L.) Lassen (в'язіль барвистий), *Marrubium peregrinum* L. (шандра чужоземна), *Anisantha sterilis* (L.) Nevski (анізанта неплідна), *Eragrostis minor* Host (гусятник малий), *Milium vernale* M.Bieb. (просянка весняна), *Potentilla argentea* L. (перстач сріблястий), *Galium humifusum* M.Bieb. (підмаренник сланкий) – траплялися «зрідка» (від 3 до 5 екземплярів рослин).

«Спонтанно» (більше п'яти рослин) зустрічалося порівняно мало видів: *Salvia nemorosa* L. agg. (шавлія дібровна), *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv. (житняк гребінчастий), *Elytrigia repens* (L.) Nevski (пирій повзучий).

У попередньому 2022 р., станом на 31.08, крім вище перерахованих видів, у «плямі» *Acroptilon repens* було зафіксовано такі 12 видів: *Carduus thoermeri* Weinm. (будяк Термера), *Galatella villosa* (L.) Rchb. f. (кринітарія волохата), *Euphorbia virgultosa* Klokov (молочай прутувидний), *Teucrium chamaedrys* L. (самосил гайовий), *Linum austriacum* L. (льон австрійський), *Cleistogenes bulgarica* (Bornm.) Keng (змійва болгарська), *Festuca valesiaca* Gaudin (костриця валіська), *Poa angustifolia* L. (тонконіг вузьколистий), *Nigella arvensis* L. (чорнушка польова), *Potentilla argentea* L. (перстач неблискучий), *Rosa corymbifera* Borkh. (шипшина гвоздична), *Odontites vulgaris* Moench (кравник звичайний).

Загалом, серед відмічених видів — лише 23 (або 52,27%) є синантропними. Лише три: *Bromus squarrosus*, *Descurainia sophia*, *Sisymbrium loeselii* — є інвазійними видами [8; 9].

Види *Kohlruschia prolifera* і *Ephedra distachya* — це созофіти, що занесені до списку рідкісних видів Одеської обл. [22].

За весняними спостереженнями від 03.2022 р., на ділянці, в межах контуру із *Acroptilon repens*, відмічено рослини рідкісних видів (понад 10 екземплярів для кожного виду) з ЧКУ: *Gymnospermium odesanum* (DC.) Takht (оставник одеський) та *Crocus reticulatus* Steven ex Adams (шафран сітчастий) [22]. Ці рослини є ефемероїдами і строки їх росту та початку вегетації *Acroptilon repens* — не збігаються.

## ВИСНОВКИ

У пониззі межириччя Дністер — Тилігул встановлено чотири локалітети для інвазійного виду *Acroptilon repens*, що є також і карантинною рослиною. Два місцезнаходження розташовані на узбіччях автомобільних шляхів з активним рухом транс-

порту. Один локалітет (останні два роки зростання рослин виду тут — не підтверджено) зафіксовано на покинутих залізничних коліях. Ще одне місцезнаходження — на узбережжі Хаджибейського лиману на схилі із типовою степовою флорою.

На трансформованих ділянках рослини *Acroptilon repens* супроводжує обмежена кількість видів (4–7). На природній степовій ділянці відмічено доволі широкий спектр видів, серед яких є види регіонального та державного (ефемероїди) рівнів охорони. Потенційне різноманіття степової флори на площі, зайнятій *Acroptilon repens* зберігається, але кількісно і якісно рослини знаходяться у вкрай пригніченому стані.

Моніторингові дослідження інвазійних видів рослин на антропогенних перетвореннях, а особливо у природних локалітетах (як ділянка в околицях с. Холодна Балка) перспективні для оцінки потенційних можливостей, зокрема, *Acroptilon repens* у конкурентних взаємовідносинах видів рослин у ценозах півдня України, особливо за умов сучасних кліматичних змін.

## ЛІТЕРАТУРА

- Ткач Є.Д., Шерстобоева Е.В. Экологические аспекты инвазии *Iva xanthiifolia* Nutt. в агрофитоценозы. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 75–80.
- Курдюкова О.М., Жердева К.О. Розповсюдження та контроль *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen у антропогенно порушених екопопах. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 3. С. 91–95.
- Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. І. Група високоактивних видів. *GEO&BIO*. 2019. Vol. 17. С. 116–135. URL: <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>.
- Konishchuk V.V., Solomakha I.V., Mudrak O.V. et al. Ecological impact of phytointvasions in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (3). С. 69–75. DOI: [https://doi.org/10.15421/2020\\_135](https://doi.org/10.15421/2020_135). URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25410.pdf>.
- Bondarenko O.Yu. and Myronov S.L. *Euphoria davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) in flora of railway tracks of Dniester bay bar. *Вісник Одеського національного університету. Сер.: Біологія*. 2021. Т. 26. Вип. 2 (49). С. 101–108. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2\(49\).246891](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2(49).246891).
- Бондаренко О.Ю. Інвазійні види флори трансформованих ділянок залізничних колій у пониззі межириччя Дністер — Тилігул. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273246>.
- Стратегія біобезпеки та біологічного захисту. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#Text>.
- Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2002. 32 с.
- Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л. та ін. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.
- Тулина Э. Правовое регулирование инвазивных чужеродных видов растений по законодательству Молдовы, Беларуси и Украины (сравнительный анализ). *Leges si viata*. 2019. С. 126–130.
- Лихолат Ю.В., Хромих Н.О., Коваленко І.М. та ін. Закономірності адаптації аборигенних та інтродукованих видів деревних рослин до мінливих умов Степового Придніпров'я: моногр. Суми: ФОП Цьома С.П., 2018. 186 с.
- Гуджинскas Зигмантас і др. Інвазивные виды растений белорусско-литовского пограничья. Гродно: ООО «ЮрСаПринт», 2020. 80 с. URL: [http://usp.by/2021\\_bookshelf/pdf/invazivnye\\_rasteniya.pdf](http://usp.by/2021_bookshelf/pdf/invazivnye_rasteniya.pdf).



13. Чебановская А.Ф., Могилюк Н.Т. Горчак ползучий на территории Украины. *Защита и карантин растений*. 2015. № 1. С. 43–44.
14. Hind Nicholas D. J. *Leuzea repens*, a new combination (*Compositae: Cardueae: Centaureinae*). *Kew Bulletin*. 2019. № 74. P. 20. DOI: <https://doi.org/10.1007/S12225-019-9809-2>. URL: [https://www.researchgate.net/publication/333196151\\_Leuzea\\_repens\\_a\\_new\\_combination\\_Compositae\\_Cardueae\\_Centaureinae](https://www.researchgate.net/publication/333196151_Leuzea_repens_a_new_combination_Compositae_Cardueae_Centaureinae).
15. Определитель высших растений Украины / под ред. Ю.Н. Прокудина. Киев: Наук. думка, 1987. 548 с.
16. Alaska Natural Heritage Program. University of Alaska Anchorage: URL: [https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Acroptilon\\_repens\\_BIO\\_ACRE3.pdf](https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Acroptilon_repens_BIO_ACRE3.pdf).
17. Heckman Neil L. Goss Ryan M. Gaussoin, Roch E. et al. «EC02–173 Spotted and Diffuse Knapweed». *Historical Materials from University of Nebraska–Lincoln Extension*. 2002. Paper 1483. URL: [https://www.academia.edu/en/27303644/EC02\\_173\\_Spotted\\_and\\_Diffuse\\_Knapweed](https://www.academia.edu/en/27303644/EC02_173_Spotted_and_Diffuse_Knapweed).
18. Rezanejad Farkhondeh, Shojaei Mahsa and Zamani Bahramabadi Elaheh. Allergenicity of *Acroptilon repens* and *Juglans regia* pollen in rats. *Grana*. 2018. Vol. 57. № 4. P. 292–297. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00171314.2018.1432682>.
19. Moradia M., Mojab F. and Arbabi S. Biogolia Toxicity Assessment of *Asteraceae Centaurea Repens* L. extract in Mice. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2017. № 16 (3). P. 1071–1079. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318685033\\_Toxicity\\_Assessment\\_of\\_Asteraceae\\_Centaurea\\_Repens\\_L\\_Extract\\_in\\_Mice/link/598b7ebf07e9b07d21f69a3/download](https://www.researchgate.net/publication/318685033_Toxicity_Assessment_of_Asteraceae_Centaurea_Repens_L_Extract_in_Mice/link/598b7ebf07e9b07d21f69a3/download).
20. Mosyakin S.L. and Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev, 1999. 345 p.
21. Приступа І.В. Основи геоботаніки та фітоценології: навч. посіб. Запоріжжя: ЗНУ, 2017. 110 с. URL: <http://surl.li/jxeec>.
22. Андриєнко Т.Л., Перегрим М.М. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України: довід. 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).

## REFERENCES

1. Tkach, E.D. & Scherstoboeva, E.V. (2013). Ekologicheskiye aspekty invazii *Iva xanthiifolia* Nutt. v agrofytotsenozy [Ecological aspects of invasion by *Iva xanthiifolia* Nutt. into agrophytocenoses]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 75–80 [in Russian].
2. Kurdiukova, O.M. & Zherdieva, K.O. (2014). Rozpovsiudzhennia ta kontrol *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen u antropohenno porushenykh ekotopakh [Distribution and control of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen in anthropogenically disturbed ecotopes]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 91–95 [in Ukrainian].
3. Protopopova, V.V. & Schevera, M.V. (2019). Invasiini vydy u flori Ukrainy. I. Grypa vysokoaktyvnykh vydiv [Invasive species in the flora of Ukraine. I. Group of highly active species]. *GEO&BIO*, 17, 116–135 [in Ukrainian].
4. Konishchuk, V.V., Solomakha, I.V., Mudrak, O.V. et al. (2020). Ecological impact of phytointroductions in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (3), 69–75. DOI: 10.15421/2020\_135. URL: <http://socrates.vsuu.org/repository/getfile.php/25410.pdf> [in English].
5. Bondarenko, O.Yu. & Myronov, S.L. (2021). *Euphoria davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) in flora of railway tracks of Dniester bay bar. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Biologiya*, 26, 2 (49), 101–108. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2\(49\).246891](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2(49).246891) [in English].
6. Bondarenko, O.Yu. (2022). Invasiini vydy flory transformovanykh dilianok zaliznychnykh kolii u ponyzzi mezhyrichchia Dniester – Tylihul [Invasive species of the flora of transformed sections of railway tracks in the bottom of the Dniester – Tiligul river]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 27–33. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273246> [in Ukrainian].
7. Stratehiia biobezpeky ta biolohichnoho zakhystu [Strategy of biosafety and biological protection]. (n.d.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#Text> [in Ukrainian].
8. Protopopova, V.V., Mosiak, S.L. & Shevera, M.V. (2002). *Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomannitii: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie* [Phytointroductions in Ukraine as a threat to biodiversity: current status and challenges for the future]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Protopopova, V.V., Shevera, M.V., Mosyakin, S.L. et al. (2009). *Invasiini vydy u flori Pvnichnogo Prychoronomorya* [Invasive species in the flora of the Northern Black Sea coast]. Kyiv [in Ukrainian].
10. Tulina, E. (2019). Pravovoe regulirovanie invazivnykh chuzherodnykh vidov rastenyi po zakonodatelstvu Moldovy, Belarusi i Ukrainy (sravnitelnyy analiz) [Legal regulation of invasive alien plant species under the legislation of Moldova, Belarus and Ukraine (comparative analysis)]. *Legea si viata*, 126–130 [in Russian].
11. Lykholat, Yu.V., Khromykh, N.O., Kovalenko, I.M. et al. (2018). *Zakonomirnosti adaptatsii aboryhennykh ta introdukovanykh vydiv derevnykh roslin do minlyvykh umov stepovoho Prydniprovia* [Patterns of adaptation of native and introduced species of woody plants to the changing conditions of the Dnieper steppe]. Sumy [in Ukrainian].
12. Zyhmantas, Hudzhynskas et al. (2020). *Invazivnyye vydy rastenyi belorussko–litovskogo pogranich'ya* [Invasive plant species of the Belarusian–Lithuanian border-

- land*]. Grodno. URL: [http://usp.by/2021\\_bookshelf/pdf/invazivnye\\_rasteniya.pdf](http://usp.by/2021_bookshelf/pdf/invazivnye_rasteniya.pdf) [in Russian].
13. Chebanovskaya, A.F. & Mogilyuk, N.T. (2015). Gorchak polzuchiy na territorii Ukrainyi [Gorchak creeping on the territory of Ukraine]. *Zaschita i karantin rasteniy — Plant protection and quarantine*, 1, 43–44 [in Russian].
  14. Hind, Nicholas D.J. (2019). *Leuzea repens*, a new combination (Compositae: Cardueae: Centaureinae). *Kew Bulletin*, 74, 20. DOI: <https://doi.org/10.1007/S12225-019-9809-2>. URL: [https://www.researchgate.net/publication/333196151\\_Leuzea\\_repens\\_a\\_new\\_combination\\_Compositae\\_Cardueae\\_Centaureinae](https://www.researchgate.net/publication/333196151_Leuzea_repens_a_new_combination_Compositae_Cardueae_Centaureinae) [in English].
  15. Prokudin, Yu.N. (Ed.). (1987). *Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainyi [Key to higher plants of Ukraine]*. Kyiv [in Russian].
  16. Alaska Natural Heritage Program. University of Alaska Anchorage. URL: [https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Acroptilon\\_repens\\_BIO\\_ACRE3.pdf](https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Acroptilon_repens_BIO_ACRE3.pdf) [in English].
  17. Heckman, Neil L. Goss, Ryan M. Gaussoin, Roch, E. et al. (2002). «EC02–173 Spotted and Diffuse Knapweed». *Historical Materials from University of Nebraska—Lincoln Extension. Paper 1483*. URL: [https://www.academia.edu/en/27303644/EC02\\_173\\_Spotted\\_and\\_Diffuse\\_Knapweed](https://www.academia.edu/en/27303644/EC02_173_Spotted_and_Diffuse_Knapweed) [in English].
  18. Rezanejad, Farkhondeh, Shojaei, Mahsa & Zamani, Bahramabadi Elaheh. (2018). Allergenicity of *Acroptilon repens* and *Juglans regia* pollen in rats. *Grana*, 57, 4, 292–297. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00173134.2018.1432682> [in English].
  19. Moradia, M., Mojab, F. & Arbabi, S. (2017). Biogolia Toxicity Assessment of *Asteraceae Centaurea Repens* L. extract in Mice. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 16 (3), 1071–1079. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318685033\\_Toxicity\\_Assessment\\_of\\_Asteraceae\\_Centaurea\\_Repens\\_L\\_Extract\\_in\\_Mice/link/598b7ebf0f7e9b07d21f69a3/download](https://www.researchgate.net/publication/318685033_Toxicity_Assessment_of_Asteraceae_Centaurea_Repens_L_Extract_in_Mice/link/598b7ebf0f7e9b07d21f69a3/download) [in English].
  20. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev [in English].
  21. Prystupa, I.V. (2017). *Osnovy heobotaniky ta fitotse-nolohii: Navchalnyi posibnyk [Fundamentals of geobotany and phytocenology: tutorial]*. Zaporizhzhia. URL: <http://surl.li/jxeec> [in Ukrainian].
  22. Andriienko, T.L. & Peregrym, M.M. (2012). *Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisykh roslyn 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].

Стаття надійшла до редакції журналу 03.07.2023



## ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ГРИБНОГО СУБСТРАТУ ШИЇТАКЕ (*LENTINULA EDODES* (BERK.) PEGL.) ЯК ДОБАВКИ ДО ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЛОХИНИ

А.Р. Равліковський<sup>1</sup>, Л.Ю. Симочко<sup>1,2,3</sup>, О.С. Дем'янюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород, Україна)  
e-mail: a.r.ravlikovsky@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9029-103X

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853

<sup>3</sup>Коїмбрський університет (м. Коїмбра, Португалія)

e-mail: lyudmilassem@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6698-3172

Досліджено ефективність використання відпрацьованого грибною субстрату (ВГС) шиїтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) для удобрення ґрунту в технології вирощування лохини. Проведено порівняльний аналіз хімічного складу ВГС і торфу, хімічний склад ґрунту після 3-річного їх унесення, чисельність мікроорганізмів та вміст загальної мікробної біомаси, спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті. За хімічним складом ВГС практично не поступається торфу: рН 3,7, вміст вологи — 58–59%, вміст органічної речовини в перерахунку на Карбон — 48%, масова частка загального Нітрогену — 1–1,7%, співвідношення C : N — 44,7–51,8 : 1, вміст загального калію — 0,43%, загального фосфору — 0,37%, кальцію — 0,42%, магнію — 0,17%. Оцінка агрохімічних і фізичних показників дерново-підзолистого ґрунту після внесення ВГС і торфу показала, що за більшістю параметрів вони знаходяться на одному рівні. За вмістом органічної речовини, нітратного азоту, водорозчинного кальцію, магнію та натрію, а також показником електропровідності ґрунт із унесенням ВГС мав переваги в середньому в 1,5–3 рази порівняно з додаванням торфу. Результатами мікробіологічного дослідження встановлено, що загальна біомаса мікроорганізмів та чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп була вищою у ґрунті зі внесенням ВГС порівняно з ґрунтом, де вносили торф. Внесення ВГС збільшувало в ґрунті чисельність міцеліальних організмів: мікроміцетів у 4,1 раз, стрептоміцетів — майже втричі. Також встановлено зовільнення деструкційних процесів у дерново-підзолистому ґрунті за внесення ВГС завдяки наявності доступного джерела Карбону і Нітрогену для рослин і мікроорганізмів — значення коефіцієнта оліготрофності зменшилось в 1,6 раз, педотрофності — в 1,4 раз. На підставі отриманих даних встановлено доцільність внесення відпрацьованого субстрату шиїтаке для удобрення дерново-підзолистого ґрунту та позитивний вплив такого агрозаходу на агрохімічні й біологічні властивості ґрунту.

**Ключові слова:** удобрення ґрунту, дерново-підзолистий ґрунт, агрохімічні параметри, біологічна активність, спрямованість мікробіологічних процесів.

### ВСТУП

Гриб шиїтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) є другим найбільш культивованим екзотичним грибом у світі. Його цінують за насичений смак, аромат та поживну цінність, завдяки чому його широко використовують як у кулінарії, так і в фармацевтичній галузі. Найпоширенішою є технологія вирощування шиїтаке на субстратах. Основними перевагами технології культивування шиїтаке є різноманітність

композиційних компонентів субстратів, порівняно швидкий період проростання грибниці, відсутність прив'язки до сезону і можливість працювати безперервно впродовж року [1; 2]. Однак, основним недоліком такої технології є побічний продукт, який утворюється після збору грибів — відпрацьований грибний субстрат (ВГС) та пакети.

Тривалий час відпрацьований субстрат класифікували як відходи. Однак ті самі використані пакети можна було здати на переробку. Одностайної думки щодо того

як правильно поводитись із ВГС не було. Його або компостували, або спалювали. В обох випадках використані методи не були ефективними і породжували нові еколого-економічні проблеми, що і визначило актуальність питання щодо розв'язання існуючої проблеми.

Хоч відпрацьований субстрат уже не придатний для вирощування грибів, він усе ще багатий на поживні речовини. Тому класифікувати його як відходи не зовсім правильно. Навпаки, його варто розглядати як побічний продукт або сировину, яку можна повторно використати або піддати переробці.

На теренах України вирощування шийтаке тільки набуває поширення. Більшість фермерських господарств, які займаються вирощуванням цього виду гриба, знаходяться в центральній частині країни. В середньому врожайність грибів становить 2–3 т на 1 міс., а це 10–15 т відпрацьованого субстрату. У Західному регіоні України успішно працює фермерське господарство з вирощування шийтаке з продуктивністю 6–7 т свіжого гриба на тиждень (30–35 т відпрацьованого субстрату), що становить до 2000 т відпрацьованого субстрату на рік. Варто зазначити про помітне поступове зростання попиту на гриби шийтаке за період 2019–2022 рр. як на вітчизняному, так і європейському ринках, що дає можливість існуючим фермерським господарствам збільшити свою поточну потужність, а також появи нових підприємств. Водночас поряд із збільшенням виробництва грибів шийтаке зростає і кількість відпрацьованого грибного субстрату, а відтак і екологічні проблеми.

**Мета роботи** — з'ясувати можливість використання відпрацьованого грибного субстрату шийтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) як добавки до ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур на прикладі лохини.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Повторне використання субстратів після культивування грибів широко досліджу-

ється в усьому світі в аспекті додаткового поживного середовища в технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур. Так, відпрацьований субстрат *Agaricus bisporus* та *Pleurotus ostreatus* досліджували як компонент середовища для пророщування та вирощування розсади овочевих культур: томатів (*Lycopersicon esculentum* var. *Muchamiel*), кабачків (*Cucurbita pepo* L. var. *Afrodite* F<sub>1</sub>) і перцю (*Capsicum annum* L. var. *Lamuyo* F<sub>1</sub>). Було встановлено, що в більшості випадків додавання відпрацьованого субстрату в живильні середовища призводило до зростання рН, вмісту солей, макро- і мікроелементів, а також зниження вологостримувальної здатності порівняно з торфом. Окрім цього, виявлено, що для пророщування томатів, кабачків і перцю ефективним є різні суміші з відпрацьованим субстратом, аж до співвідношення 75:25, що дає можливість розглядати його як альтернативу торфу [3].

До того ж, ВГС комплексно вивчають як можливу альтернативу і заміну торфу у складі біогрядок. Дослідження біосумішей, що містять різні відпрацьовані субстрати (*Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes* і *Lentinus edodes*), показали, що за фізико-хімічними характеристиками, біологічною активністю та розкладанням пестицидів можуть бути використані як заміники торфу в складі біогрядок за вирощування агрокультур [4].

Результати досліджень відпрацьованого субстрату глив *Pleurotus eryngii* та *Pleurotus ostreatus* засвідчили, що під час безперервного вирощування агрокультур відносна вологість та вміст полісахаридів у відпрацьованому субстраті поступово зменшується. Також, було встановлено, що в ході компостування ВГС зростає відносний вміст гумінових кислот, а додавання цього відпрацьованого субстрату в ґрунт призводило до значного збільшення вмісту мінерального Нітрогену. Для підвищення ефективності використання ВГС рекомендовано застосовувати відпрацьований грибний субстрат у поєднанні з сечовиною [5]. Крім того, дослідники зазначають про важливість стабілізації ВГС, що підвищить

його позитивний вплив на агроценози, зокрема садові, і зменшить негативну дію на торфові екосистеми та їх виснаження [6].

Для покращання властивостей відпрацьованого субстрату *Pleurotus* spp. використовували волокна фінікової пальми *Phoenix dactylifera* L. (*Fibrillum*), у різних співвідношеннях з основними компонентами субстрату, а також із додаванням тирси та соломи пшениці. На основі отриманих даних було зроблено висновок, що відпрацьовані субстрати добре підходили для використання як добрива в сільському господарстві та садівництві, а застосування волокон фінікової пальми тільки поліпшували їх властивості [5].

Досліджуючи процеси анаеробної ферментації і структуру мікробіому відпрацьованого субстрату *Pleurotus eryngii* на етапі його підготовки встановлено, що гідролітична активність розчинних цукрів, уміст сирого протеїну та сирих ліпідів виявлялася переважно у початковій фазі, що супроводжується надмірним накопиченням летких жирних кислот та низьким виходом метану. Його кількість різко зростала на 4- і 6-ту добу і супроводжувалася швидкою деструкцією біополімерів целюлози та геміцелюлози (47,53% і 55,08% відповідно). На різних стадіях ферментації виявлено, що *Proteobacteria* були домінуювальним видом, а серед архей було багато *Crenarchaeota*. Найпоширенішими родами архей були бактерії, яких ідентифікували як *Methanothermobacter* і *Methanobacterium*, кількість останніх з часом зменшувалася. Сумарний вихід метану сягав 177,69 мл/г [7].

У світі торф і ВСГ широко застосовують як субстрат для вирощування овочевих культур [8; 9]. Так, наприклад, в експерименті із середовищем для росту розсади томатів і перцю на основі компостованих залишків біогазу та відпрацьованого субстрату було показано, що додавання субстрату на основі торфу збільшило рН, електропровідність, пористість, об'ємну щільність і поживність, а також знизило водоутримувальну здатність та загальну пористість. Застосування ВСГ не вплину-

ло на відсоток схожості насіння, але мало позитивний вплив на розвиток розсади. Результати свідчать, що залишки біогазу та ВСГ є альтернативою торфу, що дає змогу частково або повністю його замінити [8]. Доведено можливість використання ВСГ в органічних технологіях вирощування салату та цибулі порей із позитивним впливом на ґрунтову систему і врожайність [10].

Проведені дослідження з використанням ВСГ від *Pleurotus*, *Lentinus* і *Ganoderma*, їх похідних та продуктів переробки як біодобрив для вирощування пшениці й томатів показали відмінну реакцію на біохімічні характеристикими, біомасу коренів і пагонів рослин та ін. [11].

Групою китайських учених було проведено оцінку здатності різних ВСГ (*Flammulina velutipes*, *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus*) пригнічувати збудників фузаріозного в'янення огірка та встановлено зниження частоти захворювань на 53,3%, 25,7 і 37,9%. Усі варіанти ВСГ достовірно ( $p < 0,05$ ) збільшували ріст розсади огірка та пригнічували популяцію збудників фузаріозного в'янення порівняно з контролем [12].

Отже, перспективи застосування ВСГ у сільському господарстві широкі, проте потребують комплексних досліджень впливу на агробіоценоз і ґрунтову екосистему залежно від виду відпрацьованого субстрату, природно-кліматичних умов та виду вирощуваних агрокультур. Особливої уваги потребують дослідження впливу ВСГ на біологічну активність ґрунту і його мікробіом [13–16].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Полеві дослідження проводили на базі Фермерського господарства «Грін ФЕ» впродовж 2020–2023 рр. (Закарпатська обл., Ужгородський р-н, с. Сторожниця). Тип ґрунту — дерново-підзолистий з умістом гумусу — 2,3–3,7%, рН — 4. Для вирощування культури лохини на такому типі ґрунту необхідно вносити різні добавки і добрива для покращання його фізико-хімічних, агрохімічних і біологічних по-

казників. Найчастіше для цих потреб використовують торф.

Як альтернативу торфу в дослідях використовували свіжий відпрацьований субстрат шиїтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.), наданий ТОВ «Натур Грін Україна» після завершення збору грибів у формі блоків (20×10×15 см) середньою масою 1,3 кг кожен. Перед використанням ВГС зберігали у настипах заввишки 2,5–3 м на відкритому повітрі впродовж 3–6 міс. (рис.).

Періодично проводили замір температури в товщі настипів, визначали рН та вологість у 5-кратному повторенні. Для рівномірного проходження процесу ферментації настипи перемішували і за необхідності зволожували, що також запобігало поширенню *Trichoderma* spp. (зелена цвіль), *Neurospora* spp. (помаранчева цвіль). Перед безпосереднім використанням ВГС проводили замір рН та відносної вологості, показники яких знаходились у межах 3,5–4 і 65–68% відповідно.

Відпрацьований грибний субстрат вносили навесні та восени, рівномірно розподіляючи його навколо кущів лохини з шару рослин 5–6 см по 30–40 кг на 1 м<sup>2</sup>. Із загальною площею фермерського господарства 3 га, 1,5 га були удобрені ВГС. На цій площі були висаджені сорти лохини «Дюк» та «Блюкроп».

Досліджували зміни фізико-хімічних властивостей ВГС та ґрунту після 3-річного

внесення ВГС (варіант I) і торфу (варіант II), чисельність мікроорганізмів та вміст загальної мікробної біомаси, спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті за вирощування лохини. Досліди здійснювали в 4-кратній повторності.

Хімічний склад ВГС і ґрунту визначали стандартними методами [17–24] в акредитованій лабораторії ТОВ «ФАРМЕР.ЮА» (атестат № 202143, від 05.05.2021 р., дійсний до 28.01.2026 р.).

Зразки ґрунту відбирали з шару рослин 0–20 см і проводили підготовку відповідно за методикою: висушували на повітрі та подрібнювали до розміру <3 мм; видимі залишки рослин і мезофауни були видалені. Кількісний склад мікроорганізмів основних еколого-трофічних і таксономічних груп у ґрунті визначали методом посіву ґрунтової суспензії на поживні середовища [13]. Результати оцінки кількості мікроорганізмів, що виростили на поживних середовищах, виражали в колонієутворювальних одиницях (КУО) на 1 г сухого ґрунту. Для цього окреслили вологість зразків ґрунту для дослідів за допомогою термостатно-гравіметричного аналізу та перераховували отриману кількість колоній з урахуванням коефіцієнта зволоження й розчинності ґрунтової суспензії. Отримані дані аналізували за допомогою математичної статистики, розраховуючи довірчий інтервал кількості мікроорганізмів. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті визна-



Відпрацьований грибний субстрат на етапі відстоювання:  
а – настип ВГС; б – ВГС у вигляді блоків



чали за допомогою відповідних коефіцієнтів [13].

Для опрацювання отриманих даних використовували статистичне програмне забезпечення Statistica 10.0. Рівень значущості встановлено на рівні  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати хімічного аналізу ВГС шиїтаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) після ферментації та торфу наведено в *табл. 1*, які свідчать, що відпрацьований субстрат за більшістю показників наближується до показників торфу. Однак, ВГС має дуже кислу реакцію середовища (рН 3,7) та меншу частку загального Нітрогену.

Водночас вміст органічної речовини, загального фосфору та магнію є дещо вищим (у 1,1 раза, 1,2, 1,7 раза відповідно). Натомість за вмістом загального калію ВГС перевищує торф у 6,1 раза і може бути застосовано за вирощування калієфільних культур та для внесення в ґрунт із дефіцитом цього елемента.

Оцінка хімічного складу ґрунту після 3-річного внесення торфу і ВГС (30–40 кг/м<sup>2</sup>) засвідчила зміни і підвищення вмісту мікро- і макроелементів (*табл. 2*).

Як свідчать дані *табл. 2*, внесення ВГС забезпечило підвищення в ґрунті вмісту органічної речовини в 1,4 раза, водорозчинного кальцію і магнію в 1,64–1,69 раза, нітратного азоту – в 3,3 раза порівняно

Таблиця 1. Хімічний склад відпрацьованого грибною субстрату та торфу

Показник	ВГС (після ферментації)	Торф
Вміст вологи, %	58,04	59,32
рН	3,7	4,5
Вміст органічної речовини в перерахунок на Карбон, %	48,44	44,95
Вміст масової частки загального Нітрогену, %	1,76	1,99
Співвідношення С : N	44,7 : 1	45,2 : 1
Вміст загального калію, %	0,43	0,07
Вміст загального фосфору, %	0,37	0,31
Вміст вмісту кальцію, %	0,42	0,50
Вміст вмісту магнію, %	0,17	0,10

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості дерново-підзолистого ґрунту після 3-річного внесення ВГС та торфу за вирощування лохини

Показник	Варіант I (з 3-річним внесенням ВГС)	Варіант II (з 3-річним внесенням торфу)
рН	5,2	5,6
Гідролітична кислотність, ммоль-екв/100 г	44,46	34,65
Електропровідність, мСм / м	56,83	34,73
Вміст вологи, %	49,39	51,9
Вміст органічної речовини, %	49,0	34,31
Вміст нітратного азоту, мг/100 г	103,7	31,19
Вміст амонійного азоту, мг/100 г	2,47	5,20
Вміст рухомих сполук калію, мг/100 г	78,73	73,17
Вміст рухомих форм фосфору, мг/100 г	75,75	74,75
Вміст водорозчинного кальцію, мг/кг	435,0	264,5
Вміст водорозчинного магнію, мг/кг	118,5	69,92
Вміст водорозчинного натрію, мг/кг	96,91	87,54



зі внесенням торфу. Водночас фіксували підкислення ґрунту — рН знижувався до рівня 5,2.

Важливим аспектом у визначенні впливу будь-якого агрозаходу на екосистему ґрунту є оцінювання біологічної активності за чисельністю мікроорганізмів різних еколого-трофічних і фізіологічних груп та спрямованістю мікробіологічних процесів [14–16]. Отримані результати засвідчили в ґрунті із внесенням ВГС збільшення чисельності міцеліальних організмів: мікроміцетів у 4,1 раза, стрептоміцетів — майже втричі (табл. 3). Аналогічно виявили більш високі показники чисельності бактерій. Чисельність амоніфікаторів була вищою у ґрунті із додаванням ВГС у 8,7 раза, педотрофів — у 6,1 раза, бактерій, що використовують Нітроген мінеральних сполук — в 3,6 раза, оліготрофів — в 2,4 раза. Порівняно з варіантом досліді з унесенням торфу, в ґрунті з ВГС уміст загальної біомаси мікроорганізмів був вищим на 10%.

Отже, чисельність мікроорганізмів була значно вищою у ґрунті зі внесенням ВГС, що свідчить про формування сприятливих умов для розвитку ґрунтового мікробіому.

За кількістю ґрунтових мікроорганізмів розраховано коефіцієнти мінералізації, оліготрофності, педотрофності (табл. 4). Встановлено, що в ґрунті із внесенням ВГС напруженість мінералізаційних процесів знижується в 2,5 раза.

У варіантах досліді із внесенням торфу відзначали високі показники коефіцієнта педотрофності (1,40) та оліготрофності (0,43), що свідчить про активне розкладання органічної речовини ґрунту. Натомість внесення ВГС у дерново-підзолистий ґрунт деякою мірою уповільнювало деструкційні процеси в ґрунті завдяки наявності доступного джерела живлення для рослин і мікроорганізмів — значення коефіцієнта оліготрофності зменшилось в 1,6 раза, педотрофності — в 1,4 раза.

Таблиця 3. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів і вміст загальної мікробної біомаси в дерново-підзолистому ґрунті

Показник	Варіант I (з 3-річним внесенням ВГС)	Варіант II (з 3-річним внесенням торфу)
Мікроміцети ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	8,19±1,69	1,99±0,17
Бактерії, які використовують органічний азот ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	11,61±2,12	1,34±0,22
Бактерії, які використовують мінеральний азот ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	15,6±1,1	4,3±0,28
Оліготрофи ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	1,32±0,13	0,54±0,06
Стрептоміцети ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	7,82±0,23	2,68±0,14
Педотрофи ( $\times 10^3$ КОУ г <sup>-1</sup> )	11,53±0,89	1,88±0,14
Загальна біомаса мікроорганізмів (мкг)	157,10±11,82	143,18±7,11

Таблиця 4. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті

Варіант досліді	Коефіцієнт мінералізації (К <sub>мін.</sub> )	Коефіцієнт оліготрофності (К <sub>ол.</sub> )	Коефіцієнт педотрофності (К <sub>пед.</sub> )
Варіант 1 (з 3-річним внесенням ВГС)	1,46	0,27	0,99
Варіант 2 (з 3-річним внесенням торфу)	3,60	0,43	1,40

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що за хімічними показниками відпрацьований субстрат шиїтаке практично не поступається торфу. Внесення ВСГ у дерново-підзолистий ґрунт упродовж трьох років забезпечило поліпшення його агрохімічних властивостей і сприяло підвищенню вмісту органічної речовини в 1,4 раза, водорозчинного кальцію і магнію в 1,64–1,69 раза, нітратного азо-

ту – в 3,3 раза та ін. показниками порівняно з унесенням торфу. В ґрунті зі внесенням ВСГ відбувалась перебудова в мікробному ценозі зі збільшенням чисельності мікроміцетів, стрептоміцетів, бактерій, що використовують Нітроген мінеральних і органічних сполук, педотрофів і оліготрофів. До того ж, знижувалась напруженість процесів мінералізації та процесів розкладання органічної речовини ґрунту.

## ЛІТЕРАТУРА

- Ravlikovsky A. and Symochko L. Potential use of spent mushroom substrate of *Lentinula edodes* as a biofertilizer. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*. 2020. Vol. 10 (3). P. 527–534. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec>.
- Ravlikovsky A. and Symochko L. Agroecological aspects of cultivation Shiitake Mushroom in Ukraine. *Technologies of Environmental Protection: International Conference (23–25 October, 2019, High Tatras, Slovakia)*. 2019. P. 221–226.
- Medina E., Paredes C., Pérez-Murcia M.D. et al. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100 (18). P. 4227–4232.
- Gao W., Liang J., Pizzul L. et al. Evaluation of spent mushroom substrate as substitute of peat in Chinese biobeds. *International Biodegradation & Biodegradation*. 2015. Vol. 98. P. 107–112.
- Lou Z., Sun Y., Zhou X. et al. Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. *Geoderma*. 2017. Vol. 307. P. 30–37.
- Paula F.S., Tatti E., Abram F. et al. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 196. P. 476–486.
- Owaid M.N., Abed I.A. and Al-Saedi S.S.S. Applicable properties of the bio-fertilizer spent mushroom substrate in organic systems as a byproduct from the cultivation of *Pleurotus* spp. *Information Processing in Agriculture*. 2017. Vol. 4(1). P. 78–82.
- Xiao Z., Lin M., Fan J. et al. Anaerobic digestion of spent mushroom substrate under thermophilic conditions: performance and microbial community analysis. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol. 102 (1). P. 499–507.
- Meng X., Dai J., Zhang Y. et al. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 216. P. 62–69.
- Gobbi V., Nicoletto C., Zanin G. and Sambo P. Specific humus systems from mushrooms culture. *Applied Soil Ecology*. 2018. Vol. 123. P. 709–713.
- Mensah D.L.N., Duponnois R., Bourillon J. et al. Biochemical characterization and efficacy of *Pleurotus*, *Lentinus* and *Ganoderma* parent and hybrid mushroom strains as biofertilizers of attapulgite for wheat and tomato growth. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2018. Vol. 16. P. 63–72.
- Wang H.-W., Xu M., Cai X.-Y. et al. Application of spent mushroom substrate suppresses *Fusarium* wilt in cucumber and alters the composition of the microbial community of the cucumber rhizosphere. *European Journal of Soil Biology*. 2020. Vol. 101. 103245.
- 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.
- Дем'янюк О.С., Симочко Л.Ю., Тертична О.В. Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22. № 1. С. 55–68.
- 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>.
- Симочко Л.Ю., Дем'янюк О.С. Мікробіом ґрунту культурних рослин за різних агротехнологій. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 2. С. 87–92. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157862>.
- ДСТУ 7882:2015. Торф і продукти його переробки для сільського господарства. Методи визначення обмінної та активної кислотності. [Чинний від 2016–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 6 с.
- ДСТУ EN 12048:2005. Добрива тверді та вапнувальні матеріали. Визначення вмісту вологості гравіметричним методом. Висушування за температури (105 ± 2)°C (EN 12048:1996, IDT). [Чинний від 2006–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 8 с.
- ДСТУ 7942:2015. Якість ґрунту. Визначення зольності торфу і торфового ґрунту. [Чинний від 2016–09–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 6 с.
- ДСТУ 8454:2015. Добрива органічні. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2017–

- 07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2017. 12 с.
21. ДСТУ 7911:2015. Добрива органічні та органо-мінеральні. Методи визначення сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту. [Чинний від 2016–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 15 с.
  22. ДСТУ 7949:2015. Добрива органічні. Метод визначення масової частки загального калію. [Чинний від 2016–09–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 8 с.
  23. ДСТУ EN 15956:2015. Добрива. Метод екстрагування фосфору, розчинного в мінеральних кислотах (EN 15956:2011, IDT). [Чинний від 2016–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 8 с.
  24. ДСТУ 7670:2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів. [Чинний від 2015–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2015. 18 с.

## REFERENCES

1. Ravlikovsky, A. & Symochko, L. (2020). Potential use of spent mushroom substrate of *Lentinula edodes* as a biofertilizer. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 10 (3), 527–534. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec> [in English].
2. Ravlikovsky, A. & Symochko, L. (2019). Agroecological aspects of cultivation Shiitake Mushroom in Ukraine. *Technologies of Environmental Protection: International Conference (23–25 October 2019, High Tatras, Slovakia)*, 221–226 [in English].
3. Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M.D. et al. (2009). Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology*, 100 (18), 4227–4232 [in English].
4. Gao, W., Liang, J., Pizzul, L. et al. (2015). Evaluation of spent mushroom substrate as substitute of peat in Chinese biobeds. *International Biodegradation & Biodegradation*, 98, 107–112 [in English].
5. Lou, Z., Sun, Y., Zhou, X. et al. (2017). Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. *Geoderma*, 307, 30–37 [in English].
6. Paula, F.S., Tatti, E., Abram, F. et al. (2017). Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. *Journal of Environmental Management*, 196, 476–486 [in English].
7. Owaed, M.N., Abed, I.A. & Al-Saeedi, S.S.S. (2017). Applicable properties of the bio-fertilizer spent mushroom substrate in organic systems as a byproduct from the cultivation of *Pleurotus* spp. *Information Processing in Agriculture*, 4 (1), 78–82 [in English].
8. Xiao, Z., Lin, M., Fan, J. et al. (2017). Anaerobic digestion of spent mushroom substrate under thermophilic conditions: performance and microbial community analysis. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102 (1), 499–507 [in English].
9. Meng, X., Dai, J., Zhang, Y. et al. (2018). Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*, 216, 62–69 [in English].
10. Gobbi, V., Nicoletto, C., Zanin, G. & Sambo, P. (2018). Specific humus systems from mushrooms culture. *Applied Soil Ecology*, 123, 709–713 [in English].
11. Mensah, D.L.N., Duponnois, R., Bourillon, J. et al. (2018). Biochemical characterization and efficacy of *Pleurotus*, *Lentinus* and *Ganoderma* parent and hybrid mushroom strains as biofertilizers of attapulgitic for wheat and tomato growth. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 63–72 [in English].
12. Wang, H.-W., Xu, M., Cai, X.-Y. et al. (2020). Application of spent mushroom substrate suppresses *Fusarium* wilt in cucumber and alters the composition of the microbial community of the cucumber rhizosphere. *European Journal of Soil Biology*, 101, 103245 [in English].
13. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V. & Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiologiya: monohrafiia [Experimental soil microbiology: monograph]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
14. Demyanyuk, O.S., Symochko, L.Yu. & Tertychna, O.V. (2017). Suchasni metodychni pidkhydy do otsiniuvannia ekolohichnoho stanu gruntu za aktyvnosti mikrobiotsenozu [Modern methodical approaches to evaluation of the ecological condition of soil by microbial activity]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii — Problems of bioindication and ecology*, 22 (1), 55–68 [in Ukrainian].
15. Sherstoboieva, O.V., Demyanyuk, O.S. & Chabaniuk, Ya.V. (2017). Biodiagnostyka i biobezpeka gruntiv ahroekosystem [Biodiagnosis and biosafety of soils of agroecosystems]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 142–148. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170> [in Ukrainian].
16. Symochko, L.Yu. & Demyanyuk, O.S. (2018). Mikrobiom gruntu kulturnykh roslyn za riznykh ahrotekhnolohii [Soil microbiome of cultural plants under different agrotechnologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 87–92. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157862> [in Ukrainian].
17. Torf i produkty yoho pererobky dlya sil's'koho hospodarstva. Metody vyznachennya obminnoyi ta aktyvnoyi kyslotnosti [Peat and its processing products for agriculture. Methods of determining metabolic and active acidity]. (2016). *DSTU 7882:2015 from 1st June 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
18. Dobryva tverdi ta vapnuvalni materialy. Vyznachennia vmiсту volohy hravimetrychnym metodom. Vysushuvannia za temperatury (105±2)°C [Solid fertilizers

- and liming materials. Determination of moisture content by gravimetric method. Drying at a temperature of  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ . (2006). *DSTU EN 12048:2005 from 1<sup>st</sup> June 2006*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
19. Yakist gruntu. Vyznachennya zolnosti torfu i torfovo-ho gruntu [Soil quality. Determination of ash content of peat and peat soil]. (2016). *DSTU 7942:2015 from 1<sup>st</sup> September 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  20. Dobryva orhanichni. Metody vyznachennia orhanichnoi rechovyny [Organic fertilizers. Methods of determination of organic matter]. (2017). *DSTU 8454:2015 from 1<sup>st</sup> June 2017*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  21. Dobryva orhanichni ta orhano-mineralni. Metody vyznachennia sumarnoi masovoi chastky azotu ta masovoi chastky amoniinoho azotu [Organic and organo-mineral fertilizers. Methods of determining the total mass fraction of nitrogen and the mass fraction of ammonium nitrogen]. (2016). *DSTU 7911:2015 from 1<sup>st</sup> June 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  22. Dobryva orhanichni. Metod vyznachennia masovoi chastky zahalnoho kaliuu [Organic fertilizers. Method for determining the mass fraction of total potassium]. (2016). *DSTU 7949:2015 from 1<sup>st</sup> September 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  23. Dobryva. Metod ekstrahuvannya fosforu, rozchynnoho v mineralnykh kyslotakh [Fertilizers. Method for extracting phosphorus soluble in mineral acids]. (2016). *DSTU EN 15956:2015 from 1<sup>st</sup> January 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  24. Syrovyna i produkty kharchovi. Hotuvannia prob. Mineralizatsiia dlia vyznachennia vmistu toksychnykh elementiv [Raw materials and food products. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic elements]. (2015). *DSTU 7670:2014 from 1<sup>st</sup> June 2015*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 07.06.2023

## ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОГО МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА ТА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

А.С. Левішко<sup>1</sup>, І.І. Гуменюк<sup>1</sup>, Є.Д. Ткач<sup>1</sup>, Ю.В.Терновий<sup>2</sup>, Ю.А. Кравчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: [alodua2@gmail.com](mailto:alodua2@gmail.com); ORCID: 0000-0003-4037-1730

e-mail: [gumenyuk.ir@gmail.com](mailto:gumenyuk.ir@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6692-0171

e-mail: [bio\\_eco@ukr.net](mailto:bio_eco@ukr.net); ORCID: 0000-0002-0666-1956

<sup>2</sup> Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН

(м. Сквир, Київська обл., Україна)

e-mail: [ternowoj@i.ua](mailto:ternowoj@i.ua); ORCID: 0000-0002-5829-5089

e-mail: [doslidna\\_skvira@meta.ua](mailto:doslidna_skvira@meta.ua); ORCID: 0009-0003-6878-7700

Продовольчі та кормові культури як-от овес і ячмінь є широко використовуваними та мають зростаючий попит у сучасному світі, тому володіють високим потенціалом. Одним із способів підвищення ефективності зернової галузі, які потребує зерновиробництво, є застосування ефективних біопрепаратів на основі мікроорганізмів. Метою цього дослідження було оцінити ефективність обробки рослин вівса та ячменю ярого в період вегетації комплексним мікробним препаратом на основі перспективних штамів *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *Azotobacter chroococcum* 8 AI і *Bacillus megaterium* 39 AI, виділених у лабораторії екології мікроорганізмів відділу агроекології і біобезпеки раніше. Польові випробування здійснювали на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН. Для обробки рослин зернових культур у період вегетації використовували вище вказані штами мікроорганізмів, так і їх суміші. Проведено вивчення впливу сумішей мікроорганізмів: *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI та *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI на ростові показники рослин. Встановлено позитивний вплив обробки рослин не лише на кількість отриманого врожаю, але й на його якість. Результати досліджень свідчать про ефективність застосування комплексного мікробного препарату на основі запропонованих штамів мікроорганізмів для таких зернових культурах, як овес та ячмінь ярий. Обробка рослин досліджуваним препаратом сприяла покращенню ростових процесів, а також збільшенню кількості фотосинтетичних пігментів. Це водночас активізувало їх розвиток та підвищувало продуктивність, поліпшуючи якісні показники зерна. Запропонований мікробний комплекс (*A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI) зарекомендував себе як ефективний для обробки зернових культур у фізіологічно важливі фази (початок кущення; вихід у трубку; початок колосіння) розвитку культур. Проведені дослідження дають можливість пропонувати його для використання в еколого-безпечних, органічних технологіях вирощування культур.

**Ключові слова:** зернові культури, біопрепарат, *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, фотосинтетичні пігменти.

### ВСТУП

На сьогодні одним із головних завдань сільського господарства є збільшення виробництва зерна та його рентабельності за умов зниження застосування хімічних препаратів. Вирішення цього питання є основою задоволення потреби людства в якісних та недорогих харчових продуктах.

Тому найкращою альтернативою хімічним пестицидам можуть стати біопрепарати. Вони сприятимуть зменшенню хімічного навантаження на навколишнє природне середовище та одержанню врожаю високої якості. Одним із завдань для науковців є ретельно відібрати та збалансовано поєднати мікроорганізми, які в майбутньому можуть стати основою препарату, здатного задовольнити потреби рослин, особливо



під час впливу стресових чинників. Такі препарати є дієвим способом підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур, як-от ячмінь та овес. Використання цих препаратів на основі комплексу перспективних штамів дає змогу регулювати найважливіші фізіологічні процеси в рослинних організмах, які впливають на зростання врожайності та поліпшення якості продукції. Тому, нами було поставлено **за мету** вивчити у польових умовах, ефективність обробки рослин вівса та ячменю ярого в період вегетації комплексним мікробіологічним препаратом на основі перспективних штамів *Bacillus* і *Azotobacter*.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

До найпоширеніших сільськогосподарських культур, що вирощуються як в українському, так і у світовому землеробстві належать ячмінь та овес. Це цінні продовольчі і кормові культури, які повсюдно використовуються та мають зростаючий попит у сучасному світі й вважаються високопотенційними [1].

На жаль, у нашій країні середня врожайність зернових культур, особливо вівса, залишається доволі низькою порівняно з іншими європейськими країнами [2]. Тому підвищення врожайності та якості зернових культур, у т. ч. вівса і ячменю ярого, є основним завданням сільського господарства. Для цього необхідно враховувати такі чинники, як сорт, ґрунтово-кліматичні умови та технологію вирощування [3]. Саме вдало підібрана технологія вирощування, яка залежить від особливостей культури, ґрунтово-кліматичних умов та організаційно-господарських можливостей може стати ключем до отримання сталого, високого й якісного врожаю. Враховуючи надмірне застосування хімічних препаратів, дедалі більшого значення набувають науково-технічні розробки, спрямовані на пошук біологічних препаратів, здатних зберегти рівень урожайності та забезпечити отримання екологічно безпечної продукції зі зменшеною собівартістю [4].

Більшість біопрепаратів створюються переважно для обробки насіння. Вони відомі своєю безпечністю, відсутністю побічних ефектів, відносно простою технологією та спроможністю покращувати структуру ґрунту й підвищувати врожайність сільськогосподарських культур [5].

Досить мало уваги надається розробці препаратів для обробки рослин під час вегетації, адже саме в цей період відбувається найбільш інтенсивне використання хімічних речовин для покращання ростових процесів рослин і їхнього захисту від хвороб та шкідників [6].

Саме в цьому напрямі існує значний потенціал використання препаратів на основі бактерій, які здатні до синтезу вітамінів, як-от тіамін та рибофлавін, рослинних гормонів — гетероауксинів, гіберелінів і цитокінінів, а також таких, що містять 1-аміноциклопропан-1-карбоксилат деаміназу. Представники родів *Bacillus* та *Azotobacter* синтезують вище перелічені речовини, завдяки чому й привертають увагу дослідників за створення біопрепаратів [7–10]. Тому лабораторією екології мікроорганізмів відділу агроєкології і біобезпеки Інституту агроєкології і природокористування НААН було виділено мікроорганізми представники родів *Bacillus* і *Azotobacter*, що здатні до синтезу низки біологічно активних речовин, які позитивно впливали на ріст і розвиток рослин. Вони можуть бути перспективною основою для створення ефективного біологічного препарату для обробки рослин сільськогосподарських культур у період вегетації [11; 12].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові випробування проводили на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН упродовж 2022 р. Ці поля розташовані в геоморфологічному районі Придніпровського плато в підрайоні «б» першого агрокліматичного району Київської обл. Тип ґрунту дослідних полів — чорнозем типовий малогумусний крупнопилувато-

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості ґрунту СДСОВ ІАП НААН

Фізико-хімічні показники		Значення
Горизонт		30–40
Гумус, %		3,0
рН		5,2
Вибрані основи, мг-екв / 100 г ґрунту	Ca	16,8
	Mg	2,4
Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту		2,16
Ступінь насичення ґрунту основами, %		98,5
Рухомий фосфор, мг/кг		147
Обмінний калій, мг/кг		152

середньосуглинковий (табл. 1). Вміст гумусу в верхньому шарі ґрунту (0–20 см) сягає 3,0%, легкогідролізованого азоту – 6,6 мг, рухомого фосфору – 147 мг/кг і обмінного калію – 152 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабкокисла (рН = 5,2).

У роботі використовували такі сільськогосподарські культури:

- овес сорт Парламентський;
- ячмінь ярий сорт Себастьян.

Для обробки рослин використовували штами *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *Azotobacter chroococcum* 8 AI і *Bacillus megaterium* 39 AI, виділені в 2020 р. Посів рослин проводили на глибину 3–5 см із розрахунку 100 кг/га, ширина міжрядь – 45 см. Повторність дослідів – триразова, облікова площа ділянок 25 м<sup>2</sup>. Обробку рослин здійснювали у такі фізіологічно важливі фази культур:

I обробка – початок кущення; II обробка – вихід у трубку; III відбір – початок

коłosіння (фаза викидання). Схему обробки рослин препаратами на основі вищезгаданих мікроорганізмів відображено у табл. 2.

Культури бактерій *A. vinelandii* 7 AI та *A. chroococcum* 8 AI вирощували на середовищі Ешбі протягом 4–5 діб за 26–28°C. Титр бактерій за обробки становив 10<sup>8</sup>–10<sup>9</sup> кл/мл.

Культуру бактерій *B. megaterium* 39 AI вирощували на середовищі такого складу (г/л): м'ясний екстракт – 5,0; пептон – 10,0; NaCl – 5,0; рН=7,0. Титр бактерій при обробці сягав 10<sup>10</sup>–10<sup>11</sup> кл/мл.

Визначення вмісту хлорофілів у рослинах здійснювали спектрофотометричним методом (спектрофотометр Ulab 102 UV). Використані довжини хвиль для хлорофілу *a* – λ=665 нм та для хлорофілу *b* – λ=649 нм.

Розчином порівняння був 96% етанол [13].

Таблиця 2. Схема обробки рослин комплексним мікробним біопрепаратом

№	Варіант обробки	Норма внесення
1	Контроль (вода)	л/га
2	<i>A. vinelandii</i> 7 AI	
3	<i>A. chroococcum</i> 8 AI	
4	<i>B. megaterium</i> 39 AI	
5	<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI	
6	<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI + <i>B. megaterium</i> 39 AI	

Усі досліді проводили в триразовому біологічному та п'ятиразовому аналітичному повторенні. Статистичну обробку експериментальних даних розраховували із використанням стандартних комп'ютерних програм Statistica 10 та Excel 2016.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Обов'язковою частиною перевірки ефективності комплексного мікробіологічного препарату є дослідження його впливу на рослини як мікроорганізмів у монокультури, так і їх синергетичної дії. Це пов'язано зі здатністю мікроорганізмів змінювати продукти синтезу в присутності інших мікроорганізмів або речовин, які вони можуть виділяти, завдяки чому підсилювати чи послаблювати певні ефекти їх впливу. Тому, як було раніше зазначено в *табл. 2*, нами було обрано для досліду як окремі штами мікроорганізмів, так і суміш на їх основі. Після обробки рослин вівса та ячменю ярого цими розчинами в критичні для їх росту фази (початок кущення; вихід у трубку; початок колосіння), передусім було проведено дослідження їх впливу на ростові показники (кількість продуктивних стебел, висота рослин).

Ростові процеси всіх сільськогосподарських культур є досить важливими із точки зору формування надземної маси та

максимальної продуктивності. Найбільш помітними показниками для врожайності колосових зернових є кількість продуктивних стебел на одиницю площі. Також відомо, що врожайність рослин певною мірою залежить від висоти рослин, що часто відображає біологічну закономірність, пов'язану із тривалістю вегетаційного періоду. Це може слугувати побічним показником урожайності загальної біомаси рослин та фотосинтетичного потенціалу.

Так, аналіз зазначених показників рослин вівса та ячменю ярого за умов обробки як окремими мікроорганізмами, так і їх сумішами, засвідчив загальний позитивний вплив на ростові показники рослин (*табл. 3*).

Найкращий ефект від обробки спостерігався за умов використання суміші всіх обраних для досліду штамів *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI. Водночас обробка кожним окремо вибраним штамом, незалежно від його видової приналежності, впливає на рослини майже однаково, збільшуючи як висоту рослин, так і кількість продуктивних стебел приблизно на 2–4%. Обробка комплексом бактерій *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI здатна покращувати найважливіші ростові показники досліджених рослин до 9%.

Таблиця 3. Вплив обробки штамів агрономічно корисних мікроорганізмів та їх композицій на ростові показники вівса та ячменю ярого

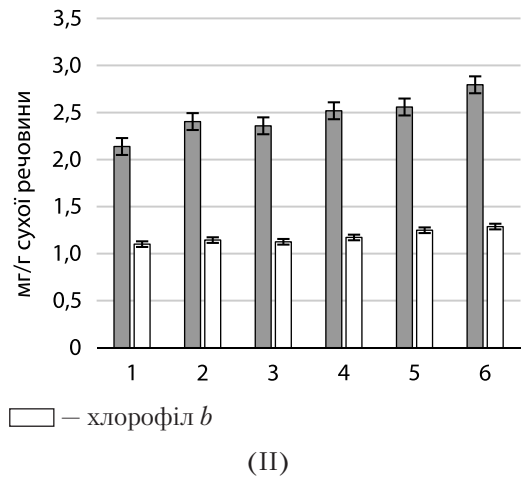
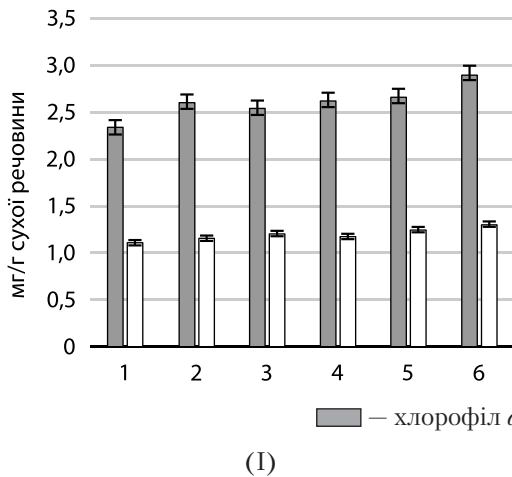
Варіант	Овес		Ячмінь ярий	
	продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	висота рослин, см	продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	висота рослин, см
Контроль (вода)	551,8±22,1	100,7±9,5	657,8±26,4	65,4±4,5
<i>A. vinelandii</i> 7 AI	573,1±13,6	104,5±4,8	677,1±31,2	66,7±5,3
<i>A. chroococcum</i> 8 AI	567,4±23,1	104,9±5,6	669,4±24,9	66,6±7,1
<i>B. megaterium</i> 39 AI	565,3±18,9	102,5±9,1	665,4±28,2	65,2±3,6
<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI	581,2±25,3	109,4±6,8	689,5±31,7	69,4±6,2
<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI + <i>B. megaterium</i> 39 AI	596,4±14,7	109,8±3,7	695,4±23,5	70,1±4,7

Отже, встановлено, що обробка рослин під час вегетації, як монокультурами використаних мікроорганізмів, так і їх сумішами, здатна поліпшувати важливі ростові показники рослин вівсу та ячменю ярого. Однак максимально ефективною виявилася обробка комплексом досліджуваних бактерій (*A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI).

Серед чинників, що визначають продуктивність рослин провідна роль належить фотосинтезу, завдяки якому відбувається накопичення основних пластичних речовин, необхідних для їх росту й розвитку. Одним із найбільш важливих елементів цього процесу для будь-якої рослини є достатня кількість активних фотосинтетичних одиниць, спроможних забезпечити його нормальне функціонування. Здійснюючи регулярний огляд дослідних полів було відзначено більш інтенсивне забарвлення деяких варіантів оброблених рослин. Тому визначено вміст хлорофілу *a* та *b* у листках опрацьованих культур для підтвердження гіпотези про вплив обробки рослин досліджуваними мікроорганізмами на здатність збільшувати фотосинтетичні пігменти. За даними, представленими на рис., спостерігаємо посилення вмісту

хлорофілу *a* в обох досліджених рослин. Також, треба відмітити, що обидві рослини демонстрували найвищий рівень хлорофілу *a* за обробки сумішшю мікроорганізмів *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI. Теоретично, це має прямий вплив на продуктивність рослин, завдяки тому, що фотосинтез є важливою ланкою для утворення органічних речовин. Загалом, саме хлорофіл *a* вважається універсальним пігментом, що визначає напрям і швидкість фотосинтезу в рослині. Тобто, обробка комплексним мікробним препаратом здатна збільшувати кількість утвореного хлорофілу *a* в досліджених рослинах, що в майбутньому зумовить підвищення їх продуктивності.

При аналізі основних елементів ефективності обробки рослин виявлено зміни і у якісних показниках рослин вівса та ячменю ярого. За результатами дослідження, наведеними в табл. 4, з'ясовано, що на масу 1000 зерен найкращий вплив мала обробка монокультурою *A. vinelandii* 7 AI та обома використаними сумішами бактерій. Так, наприклад, обробка рослин як вівса, так і ячменю ярого, сумішшю із трьох штамів збільшувала масу 1000 зерен майже на 9%.



Вплив обробки по вегетації штамами мікроорганізмів та їх сумішей на вміст пігментів у листках вівса (I) та ячменю ярого (II): 1. Контроль (вода); 2. *A. vinelandii* 7 AI; 3. *A. chroococcum* 8 AI; 4. *B. megaterium* 39 AI; 5. *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI; 6. *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI

Таблиця 4. Ефективність обробки рослин вівса та ячменю ярого штамами агрономічно корисних мікроорганізмів

Варіант	Овес			Ячмінь ярий		
	урожайність, ц/га	маса 1000 зерен, г	вміст білка, %	урожайність, ц/га	маса 1000 зерен, г	вміст білка, %
Контроль (вода)	31,9±3,7	36,9±5,1	10,1±0,8	52,4±13,7	47±4,8	9,8±0,32
<i>A. vinelandii</i> 7 AI	34,5±2,5	39,8±4,4	10,4±1,2	56,4±14,2	50±3,9	10,2±0,16
<i>A. chroococcum</i> 8 AI	34,4±4,2	37,6±2,8	10,4±1,7	56,1±13,9	50±5,6	10,1±0,19
<i>B. megaterium</i> 39 AI	33,1±3,6	36,1±5,9	10,3±0,9	54,7±18,2	48±3,2	9,9±0,35
<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI	34,9±4,3	39,6±4,7	11,8±0,4	56,8±15,4	51±6,4	10,8±0,27
<i>A. vinelandii</i> 7 AI + <i>A. chroococcum</i> 8 AI + <i>B. megaterium</i> 39 AI	35,1±3,2	40,1±3,5	12,1±1,4	57,1±14,6	51±5,3	11,0±0,21

Показано, що максимальний позитивний ефект на вміст білка мала лише обробка комплексом з 3-х бактерій *A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI. Обробка монокультурою, наприклад *A. chroococcum* 8 AI, підвищувала вміст білка від 10,1 до 10,4% для вівса та від 9,8 до 10,1% для ячменю. Застосування комплексу штамів спричинило зростання вмісту білка до 12,1% для вівсу та до 11% для ячменю. Зважаючи на те, що обробка комплексом мікроорганізмів збільшувала висоту рослин та поліпшувала їх фотосинтетичний потенціал, можна стверджувати, що саме синергічна дія цього комплексу стала тригером до спрямування максимального потенціалу рослин на створення якісного врожаю.

Щодо урожайності рослин, слід зазначити, що всі оброблені варіанти, крім *B. megaterium* 39 AI, мали приблизно однаковий рівень урожаю. Так, урожайність вівса за застосування дослідними штамми (окрім вищезгаданого) становила від 34,5 до 35,1 ц/га, і відповідно приріст після обробки, відносно контролю сягав від 8,15

до 10,03%. Урожайність ячменю ярого за вирощування досліджених штамів сягала від 56,1 до 57,1 ц/га, що було більше, ніж на контролі — від 7,06 до 8,97%.

## ВИСНОВКИ

Отримані результати свідчать про ефективність застосування комплексного мікробіологічного препарату на основі штамів — *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI, *B. megaterium* 39 AI на таких зернових культурах, як овес та ячмінь ярий. Обробка біопрепаратом (*A. vinelandii* 7 AI + *A. chroococcum* 8 AI + *B. megaterium* 39 AI) рослин сприяє покращанню як ростових, так і фотосинтетичних процесів, що, своєю чергою, активізує їх розвиток, підвищує продуктивність та поліпшує якісні показники зерна. Запропонований мікробний комплекс зарекомендував себе як ефективний для обробки зернових культур у фізіологічно важливі фази розвитку рослин, що дає можливість пропонувати його для використання в еколого-безпечних, органічних технологіях вирощування культур.

## ЛІТЕРАТУРА

- Гамаюнова В.В., Панфілова А.В., Бакланова Т.В. та ін. Збільшення зерновиробництва в зоні Степу України за рахунок вирощування ячменю та оптимізації його живлення. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 15–23. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-15-23>.
- Грицюк Н.В., Бакалова А.В., Рибіцька Г.В. та ін. Ефективність обробки насіння при вирощуванні



- вісва посівного в умовах Лісостепу України. *Наукові горизонти*. 2020. № 08 (93). С. 133–140. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-133-140.
3. Мосійчук І.І., Безноско І.В., Туровник Ю.А., Горган Т.М. Екологічне обґрунтування регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах ячменю ярого у екологічно безпечних технологіях. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234468>.
  4. Ретьман С.В., Панченко Ю.С. Протруйники для захисту посівів вівса від хвороб у Правобережному Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 72–76. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2017.219909>.
  5. Левішко А.С., Гуменюк І.І., Ткач Є.Д. та ін. Ефективність використання нових штамів *Rhizobium* на посівах бобових культур. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 136–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257130>.
  6. Теслюк В.В. Концептуальні основи виробництва і застосування мікобіопрепаратів. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. № 7 (23). URL: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nd/2011\\_7/11tbbpam.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11tbbpam.pdf).
  7. Лобова О.В., Левішко А.С., Гуменюк І.І. Біотехнології. Київ: НУБіП України, 2021. 548 с.
  8. Saeed Q., Xiukang W., Haider F.U. et al. Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: a comprehensive review of effects and mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. P. 10529–10537. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms221910529>.
  9. Olanrewaju O.S., Glick B.R. and Babalola O.O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol. 33. P. 197–205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>.
  10. Лобова О.В., Гончар Л.М. Біотехнологічні мікробні препарати в сільському господарстві. Київ, 2021. 438 с.
  11. Davranov K., Shurigin V., Samadiy, S. and Djalolova B. The conception of microbial preparations development for a crop production. *Mikrobiolohichniy Zhurnal*. 2021. Vol. 83(1). P. 87–100. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.01.087>.
  12. Левішко А.С., Гуменюк І.І., Мазур С.О. Створення робочої колекції агрономічно корисних штамів мікроорганізмів. *Новітні досягнення біотехнології: матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23-24 верес. 2022 р.)*. Київ, 2022. С. 59–60.
  13. Demattè J.A.M. and Nanni M.R. A novel method for estimating chlorophyll and carotenoid concentrations in leaves: a two hyperspectral sensor approach. *Sensors*. 2023. Vol. 23. P. 3843–3856. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23083843>.

## REFERENCES

1. Gamayunova, V., Panfilova, A., Baklanova, T. et al. (2020). Zbil'shennya zernovyrobnyctva v zoni Stepu Ukrainy za rachunok vyroshchuvannya yachmenyu ta optymizaciyi jogo zhyvlennya [The increase of grain production in ukrainian steppe area by means of barley cultivation and its nutrition optimisation]. *Naukovi horyzonty — Scientific horizons*, 8 (87), 15–23. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-15-23> [in Ukrainian].
2. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ribitska, G. et al. (2020). Efektyvnist' obrobky nasinnya pry vyroshhuvanni vivsya posivnogo v umovach lisostepu Ukrainy [The efficiency of seed treatment in oats cultivation in conditions of the ukrainian forest-steppe]. *Naukovi horyzonty — Scientific horizons*, 8 (93), 133–140. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-133-140 [in Ukrainian].
3. Mosiychuk, I., Beznosko, I., Turonik, Y. & Gorgan, T. (2021). Ekologichne obgruntuвання регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах ячменю ярого у екологічно безпечних технологіях [Ecological reasoning of regulation the phytopathogenic mycobioma in agroecosystems of spring barley under ecologically safe technologies]. *Агроекологічний журнал — Agroecological journal*, 2, 117–124. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234468> [in Ukrainian].
4. Retman, S.V. & Panchenko, Yu.S. (2017). Protruyniky dlia zakhystu posiviv vivsya vid khvorob u pravoberezhnomu Lisostepi Ukrainy [Disinfectants for protection of oat crops from diseases in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Агроекологічний журнал — Agroecological journal*, 3, 72–76. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2017.219909> [in Ukrainian].
5. Levishko, A.S., Gumeniuk, I.I., Tkach, Ye.D. et al. (2022). Efektyvnist' vykorystannya novych shtamiv *Rhizobium* na posivax bobovych kul'tur [Efficiency of using new *Rhizobium* strains on legume crops]. *Агроекологічний журнал — Agroecological journal*, 1, 136–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257130> [in Ukrainian].
6. Teslyk, V.V. (2011). Konceptyalni osnovy vyrobnyctva i zastosyvvannya mikrobiopreparativ [Conceptual basis for the production and use of microbial preparations]. *Naykovi dopovidi NUBiP — Scientific reports of NUBiP*, 7 (23). URL: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nd/2011\\_7/11tbbpam.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11tbbpam.pdf) [in Ukrainian].
7. Lobova, O.V., Levishko, A.S. & Gumeniuk, I.I. (2021). *Biotechnologiyi [Biotechnologies]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Saeed, Q., Xiukang, W., Haider, F.U. et al. (2021). Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: a comprehensive review of effects and mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 10529–10537. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms221910529> [in English].
9. Olanrewaju, O.S., Glick, B.R. & Babalola, O.O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33, 197–205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9> [in English].

10. Lobova, O.V. & Gonchar, L.M. (2021). *Biotechnologichni mikrobni preparaty v silskomu gospodarstvi [Biotechnological microbial preparations in agriculture]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Davranov, K., Shurigin, V., Samadiy, S. & Djalolova, B. (2021). The conception of microbial preparations development for a crop production. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*, 83 (1), 87–100. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.01.087> [in English].
12. Gumeniuk, I.I., Levishko, A.S. & Mazur, S.O. (2022). Stvorennya robochoyi kolekciyi agronomichno korysnych shtamiv mikroorganizmiv [Creation of collection of agronomically useful strains of microorganisms]. *Novitni dosyahnennya biotekhnolohiyi: materialy VI mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya [Latest achievements of biotechnology: materials of the 6<sup>th</sup> international scientific and practical conference]*. (pp. 59–60). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
13. Demattê, J.A.M. & Nanni, M.R. (2023). A novel method for estimating chlorophyll and carotenoid concentrations in leaves: a two hyperspectral sensor approach. *Sensors*, 23, 3843–3856. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23083843> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 27.05.2023

---

## ФОРМУВАННЯ ФІТОПАТОГЕННОГО МІКРОБІОМУ ЯК ЧИННИКА БІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АГРОЦЕНОЗІВ ВІВСА

І.В. Безноско, Л.В. Гаврилюк, В.О. Мудрак

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2217-5165  
e-mail: gavriluklilia410@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6901-0766  
e-mail: mva.mudrak2002@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5023-5866*

*Формування фітопатогенного мікробіому як чинника біологічного забруднення агроценозів вівса є важливим завданням для дослідження, розв'язання якого дасть можливість створення екологічно збалансованих агроєкосистем. Це підвищить їхню здатність до саморегуляції чисельності популяції мікроміцетів із метою одержання якісної та безпечної вівсяної сировини. Тому, вивчено вплив екологічних чинників (абіотичних, біотичних, антропогенних) на формування популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса за різних технологій вирощування рослин. У статті представлені результати екологічного оцінювання сортів рослин вівса за показниками впливу на щільність популяції, частоту трапляння та інтенсивність споруючої мікроміцетів. Вегетативні органи рослин вівса сортів Парламентський і Тембр відбирали у фази: кушення, виходу в трубку та колосіння. Визначено, що кліматичні умови, як абіотичний чинник, а саме підвищення температури повітря, часті засухи, рідкі, але ясні дощі, які змінювалися залежно від року дослідження, істотно впливали на формування популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса. Технології вирощування рослин, як антропогенний чинник, значно впливали на спектр видів та їхню частоту трапляння у листовому мікробіомі вівса різних сортів. За органічної технології вирощування рослин спектр популяції мікроміцетів був різноманітніший, але із нижчою частотою трапляння видів порівняно із традиційною технологією вирощування рослин. Також, сорти рослин вівса, як біотичний чинник, завдяки фізіологічним речовинам рослин здатні стримувати поширення популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі рослин або стимулювати їх. З'ясовано, що за традиційної та органічної технології вирощування рослин у листовому мікробіомі сорту вівса Тембр щільність популяції, частота трапляння видів мікроміцетів, а також інтенсивність споруючої була істотно нижчою порівняно із рослинами сорту вівса Парламентський. Це свідчить, що вирощування сортів вівса, які здатні стримувати формування популяції мікроміцетів на екологічно безпечному рівні забезпечить зниження рівня біологічного забруднення агроценозів та підвищить біобезпеку рослинної сировини.*

**Ключові слова:** екологічний ризик, біобезпека, частота трапляння видів, інтенсивність спорутворення, мікроміцети.

### ВСТУП

Внаслідок екологічної ситуації, яка склалася на сьогодні, особливо гостро постає проблема забезпечення населення високоякісними та екологічно безпечними харчовими продуктами. Значна частина сільськогосподарської продукції, в т. ч. і вівсяна сировина, не завжди відповідає чинним світовим стандартам якості та безпеки [1].

Овес є однією із важливих зернових культур, яка вирощується в Україні, пе-

реважно в поліській та лісостеповій зоні (валовий збір зерна 499 тис. т, урожайність 2,4 т/га). Найбільші площі посівів у Волинській (39,5 тис. га), Житомирській (30,4 тис. га), Чернігівській (28,0 тис. га), Рівненській (21,2 тис. га), Львівській (16,2 тис. га) обл. Потенційна врожайність цієї рослини може досягати 5,0–6,0 т/га [2]. Зі зміною ґрунтово-кліматичних умов України з переважанням посухи, в агроценозах вівса дедалі частіше зустрічаються мікроміцети різного спектра дії, які чинять найбільший шкідливий вплив на ослаблені

рослини, що страждають від нестачі поживних речовин [3; 4]. Це спричинило надмірне застосування хімічних пестицидів та використання стійких, генетично однорідних сортів, що активізувало шкідливість фітопатогенних мікроорганізмів, утворення їхніх резистентних форм із посиленою агресивністю, а також сприяло виникненню екологічних ризиків в агроєкосистемах та зниженню біобезпеки виробництва вівсяної сировини. Тому у світі дедалі більше уваги приділяють виявленню причин порушення природних зв'язків між рослиною й патогеном [5; 6] та вивченню механізмів і чинників, що стримують формування чисельності фітопатогенних мікроорганізмів в агроценозах зернових колосових культур, у т. ч. і вівса [7].

**Мета досліджень:** провести екологічне оцінювання формування популяцій мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса за різних технологій вирощування.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженнями, спрямованими на вивчення ґрунтово-кліматичних умов упродовж вегетаційного періоду викладені у наукових працях багато вчених, зокрема: Зозуля О., Михальська Л., Швартау В., Вожегова Р., Коковіхін С., Lamichhane J. та ін. [8–10], що є важливим чинником регуляції чисельності популяцій шкідливих організмів на основі широкого використання природних ресурсів. Зміна ґрунтово-кліматичних умов та інтенсивне використання хімічних засобів захисту зумовило поширення популяцій мікроміцетів та накопиченню їхніх інфекційних структур на вегетативних органах рослин. Адже відомо, що стійкий сорт, особливо створений шляхом генетичного модифікування, є потужним чинником спрямованого добору в популяціях мікроорганізмів, а сприйнятливий сорт — росту їхніх популяцій [11–13]. Вони значною мірою впливають на якісні та кількісні показники фітопатогенного фону, що значно погіршують умови агрофітоценозів і певною мірою біологічну безпеку агроєкосистем [14]. Тому важливим є

вивчення формування популяцій мікроміцетів на вегетативних органах рослин вівса в умовах різних технологій вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Щільність популяції мікроміцетів є важливим показником екологічного оцінювання вегетативних органів рослин. Він дає можливість з'ясувати кількість колонієутворювальних одиниць у рослинній сировині за впливу екологічних чинників. Відомо, що чисельність це важливий показник характеристики популяції мікроорганізмів. Зміна чисельності вихідної популяції, або затримка її росту може бути показником оцінки сорту, як чинника екологічного ризику. Аналіз частоти трапляння видів у мікробіомі вегетативних органів рослин дає змогу встановити основні види та їхню чисельність в агроценозах зернових колосових культур. Інтенсивність утворення пропативних та спочиваючих спор фітопатогенних мікроміцетів на вегетативних органах рослин сортів зернових колосових культур є екологічним показником вибіркового добору сортів, які здатні стимулювати розвиток патогенів або добору таких, які здатні стримувати їхній розвиток [15–17]. Отже, дослідження формування популяцій мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса є пріоритетним напрямом наукових досліджень, що забезпечить зниження рівня біологічного забруднення та підвищить якість і безпечність вівсяної продукції.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали на базі лабораторії біоконтролю агроєкосистем та органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН (2020–2022 рр). Досліджено формування популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса сортів Парламентський і Тембр в умовах традиційної та органічної технології вирощування рослин. Вегетативні органи рослин вівса відбирали у фази: кущення, виходу в трубку та колосіння на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН згідно із загальноновизнаними методиками [18].

Таблиця 1. Значення ГТК упродовж вегетаційного періоду за 2020–2022 рр.

Рік	Місяць						Середнє значення ГТК
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
2020	1,2	1,8	1,0	0,8	0,7	0,5	1,0
2021	0,8	2,0	1,6	0,9	1,0	0,6	1,3
2022	0,6	1,7	0,9	0,6	0,3	0,4	0,7

Примітка: ГТК  $\geq 1$  – достатнє зволоження; ГТК 0,8–1,0 – помірне зволоження; ГТК 0,6–0,7 – недостатнє зволоження.

Відомо, що на онтогенез рослин вівса та поширення і розвиток хвороб істотно впливає температура і кількість опадів. Інтегрованим показником цих чинників є гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Значення ГТК упродовж вегетації рослин у роки дослідження представлені в *табл. 1*.

В умовах традиційної технології вирощування рослин вівса використовували різні хімічні фунгіциди, водночас в умовах органічної технології не застосовували засоби захисту посівів (*табл. 2*).

Щільність популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі рослин вівса визначали методом розведення та поверхневого посіву суспензії на поживне середовище Чапека. Кількість мікроміцетів виражали у колонієутворювальних одиницях (КУО) на 1 г сухого листка та встановлювали за ДСТУ 7847:2015 [19].

Показник частоти трапляння (%) видів мікроміцетів обраховували за формулою [20]:

$$A = \frac{B \times 100\%}{C}, \quad (1)$$

де  $A$  – частота трапляння видів;  $B$  – кількість зразків, у яких виявлено цей вид;  $C$  – загальна кількість виділених видів.

Ідентифікацію ізолятів мікроскопічних грибів до роду та виду здійснювали на біологічному мікроскопі DN-200D за визначниками [21] та застосовуючи онлайн базу даних «MusoBank». Показник інтенсивності споруляції мікроміцетів визначали шляхом підрахунку макро- та мікроконідій у камері Горяєва–Тома за формулою:

$$N = \left( \frac{a \times 1000}{h \times S} \right) \times n, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість клітин в одному мл суспензії;  $a$  – середня кількість клітин в квадраті решітки;  $h$  – глибина камери (0,1 мм);  $S$  – площа квадрата сітки (0,04 мм<sup>2</sup>);  $n$  – розведення вихідної суспензії.

Для статистичної обробки експериментальних даних використовували однофак-

Таблиця 2. Схема захисту посівів вівса сортів Парламентський та Тембр від хвороб за різних технологій вирощування

Технологія вирощування	Період використання фунгіциду	Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати
Традиційна	Передпосівне протруювання насіння	Вітавакс 200 ФФ (фунгіцид)	Карбоксин: 200 г/л Тирам: 200 г/л	3,0 л/т
	Кущення	Гранстар Голд 75 (ФМС) (гербіцид)	Трибенурон-метил: 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил: 187,5 г/кг	25 г/га
Органічна	Без внесення добрив і фунгіцидів			



торний дисперсійний аналіз (ANOVA, тест Тьюкі). Різниця між контрольними і експериментальними показниками вважалася значною, коли ймовірність різниці становила  $P < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

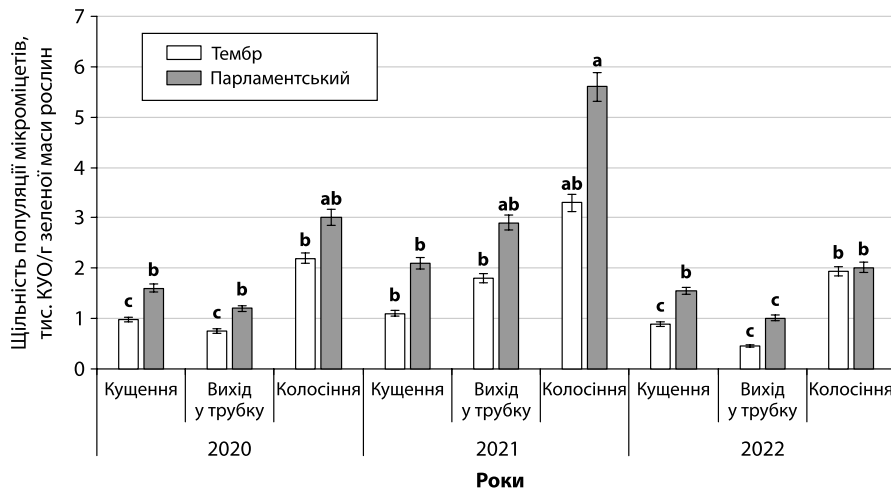
**Щільність популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі рослин вівса за різних технологій вирощування.** За проведеними дослідженнями в умовах традиційної технології вирощування рослин, встановлено, що у листовому мікробіомі вівса щільність популяції мікроміцетів коливалася від 0,45 до 5,6 тис. КУО/г зеленої маси рослин (рис. 1). Досліджувані показники істотно різнилися залежно від кліматичних умов року дослідження, а саме: висока температура повітря та значна кількість опадів.

У фазі кушення щільність популяції у листовому мікробіомі вівса сорту Тембр була в межах від 0,8 до 1,1 тис. КУО/г зеленої маси рослин. Водночас, у листовому мікробіомі сорту Парламентський цей показник був у межах від 1,5 до 2,1 тис. КУО/г зеленої маси рослин. У фазі виходу в труб-

ку щільність популяції мікроміцетів зростала і коливалась від 1,8 до 2,9 на листках вівса обох сортів. У фазі колосіння щільність популяції мікроміцетів збільшилась у 2–2,5 раза, що свідчить про зміну погодних умов наприкінці вегетаційного періоду впродовж років дослідження. Також істотний вплив на ріст популяції мікроміцетів спричинило внесення хімічних засобів захисту рослин, що сприяло швидкому розмноженню мікроміцетів у відповідь на несприятливі умови існування видів. Слід зазначити, що сорт Парламентський, завдяки фізіолого-біохімічним речовинам здатний стимулювати формування популяцій мікроміцетів, що позитивно впливало на накопичення інфекційних структур у листовому мікробіомі вівса.

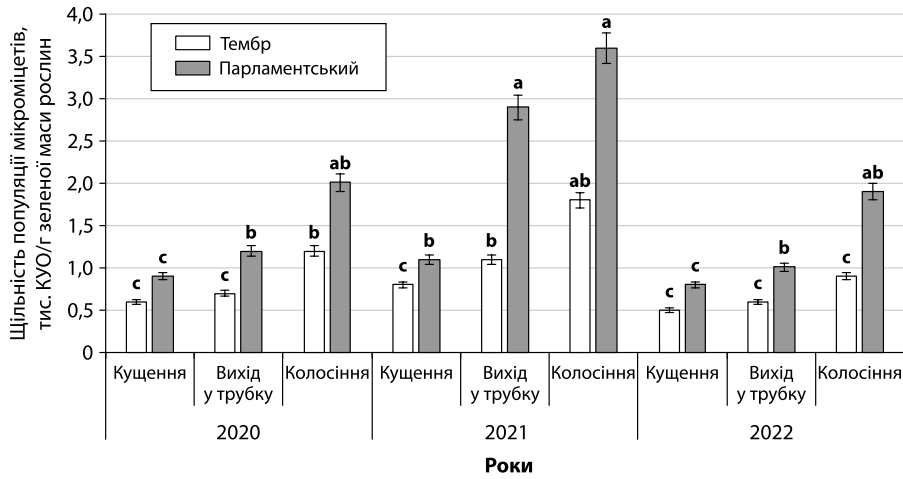
Порівняно із традиційною технологією вирощування рослин за органічної технології вирощування рослин вівса щільність популяції мікроміцетів у листовому мікробіомі зростала у міру старіння культури і коливалась від 0,5 до 3,6 тис. КУО/г зеленої маси рослин (рис. 2).

У фазі кушення у листовому мікробіомі сорту Тембр щільність популяції мікроміцетів коливалась від 0,5 до 0,8 тис. КУО/г



**Рис. 1.** Щільність популяцій мікроміцетів у листовому мікробіомі різних сортів вівса за традиційної технології вирощування

Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $x \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).



**Рис. 2.** Щільність популяцій мікроміцетів у листковому мікробіомі різних сортів вівса за органічної технології вирощування

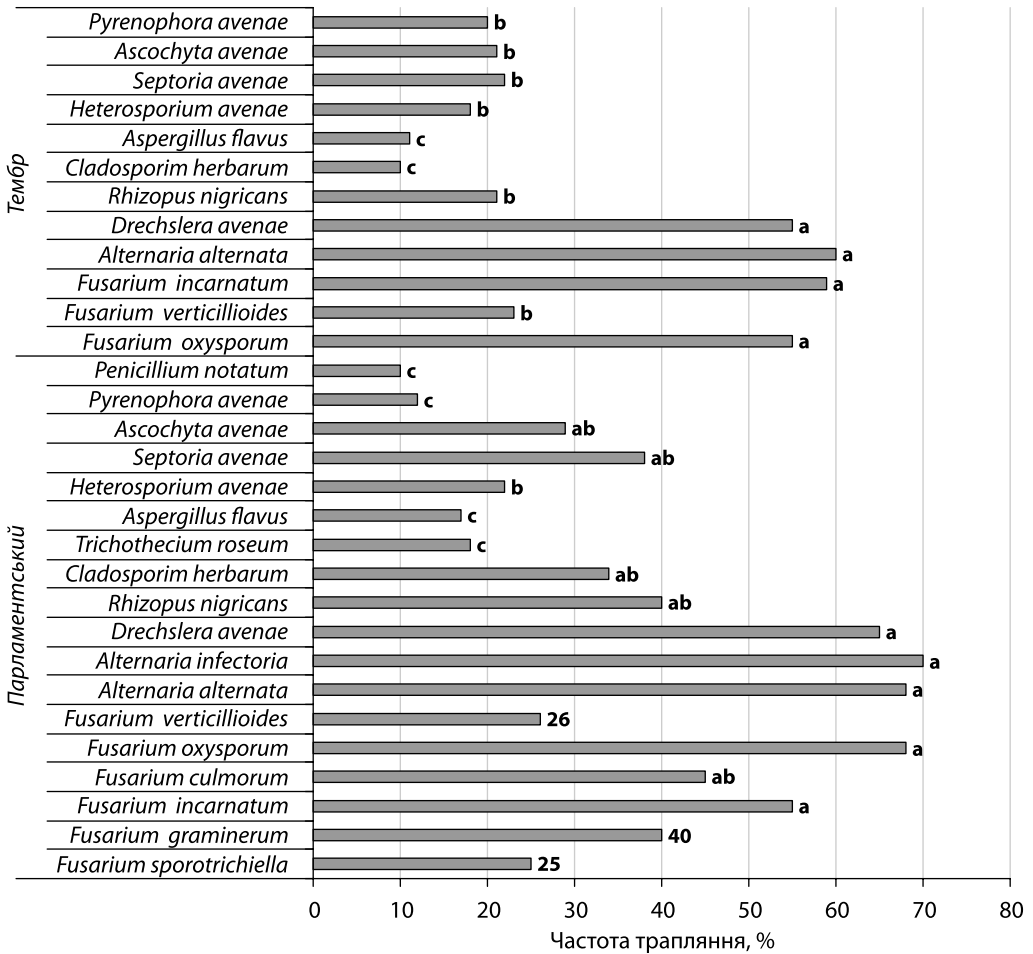
Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $x \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).

зеленої маси рослин. Водночас у листковому мікробіомі сорту Парламентський цей показник був у межах від 0,8 до 1,1 тис. КУО/г зеленої маси рослин. У фазі виходу в трубку щільність популяції мікроміцетів істотно зростає у листковому мікробіомі сорту Парламентський та сягає 2,9 тис. КУО/г зеленої маси рослин, у той час як на сорті вівса Тембр цей показник був удвічі нижчий. Найвищою щільністю популяції характеризувалася фаза колосіння, де у листковому мікробіомі вівса сортів Тембр і Парламентський вона зростає в 1,5 рази й коливалася від 1,8 до 3,6 тис. КУО/г зеленої маси рослин. Слід зазначити, що в листковому мікробіомі сорту Тембр щільність популяції майже удвічі нижча, ніж на листках сорту Парламентський. Це свідчить, що рослини здатні по-різному впливати на формування щільності популяції мікроміцетів у листковому мікробіомі вівса.

**Видовий спектр мікроміцетів у листковому мікробіомі рослин вівса за різних технологій вирощування.** За проведеними лабораторними дослідженнями виявлено, що за традиційної технології вирощування рослин у листковому мікробіомі сорту Парламентський паразитува-

ло 18 видів мікроміцетів: *F. sporotrichiella*, *F. gramineum*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*, *F. culmorum*, *F. verticillioides*, *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *R. nigricans*, *A. flavus*, *C. herbarum*, *T. roseum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *A. avenae*, *P. avenae*, *P. notatum*, які характеризувалися різною частотою трапляння від 10 до 70%. Водночас, у листковому мікробіомі сорту Тембр ідентифіковано 12 видів мікроміцетів, таких як: *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. incarnatum*, *A. flavus*, *A. alternata*, *D. avenae*, *R. nigricans*, *C. herbarum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *P. avenae*, *A. avenae*. Їхня частота трапляння коливалася від 10 до 60% (рис. 3).

У листковому мікробіомі вівса сорту Парламентський домінувало 5 видів мікроміцетів: *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*. Їхня частота трапляння коливалася від 55 до 70%. До поширених видів належали мікроміцети: *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. sporotrichiella*, *F. gramineum*, *R. nigricans*, *C. herbarum*, *S. avenae*, *A. avenae*, *H. avenae*, із частотою трапляння від 23 до 45%. До рідкісних видів відносилися мікроміцети *P. avenae*, *P. notatum*, *A. flavus*, *T. roseum* із частотою трапляння до 18%. Водночас у листковому



**Рис. 3.** Видовий спектр популяцій мікроміцетів у листковому мікробіомі різних сортів вівса за традиційної технології вирощування

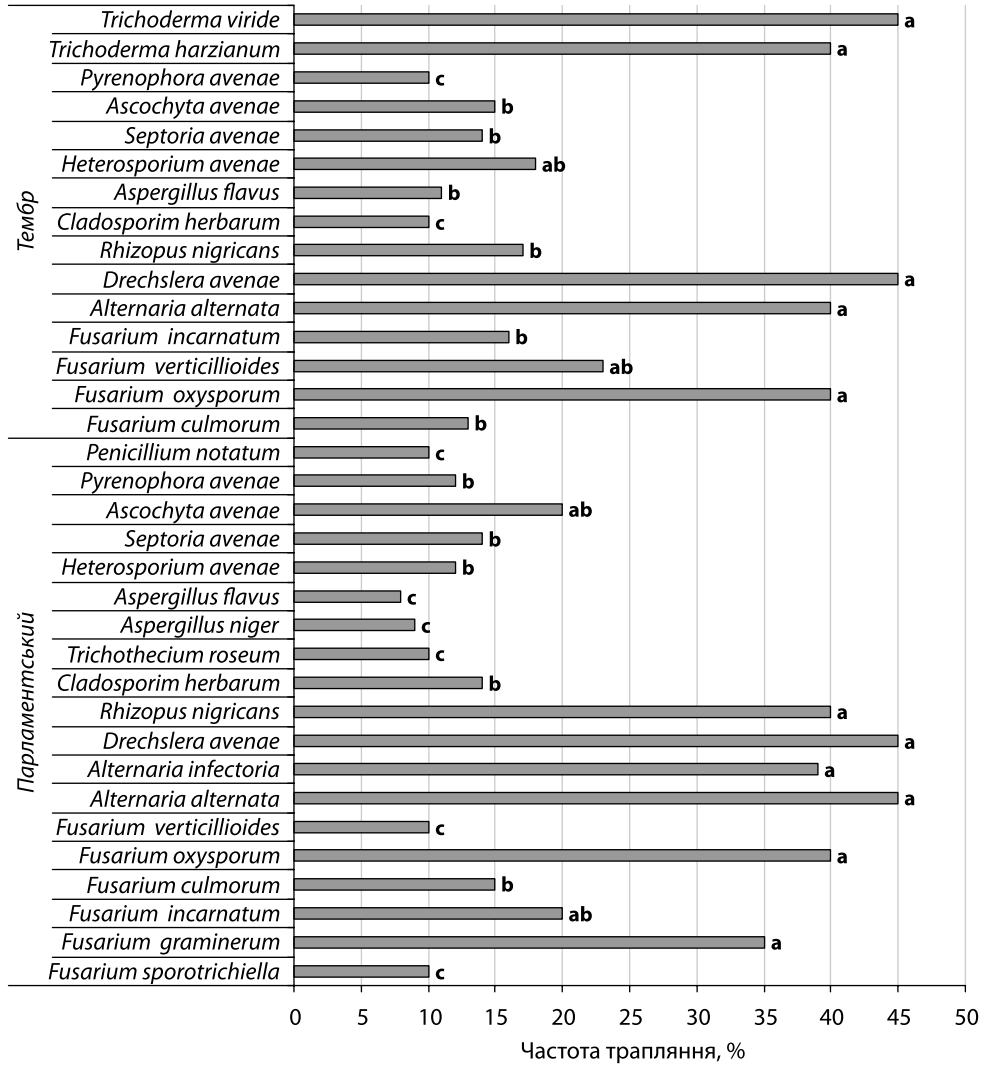
Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).

мікробіомі вівса сорту Тембр домінували 4 види мікроміцетів: *D. avenae*, *A. alternata*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*, де їхня частота зустрічання сягала 60%. До поширених видів відносилися мікроміцети: *R. nigricans*, *S. avenae*, *F. verticillioides*, *A. avenae*. Їхня частота трапляння була у межах від 22 до 28%. Також ідентифіковано 4 рідкісних види мікроміцетів: *H. avenae*, *A. flavus*, *C. herbarum*, *P. avenae*, де їхня частота зустрічання становила 20%.

Порівняно із традиційною технологією вирощування рослин за органічної техно-

логії вирощування, впродовж років дослідження, у листковому мікробіомі вівса спектр мікроміцетів був різноманітніший, але із нижчою частотою трапляння видів (рис. 4).

А саме, у листковому мікробіомі сорту Парламентський паразитувало 19 видів мікроміцетів: *F. sporotrichiella*, *F. gramineum*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*, *F. culmorum*, *F. verticillioides*, *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *R. nigricans*, *A. flavus*, *A. niger*, *C. herbarum*, *T. roseum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *A. avenae*, *P. avenae*, *P. notatum*, із частото-



**Рис. 4.** Видовий спектр популяцій мікроміцетів у листковому мікробіомі різних сортів вівса за органічної технології вирощування

Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).

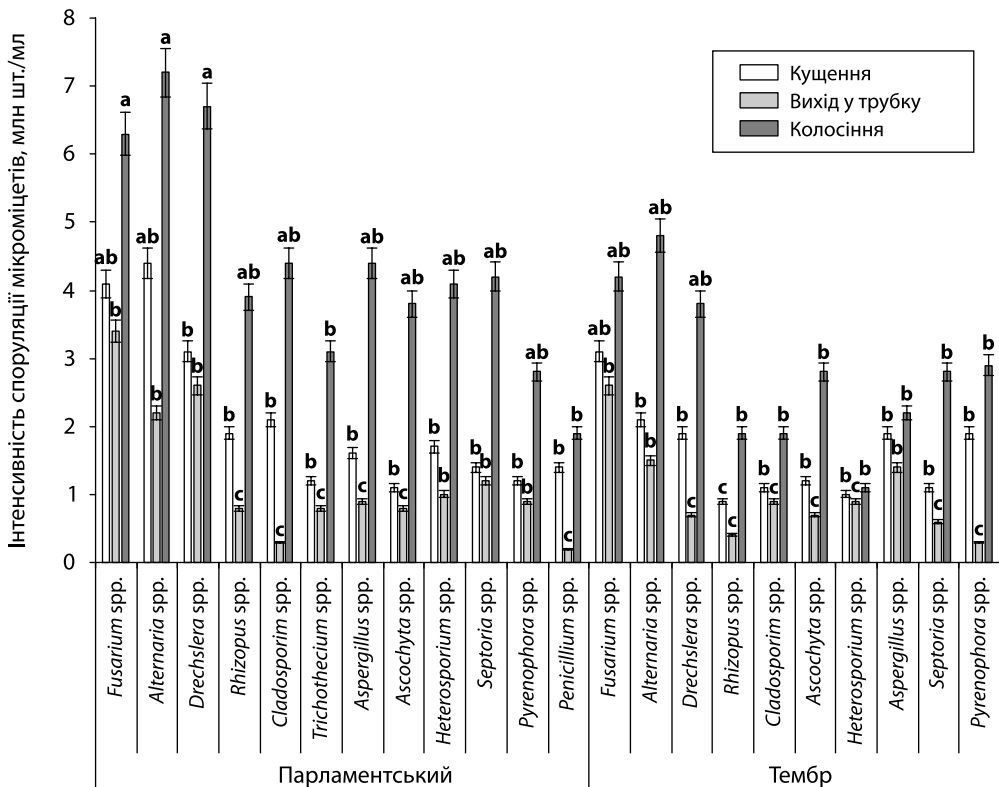
тою трапляння від 8 до 45%. У листковому мікробіомі вівса сорту Тембр ідентифіковано 15 видів мікроміцетів: *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. incarnatum*, *F. culmorum*, *A. flavus*, *A. alternata*, *D. avenae*, *R. nigricans*, *C. herbarum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *P. avenae*, *A. avenae*, *T. harzianum* та *T. viride* із частотою трапляння 10–45%.

У листковому мікробіомі вівса сорту Парламентський до поширених видів відносилися види мікроміцетів: *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *R. nigricans*, *F. gramineum*, *F. oxysporum* із частотою трапляння від 35 до 45%. Інші ідентифіковані мікроміцети належали до рідкісних видів: *F. sporotrichiella*, *F. incarnatum*, *F. culmorum*,

*F. verticillioides*, *A. flavus*, *A. niger*, *C. herbarum*, *T. roseum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *A. avenae*, *P. avenae*, *P. notatum* із частотою трапляння до 18%. Водночас у листовому мікробіомі вівса сорту Тембр до поширених видів відносилися мікроміцети: *T. harzianum*, *T. viride*, *R. nigricans*, *H. avenae*, *D. avenae*, *A. alternate*, *F. incarnatum*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*. Їхня частота зустрічання була у межах від 25 до 45%. Також ідентифіковано 5 рідкісних види мікроміцетів: *F. culmorum*, *P. avenae*, *S. avenae*, *A. flavus*, *C. herbarum*, де їхня частота трапляння сягала 20%. Слід зазначити, що за органічної технології вирощування рослин у листовому мікробіомі сорту Тембр, окрім фітопатогених мікроміцетів високою частотою зустрічання, характеризувалися

гриби антагоністи роду *Trichoderma* spp. (*T. harzianum* та *T. viride*), яка становила 45%. Водночас у листовому мікробіомі сорту Парламентський переважали лише фітопатогенні мікроміцети: *F. oxysporum*, *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, де їхня частота трапляння була у межах від 35 до 45%.

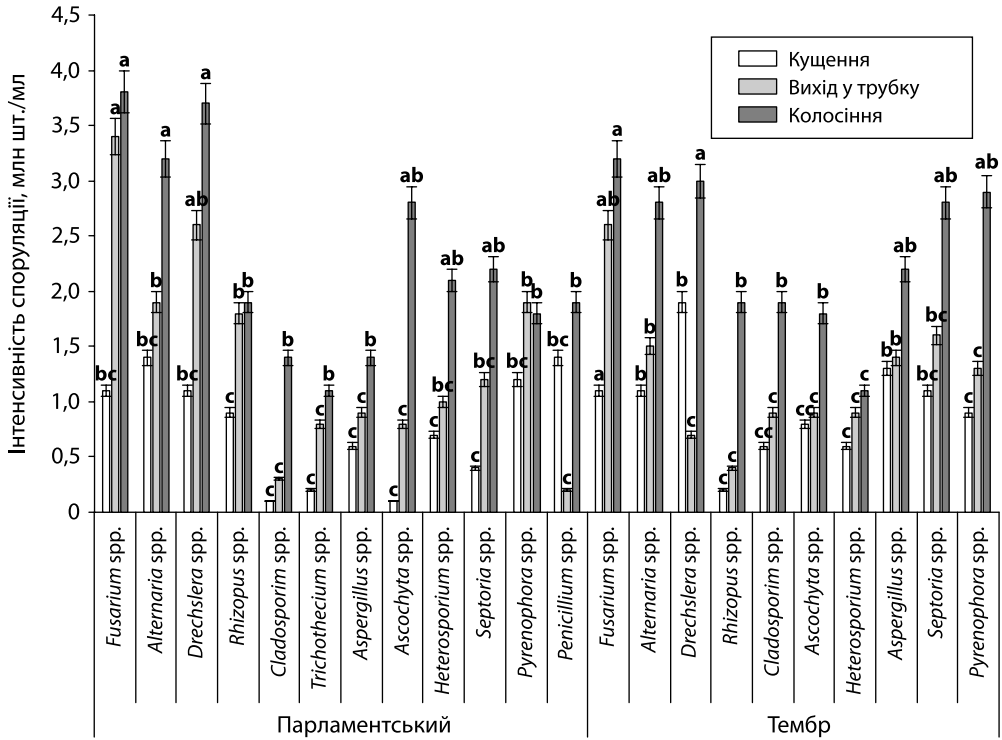
**Інтенсивність споруляції мікроміцетів у листовому мікробіомі рослин вівса за різних технологій вирощування.** В ході лабораторних досліджень виявлено, що за традиційної технології вирощування, спектр мікроміцетів у листовому мікробіомі вівса різних сортів характеризувався високою споруляцією, особливо у фазі колосіння, яка коливалася від 1,1 до 7,2 млн шт./мл (рис. 5, а).



**Рис. 5, а.** Інтенсивність споруляції мікроміцетів у листовому мікробіомі різних сортів вівса за впливу традиційної технології вирощування

Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).





**Рис. 5, б.** Інтенсивність споруляції мікроміцетів у листовому мікробіомі різних сортів вівса за впливу органічної технології вирощування

Примітка: a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ ); ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n = 5$  повторів).

Як зазначено на рис. 5, а, найвищою інтенсивністю споруляції у листовому мікробіомі вівса сорту Парламентський характеризувалися мікроміцети родів *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *Drechslera spp.*, яка була в межах від 6,3 до 7,2 млн шт./мл. Водночас, показник сорту Тембр був удвічі нижчим. Це свідчить про роль сорту, як біотичного чинника регуляції фітопатогенних мікроміцетів у мікробіомі вегетативних органів рослини.

За впливу органічної технології вирощування рослин у листовому мікробіомі вівса сорту Парламентський високою інтенсивністю споруляції визначалися мікроміцети родів *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *Drechslera spp.*, яка коливалася від 1,8 до 2,1 млн шт./мл (рис. 5, б). Це у 1,5 раза нижча порівняно із традиційною технологією вирощування рослин. Водночас, у

листовому мікробіомі сорту Тембр інтенсивність споруляції мікроміцетів, у фазі колосіння, була у межах від 0,6 до 1,7 млн шт./мл. Це дає підстави вважати, що рослини вівса сортів різного селекційного походження здатні істотно впливати на інтенсивність споруляції основних мікроміцетів. У листовому мікробіомі вівса сорту Тембр високою інтенсивністю споруляції характеризувалися гриби антагоністи роду *Trichoderma spp.*, що становили 3,9 млн шт./мл. Ці мікроміцети здатні швидко поширюватися і займати все середовище існування, витісняючи інші патогени.

Отже, досліджуючи інтенсивність споруляції мікроміцетів в агроценозах вівса за впливу різних технологій вирощування, виявлено, що не всі домінуючі мікроміцети інтенсивно спороносили, що зумовлено сортовими особливостями рослин. Слід

зауважити, що за органічної технології вирощування різноманітність видів мікроміцетів була істотно вищою, чим за традиційної. Водночас частота трапляння та інтенсивність споруючої мікроміцетів в умовах органічної технології істотно знижувалася (2–3,5 рази) порівняно із традиційною технологією. Це свідчить, що технології вирощування культури є одним із чинників впливу на формування популяцій в агроценозах зернових колосових культур.

## ВИСНОВКИ

Аналіз частоти трапляння видів у листовому мікробіомі рослин вівса в умовах різних технологій вирощування рослин дає можливість виділяти домінуючі види та виявити інтенсивність їх поширення в агроценозах зернових колосових культур. За традиційної технології вирощування рослин вівса високою частотою трапляння мікроміцетів у листовому мікробіомі визначалися фітопатогенні гриби *F. oxysporum*, *A. alternata*. Водночас за органічної технології вирощування переважали гриби

антагоністи видів *T. harzianum*, *T. viride*, які конкурували серед фітопатогеної мікробіоти. Такі показники, як щільність популяції та інтенсивності споруючої мікроміцетів характеризують здатність формування та накопичення інфекційних структур у листовому мікробіомі рослин. Незалежно від абіотичних (температури, вологості) та антропогенних (технологій вирощування) чинників, щільність популяції та інтенсивність споруючої мікроміцетів була істотно нижчою у листовому мікробіомі рослин вівса сорту порівняно із сортом рослин вівса Парламентський, яка зростала у 2–4 рази. Отже, оцінювання формування популяцій мікроміцетів у листовому мікробіомі досліджуваних сортів вівса за такими показниками як: щільність популяції, частота трапляння видів та їхня інтенсивність споруючої в умовах різних технологій вирощування є важливим екологічним критерієм. Це дасть змогу відзначити сорт як чинник регуляції чисельності фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах вівса.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Парфенюк А.І., Безноско І.В. Сорти як чинник формування стійких агроценозів зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. Вип. 2. С. 110–118. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk> 2020.02.13.
2. Ретман С.В., Панченко Ю.С. Біологічні препарати для захисту населення від хвороб у Правобережному Лісостепу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. № 25. С. 50–56.
3. Van Montagu M. The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*. 2020. С. 43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040>.
4. Парфенюк А.І. Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 155–163. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2017\\_2\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_2_22).
5. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С. Чинники дестабілізації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812>.
6. Парфенюк А.І., Волошук Н.М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247>.
7. Köhl J., Kolnaar R. and Ravensberg W. Mode of Action of Microbial Biological Control Agents against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 845.
8. Shvartau V., Mykhalska L. and Zozulya O. Spread of fusarium in Ukraine. *Ahronomy*. 2017. Vol. 4. P. 40–43.
9. Вожегова Р., Коковіхін С. Зрошуване землеробство — гарант продовольчої безпеки України в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. Вип. 11. 28–34. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2018\\_11\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2018_11_6).
10. Lamichhane J. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.* 2017. Vol. 97. P. 1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>.
11. Ngonue L. and Shelton C. Factors affecting yield of crops. *In agronomy—climate change and food security*; intech open: London, UK. 2020. Vol. 32. P. 137–144. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90672>.
12. Безноско І., Горган Т., Туровнік Ю. та ін. Патогенна мікобіота насіння зернових культур під впливом різних технологій вирощування. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 110–120. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255185>.

13. Петренкова В., Лучна І., Боровська І. Залежність фітосанітарного стану посівів пшениці озимой від погодних умов. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської обл.* 2016. Вип. 20. С. 60–68.

14. Дерменко О. Хвороби колоса пшениці: діагностика, шкідливість і заходи захисту. *Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник.* 2016. Вип. № 7/8. С. 96–100. DOI: <http://propozitsiya.com/bolezni-kolosa-pshenicy-diaagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100>.

15. Barratt B., Moran V., Bigler F. and Van Lenteren J. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl.* 2018. Vol. 63. P. 155–167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y>.

16. Терновий Ю., Гавлюк В., Парфенюк А. Екологічно безпечні агротехнології. *Агроекологічний журнал.* 2018. № 4. С. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155827>.

17. Hardoim P., van Overbeek L., Berg G. et al. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial en-

dophytes. *Microb. Mol. Biol.* 2015. Vol. 79 (3). P. 293–320.

18. Корнійчук М.С. Методи контролю фітосанітарного стану польових культур. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН».* 2015. Вип. 2. P. 152–163.

19. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2016. 15 с.

20. Sessitsch A., Weilharter A., Gerzabek M. et al. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied environmental microbiology.* 2021. Vol. 67 (9). P. 4215–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001>.

21. Коваль Є., Руденко А., Волошук Н. Пеницилли: руководство по идентификации 132 видов (редуцентов, деструкторов, патогенов, продуцентов) / за ред. Л.Д. Варбаньш. Киев: Национальный исследовательский научно-реставрационный центр Украины, 2016. 408 с.

## REFERENCES

1. Mostovyak, I.I., Demyanyuk, O.S., Parfenyuk, A.I. & Beznosko, I.V. (2020). Sorty yak chynnyk formuvannya styykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur [Varieties as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops]. *Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 110–118. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13> [in Ukrainian].
2. Retman, S.V. & Panchenko, Yu.S. (2017). Biologichni preparaty dlya zakhystu naselennya vid khvorob u pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Biological preparations to protect the population from diseases in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Silskohospodarska mikrobiologiya — Agricultural microbiology*, 25, 50–56 [in Ukrainian].
3. Van Montagu, M. (2020). The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*, 43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040> [in English].
4. Parfenyuk, A.I. (2017). Sort roslyn yak chynnyk biologichnoy bezpeky v ahrotsenozakh Ukrainy [Plant variety as a factor of biological safety in agrocenoses of Ukraine]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 155–163. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2017\\_2\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_2_22) [in Ukrainian].
5. Mostovyak, I.I. & Demyanyuk, O.S. (2020). Chynnyky destabilizatsiyi fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv zernovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Factors destabilizing the phytosanitary state of agrocenoses of grain crops in the Central Forest Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812> [in Ukrainian].
6. Parfenyuk, A.I. & Voloshchuk, N.M. (2016). Formuvannya fitopatohennoho fonu v ahrofitotsenozakh [Formation of phytopathogenic background in agrophytocenoses]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 106. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247> [in Ukrainian].
7. Köhl, J., Kolnaar, R. & Ravensberg, W. (2019). Mode of Action of Microbial Biological Control Agents against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci.*, 10, 845 [in English].
8. Shvartau, V., Mykhalska, L. & Zozulya, O. (2017). Spread of fusarium in Ukraine. *Ahronomy*, 4, 40–43 [in English].
9. Vozhegova, R. & Kokovikhin, S. (2018). Zroshuvane zemlerobstvo — harant prodovolchoy bezpeky Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Irrigated agriculture is a guarantor of Ukraines food security in the face of climate change]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Herald of Agrarian Science*, 11, 28–34. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2018\\_11\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2018_11_6) [in Ukrainian].
10. Lamichhane, J. (2017). Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.*, 97, 1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cpro.2017.01.017> [in English].
11. Ngoune, L. & Shelton, C. (2020). Factors affecting yield of crops. *In agronomy—climate change and food security*, 32, 137–144. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90672> [in English].
12. Beznosko, I., Gorgan, T., Turovnik, Yu. et al. (2022). Patohenna mikrobiota nasinnya zernovykh kul'tur pid vplyvom ryznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya [Pathogenic mycobiota of cereal seeds under the influence of different growing technologies]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 110–120. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255185> [in Ukrainian].

13. Petrenkova, V., Luchna, I. & Borovska, I. (2016). Zalezhnist fitosanitarnoho stanu posiviv pshenytsi ozymoyi vid pohodnykh umov [Dependence of phytosanitary status of winter wheat crops on weather conditions]. *Visnyk tsentru naukovooho zabezpechennya APV Kharkivskoyi oblasti — Bulletin of the center of sciences. provision of APV of the Kharkiv region*, 20, 60–68 [in Ukrainian].
14. Dermenko, O. (2016). Khvoroby kolosa pshenytsi: diah-nostyka, shkidlyvist i zakhody zakhystu [Wheat ear diseases: diagnosis, harmfulness and protection measures]. *Propozytsiya nova: ukrayinskyy zhurnal z pytan ahrobiznesu: informatsiynnyy shchomisyachnyk — New offer: Ukrainian magazine on agribusiness: informative monthly*, 7/8, 96–100. DOI: <http://propozytsiya.com/bolezni-kolosa-pshenyicy-diaagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100> [in Ukrainian].
15. Barratt, B., Moran, V., Bigler, F. & Van Lenteren, J. (2018). The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *Bio-Control.*, 63, 155–167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y> [in English].
16. Ternovy, Yu., Havlyuk, V. & Parfenyuk, A. (2018). Ekolohichno bezpechni akhrotekhnolohiyi [Ecologically safe agricultural technologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 50–58. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155827> [in Ukrainian].
17. Hardoim, P., Van Overbeek, L., Berg, G. et al. (2015). The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microb. Mol. Biol.*, 79 (3), 293–320 [in English].
18. Korniychuk, M.S. (2015). Metody kontrolyu fito-sanitarnoho stanu polovykh kultur [Methods of controlling the phytosanitary condition of field crops]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovooho tsentru — Collection of scientific works of the National Science Center*, 2, 152–163 [in Ukrainian].
19. Yakist grunt. Vyznachennya chyselnosti mikroorhanizmv u grunti metodom posivu na tvrde (aharyzovane) zhyvylne seredovyshe [Soil quality. Determination of the number of microorganisms in the soil by the method of sowing on a solid (agarized) nutrient medium]. (2016). *DSTU 7847:2015 from 1<sup>st</sup> Juli 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
20. Sessitsch, A., Weilharter, A., Gerzabek, M. et al. (2021). Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied environmental microbiology*, 67 (9), 4215–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001> [in English].
21. Koval, E., Rudenko, A. Voloshchuk, N. & Varbanets L.D. (Ed.) (2016). *Penitsyli: posibnyk z identyfikatsiyi 132 vydiv (redutsenty, destruktory, patoheny, produtsenty) [Penicillia: guide to identification of 132 species (reducers, destructors, pathogens, producers)]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 08.06.2023

# ОЦІНКА ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ВІД ШКІДНИКІВ ЗА ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

О.О. Фоменко

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)  
e-mail: zachitnik84@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0526-502X

Проаналізовано обсяги внесення інсектицидів у системі захисту багаторічних насаджень за 2019–2021 рр. та визначено ступінь небезпечності їх застосування й потенційний ризик екотоксикологічної небезпеки. Встановлено, що в Україні за рік найбільше вносять препарати на основі діючих речовин: малатіон (2,29 тис. кг), диметоат (1,59 тис.), імідаклоприд (1,49 тис.), пропаргіт (1,49 тис.) і циперметрин (1,11 тис. кг). Найвищий екотоксикологічний ризик визначено для д.р. імідаклоприд, диметоат, альфа-циперметрин, зета-циперметрин, пропаргіт, флупірадіфуран, лямбда-цигалотрин, які входять до складу препаратів Конфідор, в.р.к., Данадим стабільний, КЕ, Бі-58 новий, к.е., Альфагард 100, КЕ, Фастак, к.е., Ф'юрі, в.е., Омайт 57%, ЕВ, Сіванто Прайм 200 SL, РК, Ампліго 150 ZC, ФК, Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с. За сукупністю екотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників до мало небезпечних (С<sub>п</sub> 6–7) належать препарати Бі-58 новий, к.е., Данадим стабільний, КЕ, Калінсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рарід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, КЕ. До небезпечних (3 ступінь) — Ампліго 150 ZC, ФК, Арріво, к.е., Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с., Сіванто Прайм 200 SL, РК, Ф'юрі, в.е. До дуже небезпечних (2 ступінь) — Альфагард 100, КЕ, Протеус 110 OD, о.д., Фастак, к.е. За комплексом характеристик діючих речовин та препаратів на їх основі, показниками екотоксикологічної небезпеки і ступенем небезпечності встановлено, що застосування препаратів Калінсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рарід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, КЕ за дотримання рекомендованих норм внесення становить найменшу потенційну небезпеку для навколишнього природного середовища. Найбільшу небезпеку в агробіоценозах яблуні мають препарати з класу піретроїдів Арріво, к.е., Карате Зеон 050 CS мк.с., Ф'юрі, в.е., Фастак, к.е., а також Альфагард 100, КЕ і Протеус 110 OD, о.д.

**Ключові слова:** агробіоценоз яблуні, пестициди, екологічна небезпека, екотоксикологічний ризик.

## ВСТУП

Хімічні засоби захисту рослин і нині залишаються невід'ємною складовою сучасних агротехнологій, незважаючи на загальновідомі негативні наслідки впливу на людину і навколишнє природне середовище.

Питання використання пестицидів у сільському господарстві і вивчення наслідків впливу пестицидів на природні та агроєкосистеми й здоров'я людей завжди зберігає свою актуальність. Різні екологічні чинники та технологічні прийоми вирощування сільськогосподарських рослин можуть впливати на ефективність і потенційні негативні ефекти хімічних засобів захисту рослин. Тому для зменшення негативного впливу пестицидів на агро-

єкосистеми та прилеглі території, забруднення продукції і здоров'я людей необхідно враховувати потенційні екологічні ризики їх застосування [1–3].

**Мета** — провести екотоксикологічну оцінку інсектицидів та інсектоакарицидів, які використовують у системах захисту яблуневих насаджень в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України, а також визначити ступінь небезпечності їх застосування та потенційний ризик екотоксикологічної небезпеки.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед чинників, які визначають врожайність і якість плодової продукції є вплив біотичних, абіотичних, у т. ч. зміни клімату, й антропогенних чинників, які можуть фор-



мувати сприятливі умови для постійного розмноження та накопичення шкідників, збудників хвороб і бур'янів в агробіоценозах яблуневих насаджень [4; 5]. Сумісний їх вплив за відсутності або несвоєчасного проведення заходів захисту плодових культур може сприяти повній втраті врожаю та погіршення фітосанітарного стану в агро-екосистемах [6–8].

В Україні плодовим насадженням яблуні значних збитків завдають понад 180 видів шкідників. Видовий склад шкідників залежить від віку і фізичного стану дерев яблуні, ґрунтово-кліматичних умов та технологій вирощування [9]. Шкідлива ентомофауна в агробіоценозах яблуневих насаджень представлена великим різноманіттям комах і кліщів-фітофагів, втрати від яких становлять близько 30%, а в періоди спалахів їх розмноження та розвитку епіфітотій хвороб можуть перевищувати 60% [8; 10–12].

Сучасні системи захисту більшості плодових культур від шкідливих організмів базуються на застосуванні препаратів хімічного походження. Їх використання є відносно дешевим та ефективним, але має низку потенційних негативних наслідків для людини і навколишнього природного середовища.

За ретроспективним аналізом джерел літератури, встановлено, що системи захисту насаджень яблуні від комплексу шкідників у попередні десятиліття ґрунтувалися на багаторазовому застосуванні політоксичних пестицидів, що включали 14–16 хімічних обробок за вегетаційний сезон [13]. У таких системах захисту не було враховано істотних змін технологій вирощування культури, погодно-кліматичних умов та таксономічну структуру шкідливого ентомоакарокомплексу в агробіоценозах яблуні. Це сприяло розвитку і загостренню екологічних проблем: забрудненню агроекосистем і природних екосистем залишками діючих речовин пестицидів, появі резистентних популяцій шкідників, втраті біорізноманіття тощо [14; 15].

Навантаження пестицидів на плодові насадження в 2002–2010 рр. становило

38–75 кг/га за сезон, а частка застосування інсектицидів у системах захисту яблуні займала близько 40%. Однак, пошкодження врожаю сягало 10–15% [16, 17]. За даними С.М. Мостов'як із колегами [2] у 2018–2020 рр. обсяг внесених інсектицидів та акарицидів в Україні (загалом) становив 1750,5 тис. кг/рік, і в т. ч. на території Центрального Лісостепу – 279,1 тис. кг/рік, що свідчить про значне хімічне навантаження на агроценози й ґрунти та високий ризик екологічної небезпеки за їх застосування.

Відомо, що на боротьбу зі збудниками хвороб та шкідниками в яблуневих насадженнях щороку витрачається велика кількість пестицидів, проте лише їх незначна частка досягає місць спрямованої дії, тоді як майже 99% потрапляє в ґрунт, водойми, атмосферу і продукцію [18; 19]. Застосування пестицидів призводить до високого рівня забруднення ґрунтів та пригнічення їх біологічної активності, перешкоджає природному відновленню родючості, викликає втрату харчової цінності та смакових якостей продукції, що спричиняє погіршення стану здоров'я населення [1; 20; 21].

Систематичне та тривале застосування пестицидів у плодових насадженнях зумовлює розвиток стійких популяцій шкідників [22; 23], а також відбувається порушення природної біоценотичної регуляції внаслідок загибелі ентомофагів і акарифагів та інших корисних видів-запилювачів [24]. Тобто ефективність пестицидів постійно знижується, навіть за збільшення норм витрат і частоти обробок [15].

Тому вивчення та прогнозування можливих ризиків негативного впливу пестицидів є невід'ємною складовою за впровадження їх у практичну діяльність агрогосподарств різних форм власності [25]. Для зменшення негативної дії пестицидів на довкілля та нецільові об'єкти необхідно оцінити рівень потенційної небезпеки запланованої системи захисту від шкідливих організмів для людини і біоти. Ефективність хімічного захисту визначає токсичність вибраного препарату для шкідливого об'єкта, дотримання оптимальних строків обробки і норм витрати, а також чергуван-

ня пестицидів різних хімічних класів [8; 9; 26; 27].

Сучасна стратегія систем захисту насаджень яблуні має орієнтуватися на екологічне регулювання чисельності шкідливих організмів за максимального використання біологічних засобів, зниження кількості хімічних обробок, вдосконалення асортименту пестицидів та перехід до інтегрованого захисту рослин.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено в Уманському національному університеті садівництва у багаторічних насадженнях яблуні (промисловий сад) навчально-виробничого відділу на території центральної частини Право-

бережного Лісостепу України. Перелік і загальну характеристику досліджуваних хімічних препаратів, які використовували проти шкідливих комах і кліщів-фітофагів у агробіоценозі яблуні впродовж 2006–2020 рр., наведено в *табл. 1*.

Екотоксикологічну оцінку досліджуваних хімічних препаратів здійснювали з використанням методичних підходів Інституту захисту рослин НААН [26; 29]. До того ж, використовували дані паспорта безпеки препаратів і діючої речовини [31] та враховували гігієнічну класифікацію пестицидів за ступенем небезпечності [32] (I – надзвичайно небезпечні, II – небезпечні, III – помірно небезпечні, IV – мало небезпечні).

Ступінь небезпечності (Сн) застосування інсектицидів та інсектоакарицидів

Таблиця 1. Загальна характеристика досліджуваних пестицидів

Комерційна назва препарату	Діюча речовина, її вміст	Норма внесення препарату на 1 га	Норма внесення за діючою речовиною, г/га	Клас небезпечності [28]
Актара 25 WG, в.г.	Тіаметоксам, 250 г/кг	0,14 кг	35,0	III
Альфазард 100, КЕ	Альфа-циперметрин, 100 г/л	0,25 л	25,0	II
Ампліго 150 ЗС, ФК	Хлорантраніліпрол, 100 г/л + Лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,4 л	40,0 + 20,0	II
Арріво, к.е.,	Циперметрин, 250 г/л	0,32 л	80,0	II
Бі-58 новий, к.е.	Диметоат, 400 г/л	2,0 л	800,0	II
Данадим стабільний, КЕ	Диметоат, 400 г/л	2,0 л	800,0	II
Енжіо 247 SC, к.с.	Лямбда-цигалотрин, 106 г/л + Тіаметоксам, 141 г/л	0,18 л	19,1 + 25,4	III
Каліпсо 480 SC к.с.	Тіаклоприд, 480 г/л	0,25 л	120,0	III
Карате Зеон 050 CS мк.с.	Лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,4 л	20,0	II
Конфідор, в.р.к.	Імідаклоприд, 200 г/л	0,25 л	50,0	III
Маврік BE	Тау-флювалінат, 240 г/л	0,6 л	144,0	II
Мовенто 100 SC, КС	Спіротетрамат, 100 г/л	1,75–2,25 л	175,0–225,0	II
Моспілан, р.п.	Ацетаміприд, 200 г/кг	0,5 л	100,0	III
Оберон Рапід 240 SC, КС	Спіромезифен, 228,6 г/л + Абамактин, 11,4 г/л	0,6 л 0,8 л	137,2 + 6,8 182,9 + 9,1	II
Омайт 57%, EB	Пропаргіт, 570 г/л	2,0 л	1140,0	III
Протеус 110 OD, о.д.	Тіаклоприд, 100 г/л + Дельгаметрин, 10 г/л	1,0 л	100,0 + 10,0	III

Комерційна назва препарату	Діюча речовина, її вміст	Норма внесення препарату на 1 га	Норма внесення за діючою речовиною, г/га	Клас небезпечності [28]
Сіванто Прайм 200 SL, РК	Флупірадіфуран, 200 г/л	0,75 л 1,0 л	150,0 200,0	II
Трансформ, ВГ	Сульфоксафлор, 500 г/кг	0,05–0,1кг	25,0–50,0	II
Фастак, к.е.	Альфа-циперметрин, 100 г/л	0,25 л	25,0	II
Ф'юрі, в.е.	Зета-циперметрин, 100 г/л	0,3 л	30,0	II
Фуфанон 570, КЕ	Малатіон, 570 г/л	2,0 л	1140,0	II

визначали за методикою В. Васильєва зі співав. [26; 30], яка враховує показники токсичності пестицидів і їх персистентність. Клас безпеки пестицидів (категорія А) виявляли за показником токсичності препарату ( $LD_{50}$ ), персистентність (категорія Б) — за показником періоду напіврозпаду ( $T_{50}$ ). Ступінь небезпечності (Сн) застосування інсектицидів і акарицидів оцінювали за інтегральною шкалою: I і II — дуже небезпечні; III — небезпечні; IV і V — помірно небезпечні; VI і VII — мало небезпечні.

Оцінку потенційного ризику використання інсектицидів для екосистем проведено за методом М. Мельникова [32]. Методика передбачає визначення екотоксикологічної небезпечності (екотоксу (Е)) з урахуванням норм витрат, персистентності ( $T_{50}$ ) та токсичності препарату ( $LD_{50}$ ) за перорального надходження в організм білих шурів. За одиницю екотоксу прийнято вважати екотоксикологічну небезпеку дихлордифенілтрихлорметилметану (ДДТ) за норми витрат 1 кг/га, персистентності — 312 тижнів та  $LD_{50}$  — 300 мг/кг. Показник екотокс дає змогу порівняти екотоксичність досліджуваної речовини щодо ДДТ та відповідно оцінити відносну небезпеку забруднення навколишнього природного середовища цією речовиною.

У дослідженнях також використано офіційні статистичні дані Державної служби статистики України [30], Міністерства

захисту довкілля та природних ресурсів України [28], Бази даних властивостей пестицидів [30].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Важливе значення для вибору хімічних препаратів у системі захисту рослин від шкідливих організмів має оцінювання їх екологічної і екотоксикологічної небезпеки [2; 6; 10; 20]. З цією метою ми здійснили аналіз 21 хімічного препарату проти шкідників, які були включені в систему захисту яблуні в промисловому саду Уманського національного університету садівництва. Досліджувані препарати за токсикологічними параметрами (гостра пероральна токсичність) згідно з «Гігієнічною класифікацією пестицидів за ступенем небезпечності» [30] належать до другого і третього класу небезпечності (відповідно небезпечні і помірно небезпечні) (див. *табл. 1*).

Найбільше хімічне навантаження на агрофітоценоз відбувається за застосування препаратів Бі-58 новий, Данадим стабільний, Омайт, Фуфанон. Навіть за однократного обприскування рослин цими препаратами вноситься 800 г/га і більше небезпечних хімічних сполук.

За однократного внесення препаратів Омайт і Фуфанон вноситься у 1140,0 г/га діючої речовини пропаргіт і малатіон відповідно. Однак за використання препарату Фуфанон, який належить до другого класу небезпечності, виникнення екологічних

ризиків в агроценозі є вищими, ніж за застосування препарату Омайт.

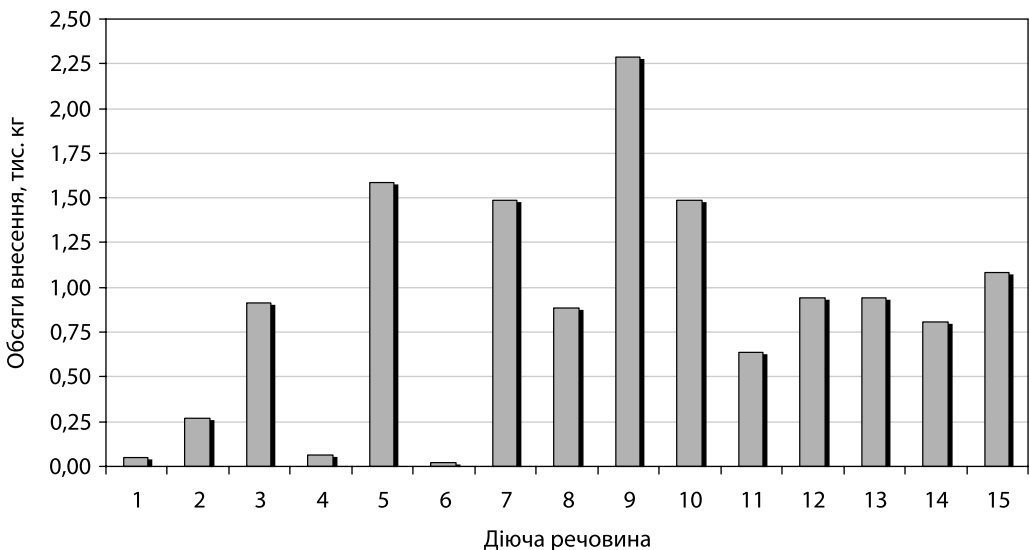
За використання інсектицидів Актара, Альфагард, Енжіо, Карате Зеон Конфідор, Трансформ, Фасток, Ф'юрі в агроценоз вноситься до 50 г/га діючої речовини. Однак серед цих препаратів лише Актара, Енжіо, Конфідор за токсикологічними параметрами є помірно небезпечними (клас небезпечності III), а отже за їх застосування зменшується хімічне навантаження на агроценоз та ймовірність виникнення екологічних ризиків в агроecosystemі.

Для розуміння масштабу потенційної екологічної небезпеки використання інсектицидів було проаналізовано обсяги їх внесення за 2019–2021 рр. Аналіз даних Держстат України засвідчив, що у системі захисту багаторічних насаджень серед досліджених інсектицидів та інсектоакарицидів найбільше вносять препарати на основі діючих речовин: малатіон (2,29 тис. кг), диметоат (1,59 тис.), імідаклоприд (1,49 тис.), пропаргіт (1,49 тис.) і циперметрин (1,11 тис. кг) (рис.). Враховуючи, що пес-

тициди на основі цих діючих речовин у більшості є небезпечними (клас небезпечності II) і їх вносять декілька раз за вегетаційний період, то існує висока ймовірність виникнення екологічних ризиків в агробіоценозах.

Варто відзначити тенденцію до збільшення внесення препаратів із д.р. дельтаметрин, імідаклоприд, лямбда-цигалотрин, малатіон, тіаметоксам і абабектин. Так, наприклад, обсяги внесення препаратів, які містять д.р. абабектин у 2021 р. порівняно з 2019 р. зросли на 65%, тіаметоксам – на 55, імідаклоприд – на 47, дельтаметрин – 35, лямбда-цигалотрин – 30%.

Серед аналізованих хімічних препаратів проти шкідників, які ми досліджували в насадженнях яблуні, більшість є однокомпонентними (17 препаратів або 81%) із діючими речовинами, які належать до 8 хімічних класів: антраніламід, бутеноліди, неонікотиноїди, піретроїди, сульфоксиміни, тетранові кислоти (кетеноли), фосфорорганічні сполуки та інші речовини (табл. 2). Д.р. абабектин, яка є складовою



Обсяг застосованих інсектицидів та інсектоакарицидів за видами діючої речовини під багаторічні культури в Україні [33], середнє за 2019–2021 рр., тис. кг: 1 – абабектин, 2 – альфа-циперметрин, 3 – ацетаміприд, 4 – дельтаметрин, 5 – диметоат, 6 – зета-циперметрин, 7 – імідаклоприд, 8 – лямбда-цигалотрин, 9 – малатіон, 10 – пропаргіт, 11 – тау-флювалінат, 12 – тіаклоприд, 13 – тіаметоксам, 14 – хлорантраніліпрол, 15 – циперметрин

Таблиця 2. Характеристика діючих речовин досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів\*

Діюча речовина	Назва препарату	Стійкість у ґрунті (T <sub>50</sub> ), діб	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг
<i>Антрапіламіди</i>			
Хлорантраніліпрол	Ампліго 150 ЗС, ФК	597	>5000
<i>Бутеноліди</i>			
Флупірадіфуран	Сіванто Прайм 200 SL, РК	57,1	>300
<i>Неонікотиноїди</i>			
Ацетаміпрід	Моспілан, р.п.	1,6	146
Імідаклопрід	Конфідор, в.р.к.	191,0	131
Тіаклопрід	Каліпсо 480 SC к.с., Протеус 110 OD, о.д.	0,88	177
Тіаметоксам	Актара 25 WG, в.г., Енжіо 247 SC, к.с.	50,0	>1563
<i>Піретроїди</i>			
Альфа-циперметрин	Альфагард 100, КЕ, Фастак, к.е.	23,0	40
Дельгаметрин	Протеус 110 OD, о.д.	58,2	87
Зета-циперметрин	Ф'юрі, в.е.	49,0	86
Лямбда-цигалотрин	Ампліго 150 ЗС, ФК, Енжіо 247 SC, к.с., Карате Зеон 050 CS мк.с.	175,0	56
Тау-флювалінат	Маврік ВЕ	4,0	546
Циперметрин	Арріво, к.е.	22,1	287
<i>Сульфоксиміни</i>			
Сульфоксафлор	Трансформ, ВГ	2,2	1000
<i>Тетронові кислоти (кетеноли)</i>			
Спіромезифен	Оберон Рапід 240 SC, КС	4,1	>2000
Спіротетрамат	Мовенто 100 SC, КС	0,19	>2000
<i>Фосфорорганічні сполуки</i>			
Диметоат	Бі-58 новий, к.е., Данадим стабільний, КЕ	2,5	245
Малатіон	Фуфанон 570, КЕ	0,17	1778
<i>Інші речовини</i>			
Пропаргіт	Омайт 57%, ЕВ	56	2639

Примітка: \*сформовано автором за даними [30].

препарату Оберон Рапід, належить до класу авермектини (біологічні пестициди).

Слід зазначити, що серед досліджуваних препаратів були такі, які недавно з'явилися на ринку України. Вони є інноваційними розробками у сфері захисту рослин від

шкідливих організмів на основі діючих речовин нових хімічних класів. Зокрема, д.р. флупірадіфуран належить до нового хімічного класу бутенолідів, які характеризуються поліпшеними екологічним, а також токсикологічним профілем та без-



печніші для корисних природних хижаків і комах-запилювачів. Д.р. спіромезифен і спіротетрамат представляють новий хімічний клас тетронові кислоти (кетеноли) і також за показниками  $T_{50}$  і  $LD_{50}$  характеризуються як нестійкі і швидко розкладаються в агроценозах. Це робить препарати на основі цих речовин більш перспективними та конкурентоспроможними серед інших пестицидів у сільськогосподарському використанні [33], але їм потребує додаткових досліджень у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

За показником періоду напіврозпаду у ґрунті більшість (83%) діючих речовин досліджуваних препаратів проти шкідників є не стійкими ( $T_{50} < 30$  діб) і помірно стійкими ( $T_{50}$  49–58,2 діб) – 55 і 28% відповідно (див. *табл. 2*). До стійких належать д.р. імідаклоприд і лямбда-цигалотрин, період напіврозпаду яких становить 191 і 175 діб відповідно. Ці хімічні сполуки входять до складу препаратів Конфідор, Ампліго, Енжіо, Карате Зеон і можуть зберігатися у ґрунті більше року, тобто мають пролонговану потенційну небезпеку. Дуже стійка з періодом напіврозпаду у ґрунті  $T_{50}$  597 діб є д.р. хлорантраніліпрол – складова препарату Ампліго.

Аналіз показника  $LD_{50}$  показав, що 56% діючих речовин досліджуваних препаратів є помірно небезпечними (III клас). До них належать д.р. ацетаміприд, диметоат, імідаклоприд, малатіон, сульфоксафлор тау-флювалінат, тіаметоксам, тіаклоприд, флупірадіфуран, циперметрин.

Лише чотири діючі речовини (хлорантраніліпрол, спіромезифен, спіротетрамат, пропаргіт) з  $LD_{50} > 2000$  мг/кг є мало небезпечними і віднесено до IV класу. Відповідно ці хімічні сполуки є важливою складовою препаратів Ампліго, Оберон Рапід, Мовенто і Омайт.

Найбільш токсичними, а отже небезпечними (II клас) є хімічні речовини з класу піретроїди. Це д.р. дельтаметрин, лямбда-цигалотрин, альфа-циперметрин і зета-циперметрин, для яких значення показника  $LD_{50}$  знаходились у межах 40–87 мг/кг. Надмірне або неправильне засто-

сування препаратів на їх основі може спричинити негативний вплив на агробіоценоз, у т. ч. нецільові об'єкти, так і небезпеку для здоров'я людини, яка з ними працює або вживає сільськогосподарську продукцію, що містить залишки пестицидів.

Отже, відмова від застосування інсектицидів із високою токсичністю та великими нормами витрати й використання препаратів нового покоління з низькими показниками екоотоксичності й малими нормами витрати дає змогу зменшити хімічне навантаження на агроценоз. Зокрема, особлива увага має бути приділена інсектицидам із хімічного класу піретроїдів, неонікотиноїдів, фосфорорганічних сполук, яким властиві висока токсичність і стійкість у об'єктах навколишнього природного середовища.

Для визначення потенційного ризику використання досліджуваних пестицидів було виявлено їх екоотоксикологічну небезпечність (E) та відповідно ранжовано. Результати досліджень показали, що екоотоксикологічна небезпечність досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів для агроценозів яблуні на 2–6 порядків нижча, ніж ДДТ (*табл. 3*).

За значенням величини екотоксу виявлено, що екоотоксикологічний ризик від застосування препаратів на основі д.р. малатіон, сульфоксафлор, спіромезифен, тіаклоприд, спіротетрамат є найменшим. Ці діючі речовини входять до складу препаратів Фуфанон, Трансформ, Оберон Рапід, Каліпсо, Протеус, Мовенто.

На противагу, препарати з д.р. імідаклоприд, диметоат, альфа-циперметрин, зета-циперметрин, пропаргіт, флупірадіфуран, лямбда-цигалотрин мають найвищі показники екоотоксикологічної небезпеки. Ці діючі речовини входять до складу препаратів Конфідор, Данадим стабільний, Бі-58 новий, Альфагард, Фастак, Ф'юрі, Омайт, Сіванто Прайм, Ампліго, Енжіо, Карате Зеон.

Також було проведено оцінювання ступеня небезпечності ( $S_n$ ) застосування досліджуваних інсектицидів та інсектоакарицидів. За показником токсичності пре-

Таблиця 3. Порівняльна екотоксикологічна небезпечність інсектицидів та інсектоакарацидів за показником екотоксусу діючої речовини

Діюча речовина	Екотокс	Ранг за екотоксикологічною небезпечністю
Імідаклоприд	$1,0 \times 10^{-2}$	1
Диметоат	$1,2 \times 10^{-3}$	2
Альфа-циперметрин	$2,1 \times 10^{-3}$	3
Зета-циперметрин	$2,4 \times 10^{-3}$	4
Пропаргіт	$3,5 \times 10^{-3}$	5
Флупірадіфуран	$5,4 \times 10^{-3}$	6
Лямбда-цигалотрин	$8,9 \times 10^{-3}$	7
Тау-флювалінат	$1,5 \times 10^{-4}$	8
Тіаметоксам	$1,6 \times 10^{-4}$	9
Ацетаміпрід	$1,6 \times 10^{-4}$	9
Хлорантраніліпрол	$6,8 \times 10^{-4}$	10
Циперметрин	$8,8 \times 10^{-4}$	11
Дельтаметрин	$9,6 \times 10^{-4}$	12
Малатіон	$1,3 \times 10^{-5}$	13
Сульфоксафлор	$1,6 \times 10^{-5}$	14
Спіромезифен	$4,0 \times 10^{-5}$	15
Тіаклоприд	$8,8 \times 10^{-5}$	16
Спіротетрамат	$3,4 \times 10^{-6}$	17

Таблиця 4. Ступінь небезпечності ( $C_n$ ) застосування пестицидів проти шкідників

Препарат	Клас небезпечності		$C_n$	Інтегральний ступінь небезпечності пестицидів
	КА	КБ		
Актара 25 WG, в.г.	IV	I	4	Помірно небезпечний
Альфагард 100, KE	I	I	1	Дуже небезпечний
Ампліго 150 ZC, ФК	III	I	3	Небезпечний
Арріво, к.е.	III	I	3	Небезпечний
Бі-58 новий, к.е.	III	IV	6	Мало небезпечний
Данадим стабільний, KE	III	IV	6	Мало небезпечний
Енжіо 247 SC, к.с.	III	I	3	Небезпечний
Каліпсо 480 SC к.с.	III	IV	6	Мало небезпечний
Карате Зеон 050 CS мк.с.	III	I	3	Небезпечний
Конфідор, в.р.к.	IV	I	4	Помірно небезпечний
Маврік BE	IV	I	4	Помірно небезпечний
Мовенто 100 SC, KC	IV	IV	7	Мало небезпечний
Моспілан, р.п.	II	IV	5	Помірно небезпечний
Оберон Рапід 240 SC, KC	IV	III	7	Мало небезпечний
Омайт 57%, EB	IV	I	4	Помірно небезпечний
Протеус 110 OD, о.д.	III	I	2	Дуже небезпечний
Сіванто Прайм 200 SL, PK	IV	I	3	Небезпечний
Трансформ, ВГ	IV	IV	7	Мало небезпечний
Фастак, к.е.	I	I	1	Дуже небезпечний
Ф'юрі, в.е.	III	I	3	Небезпечний
Фуфанон 570, KE	IV	IV	7	Мало небезпечний

парату ( $LD_{50}$ ) належить клас небезпечно-сті А (КА). Як свідчать дані *табл. 4*, більшість досліджуваних засобів захисту рослин проти шкідників відносяться до помірно і малотоксичних речовин. До високонебезпечних препаратів належить інсектицид Моспілан із показником  $LD_{50}$  146 мг/кг. Дуже небезпечними пестицидами є Альфагард і Фастак —  $LD_{50}$  40 мг/кг.

Клас безпеки пестицидів категорії Б визначають за показником персистентності, біокумуляції в об'єктах навколишнього природного середовища, фітотоксичної дії тощо. Як основний критерій безпеки у цій категорії використовують показник періоду напіврозпаду ( $T_{50}$ ). Аналіз досліджуваних пестицидів за цим критерієм показав, що більшість препаратів (62%) є високотійкими хімічними сполуками з періодом напіврозпаду у ґрунті 22–191 діб.

До малостійких препаратів, які повністю розкладаються у ґрунті впродовж 3-х діб, належать Бі-58 новий, Данадим стабільний, Каліпсо, Мовенто, Моспілан, Трансформ, Фуфанон.

Ступінь небезпечності ( $C_n$ ) досліджуваних препаратів наведено в *табл. 4*. До мало небезпечних (VI–VII ступінь небезпечності) належать препарати Бі-58 новий, Данадим стабільний, Каліпсо, Мовенто, Оберон Рапід, Трансформ, Фуфанон.

За сукупністю екоотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників до небез-

печних (III ступінь) віднесено пестициди Ампліго, Арріво, Енжіо, Карате Зеон, Сіванто Прайм, Ф'юрі, до дуже небезпечних (II ступінь) — Альфагард, Протеус, Фастак.

## ВИСНОВКИ

За результатами аналізу характеристик діючих речовин та препаратів на їх основі за показниками екоотоксикологічної небезпечності (E) і ступенем небезпечності (C<sub>n</sub>), а також з урахуванням екоотоксикологічних і санітарно-гігієнічних показників, встановлено, що застосування препаратів Каліпсо 480 SC к.с., Мовенто 100 SC, КС, Оберон Рапід 240 SC, КС, Трансформ, ВГ, Фуфанон 570, KE із дотриманням рекомендованих норм внесення становить найменшу потенційну небезпеку в агробіоценозах яблуні. Натомість найбільшу небезпеку мають препарати з класу піретроїдів Арріво, к.е., Карате Зеон 050 CS мк.с., Ф'юрі, в.е., Фастак, к.е., а також Альфагард 100, KE і Протеус 110 OD, о.д. Ці препарати є високотоксичними і повільно розкладаються в агробіоценозах і ґрунтах. Ці хімічні препарати для захисту рослин від шкідників необхідно обмежити у застосуванні для зменшення хімічного навантаження на агробіоценоз плодкових культур. Їх використання потребує детальнішої регламентації, нормування та контролю.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Tudi M., Ruan H.D., Wang L. et al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021. Vol. 18 (3). 1112.
2. Мостов'як С.М., Мостов'як І.І., Борзих О.І., Федоренко В.П. Екоотоксикологічна оцінка застосування хімічних засобів захисту рослин від шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2022. № 3. С. 3–10.
3. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С. Чинники деградації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812>.
4. Musacchi S. and Serra S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 234. P. 409–430.
5. Кравець І.С., Адаменко Д.М. Шкідливий ентомоакарикомплекс промислових насаджень яблуні в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 85. С. 29–34.
6. Черній А.М. Проблеми фітосанітарного оздоровлення агроекосистеми плодового саду. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 482–499.
7. Holb I.J., Abonyi F., Vuurma J. and Heijne B. On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop. Protection*. 2017. Vol. 97. P. 109–118.
8. Інтегрований захист плодкових культур: навч. посібн. / за ред. Ю.П. Яновського. Київ: Фенікс, 2015. 646 с.
9. Захист яблуневих садів від шкідників та хвороб: реком. / за ред. В.П. Федоренко та ін. Київ: Колодир, 2011. 32 с.

10. Гунчак М.В. Складова екологізації хімічного захисту яблуневих насаджень. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 94–99.
11. Boesten J.J. From laboratory to field: uses and limitations of pesticide behavior models for the soil/plan system. *Weed Res.* 2000. Vol. 40. P. 27–49.
12. Falavigna V., Porto D., Miotto Y. et al. Evolutionary diversification of galactinol synthases in Rosaceae: adaptive roles of galactinol and raffinose during apple bud dormancy. *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69(5). P. 1247–1259.
13. Лапа О.М., Дрозда В.Ф., Розова Л.В. та ін. Захист зерняткових садів: практ. реком. Київ, 2014. 101 с.
14. Sanchez-Bayo F. and Wyckhuys K.A.G. Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*. 2021. Vol. 60 (1). P. 9–26.
15. Sharma A., Kumar V., Shahzad B. et al. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Appl. Sci.* 2019. Vol. 1. P. 1446.
16. Баликіна О.Б., Трикоз Н.М., Ягодінська Л.П. Сучасні системи захисту зерняткових плодкових культур від шкідників та хвороб в умовах Криму. *Захист і карантин рослин*. 2006. Вип. 52. С. 333–342.
17. Баликіна О., Черній А. Системи захисту яблуневих садів різного віку від шкідників у Криму. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 31–41.
18. Bernardes M.F.F., Pazin M., Pereira L.C. and Dorta D.J. Toxicology Studies — Cells, Drugs and Environment. IntechOpen; London, UK. *Impact of Pesticides on Environmental and Human Health*. 2015. P. 195–233.
19. Dhuldhaj U.P., Singh R. and Singh V.K. Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023. Vol. 30. P. 9243–9270.
20. Борзих О.І., Бублик Л.І., Гаврилюк Л.Л. Екотоксикологічні параметри безпечного застосування та адаптації хімічних систем захисту яблуні від шкідливих організмів до ґрунтово-кліматичних умов Передкарпатської провінції Карпатської гірської зони України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 42–72.
21. Pathak V.M., Verma V.K., Rawat B.S. et al. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13. 962619.
22. Ju D., Mota-Sanchez D., Fuentes-Contreras E. et al. Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L.): Global status, mechanisms, and research directions. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2021. Vol. 178. e104925.
23. Bass C., Denholm I., Williamson M.S. and Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2015. Vol. 121. P. 78–87.
24. Baskar K., Sudha V. and Jayakumar M. Effect of pesticides on pollinators. *MOJ Ecol Environ. Sci.* 2017. Vol. 2 (8). 00052.
25. Ткаченко І., Антоненко А. Оцінка ризику та прогнозування можливості виникнення гострих токсичних ефектів у працівників при роботі з препаратом Оберон Рапід 240 SC, КС. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2021. № 4 (127). С. 124–128.
26. Стратегія і тактика захисту рослин. Т. 1. Стратегія / за ред. В.П. Федоренка. Київ: Альфа-Стевія, 2012. С. 417–435.
27. Дем'янюк О.С., Шацман Д.О. Агроекологічна та економічна оцінка застосування ґрунтових і страхових гербіцидів при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147>.
28. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://merp.gov.ua/>.
29. Бублик Л.І., Гаврилюк Л.Л. Методи моніторингу та контролю залишків пестицидів в агроценозах. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 53–66.
30. Pesticide Properties Data Base. URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>.
31. ДСанПІН 8.8.1.002-98. Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності [Чинний від 1998–08–28]. Т. 9. Ч. 1. Київ, 2000. С. 249–266.
32. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
33. Ткаченко І.В. Гігієнічна оцінка потенційної еко-токсикологічної небезпечності застосування нового інсектициду спіромезифену у сільському господарстві України. *Довкілля і здоров'я*. 2021. № 4. С. 62–68.

## REFERENCES

1. Tudi, M., Ruan, H.D., Wang, L. et al. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (3), 1112 [in English].
2. Mostoviak, S.M., Mostoviak, I.I., Borzykh, O.I. & Fedorenko, V.P. (2022). Ekotoksikologichna otsinka zastosuvannya khimichnykh zasobiv zakhystu roslin vid shkidnykiv [Ecotoxicological assessment of the use of chemical plant protection agents against pests]. *Karantyn i zakhyst roslin – Quarantine and plant protection*, 3, 3–10 [in Ukrainian].
3. Mostoviak, I.I. & Demyanyuk, O.S. (2020). Chynnyky destabilizatsii fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv zernovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Factors of destabilization of the phytosanitary state of agrocenoses of grain crops in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature management*, 2, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812> [in Ukrainian].
4. Musacchi, S. & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430 [in English].

5. Kravets, I.S. & Adamenko, D.M. (2014). Shkidlyvyi entomoakarykompleks promyslovykh nasadzhennya yabluni v Lisostepu [Harmful entomocary complex of industrial planting of apple trees in Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva — Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 85, 29–34 [in Ukrainian].
6. Chernii, A.M. (2014). Problemy fitosanitarnoho ozdovlennia ahroekosystemy plodovoho sadu [Problems of phytosanitary rehabilitation of the agroecosystem of the orchard]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 60, 482–499 [in Ukrainian].
7. Holb, I.J., Abonyi, F., Buurma, J. & Heijne, B. (2017). On-farm and on-station evaluations of three orchard management approaches against apple scab and apple powdery mildew. *Crop Protection*, 97, 109–118 [in English].
8. Yanovskiy, Yu.P. (Ed.). (2015). *Intehrovanyi zakhyst plodovykh kultur: navchalnyi posibnyk [Integrated protection of fruit crops: a study guide]*. Kyiv: Feniks [in Ukrainian].
9. Fedorenko, V.P. (Ed.). (2011). *Zakhyst yablunevykh sadiv vid shkidnykiv ta khvorob. Rekomendatsii [Protection of apple orchards from pests and diseases. Recommendations]*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian].
10. Hunchak, M.V. (2016). Skladova ekolohizatsii khimichnoho zakhystu yablunevykh nasadzhennya [Component of greening of chemical protection of apple orchards]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 62, 94–99 [in Ukrainian].
11. Boesten, J.J. (2000). From laboratory to field: uses and limitations of pesticide behavior models for the soil/plan system. *Weed Res.*, 40, 27–49 [in English].
12. Falavigna, V., Porto, D., Miotto, Y. et al. (2018). Evolutionary diversification of galactinol synthases in Rosaceae: adaptive roles of galactinol and raffinose during apple bud dormancy. *Journal of Experimental Botany*, 69 (5), 1247–1259 [in English].
13. Lapa, O.M., Drozda, V.F., Rozova, L.V. et al. (2014). *Zakhyst zerniatkovykh sadiv: praktichni rekomendatsii [Protection of seed gardens: practical recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Sanchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.G. (2021). Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*, 60 (1), 9–26 [in English].
15. Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B. et al. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN. Appl. Sci.*, 1, 1446 [in English].
16. Balykina, O.B., Trykoz, N.M. & Yahodynska, L.P. (2006). Suchasni systemy zakhystu zerniatkovykh plodovykh kultur vid shkidnykiv ta khvorob v umovakh Krymu [Modern systems of protection of grain fruit crops from pests and diseases in Crimea]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 52, 333–342 [in Ukrainian].
17. Balykina, O. & Chernii, A. (2016). Systemy zakhystu yablunevykh sadiv riznogo viku vid shkidnykiv u Krymu [Systems of protection of apple orchards of different ages from pests in the Crimea]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 62, 31–41 [in Ukrainian].
18. Bernardes, M.F.F., Pazin, M., Pereira, L.C. & Dorta, D.J. (2015). Toxicology Studies — Cells, Drugs and Environment. IntechOpen; London, UK. *Impact of Pesticides on Environmental and Human Health*, 195–233 [in English].
19. Dhuldhaj, U.P., Singh, R. & Singh, V.K. (2023). Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environ Sci. Pollut. Res.*, 30, 9243–9270 [in English].
20. Borzykh, O.I., Bubyk, L.I. & Havryliuk, L.L. (2021). Ekotoksikolohichni parametry bezpechnoho zastovuvannia ta adaptatsii khimichnykh system zakhystu yabluni vid shkidlyvykh orhanizmiv do gruntovo-klimatychnykh umov Peredkarpatskoi provintsii Karpatskoi hirskei zony Ukrainy [Ecotoxicological parameters of safe application and adaptation of chemical systems for the protection of apple trees from harmful organisms to the soil and climatic conditions of the Precarpathian Province of the Carpathian Mountain Zone of Ukraine]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Plant protection and quarantine*, 67, 42–72 [in Ukrainian].
21. Pathak, V.M., Verma, V.K., Rawat, B.S. et al. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol.*, 13, 962619 [in English].
22. Ju, D., Mota-Sanchez, D., Fuentes-Contreras, E. et al. (2021). Insecticide resistance in the *Cydia pomonella* (L.): Global status, mechanisms, and research directions. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 178, e104925 [in English].
23. Bass, C., Denholm, I., Williamson, M.S. & Nauen, R. (2015). The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 121, 78–87 [in English].
24. Baskar, K., Sudha, V. & Jayakumar, M. (2017). Effect of pesticides on pollinators. *MOJ Ecol. Environ. Sci.*, 2 (8), 00052 [in English].
25. Tkachenko, I. & Antonenko, A. (2021). Otsinka ryzyku ta prohnozuvannia mozhlyvosti vynyknennia hostrykh toksychnykh efektiv u pratsivnykiv pry roboti z preparatom Oberon Rapid 240 SC, KC [Risk assessment and prediction of the possibility of acute toxic effects on workers when applying Oberon Rapid 240 SC, KC]. *Ukrainskyi naukovo-medychnyi molodizhnyi zhurnal — Ukrainian scientific medical youth journal*, 4 (127), 124–128 [in Ukrainian].
26. Fedorenko, V.P. (Ed.). (2012). *Stratehiia i taktyka zakhystu roslyn [Strategy and tactics of plant protection]*. (Vol. 1). Kyiv [in Ukrainian].
27. Demyanyuk, O.S. & Shatsman, D.O. (2019). Ahroekolohichna ta ekonomichna otsinka zastovuvannia gruntovykh i strakhovykh herbitsydiv pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v umovakh Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Agroecological and economic assessment of the application of soil and post emergent herbicides in the cultivation of corn for grain in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 2, 57–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147> [in Ukrainian].



28. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State list of pesticides and agrochemicals authorized for use in Ukraine]. (n.d.). URL: <https://mepr.gov.ua/> [in Ukrainian].
29. Bublik, L.I. & Gavryliuk, L.L. (2014). Metody monitorynhu ta kontroliu zalyshkiv pestytsydiv v ahrotse- nozakh [Methods for monitoring and control of pes- ticide residues in agrocenoses]. *Zakhyst i karantyn Roslyn – Plant protection and quarantine*, 60, 53–66 [in Ukrainian].
30. Pesticide Properties Data Base. (n.d.). URL: [http:// sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/](http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/) [in English].
31. Pestytsydy. Klasyfikatsiia za stupenem nebezpech- nosti [Pesticides. Classification by degree of danger: approved]. (2000). *DSanPIN 8.8.1.002-98 from 28<sup>th</sup> August 1998*. Kyiv [in Ukrainian].
32. Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). URL: [http://ukrstat.gov. ua](http://ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
33. Tkachenko, I.V. (2021). Hihienichna otsinka poten- tsiinoi ekotoksykologichnoi nebezpechnosti zastosu- vannia novoho insektytydyu spiromezifenu u silskomu gospodarstvi Ukrainy [Hygienic assessment of poten- tial ecotoxicological risk of the use of new insecticide spiromesifen in agriculture of Ukraine]. *Dovkillia i zdorov'ia – Environment & Health*, 4, 62–68 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.05.2023

---

## ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ РІПАКУ ОЗИМОГО (*BRASSICA NAPUS L. OLEIFERA*)

О.С. Забарний

Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: [zabarnyu@ukr.net](mailto:zabarnyu@ukr.net); ORCID: 0009-0007-3337-9386

Висвітлено вплив норм висіву на ріст, розвиток та формування насінневої продуктивності гібридів ріпаку озимого Панчер і Фенцер. Проведено структурний аналіз та порівняння показників індивідуального стану рослин за рекомендованій виробником норми висіву ріпаку озимого 500 тис. шт./га насінин і зниженими нормами — 400, 300 та 200 тис. шт./га, що моделюють можливе випадання рослин у посіві за осінньо-зимовий період. Відмічено, що за норми висіву 500 тис. шт./га перед входом у зиму (ВВСН 15–18) діаметр кореневої шийки гібридів становив 0,82–0,84 см, а висота точки над рівнем ґрунту — 2,18–2,35 см. На варіанті з нормою висіву 200 тис. шт./га діаметр кореневої шийки у гібрида Панчер збільшився до 1,13 см, а у гібрида Фенцер — 1,11 см, при цьому висота точки росту над рівнем ґрунту у гібридів була на рівні 1,77–1,88 см. У передзбиральний період (ВВСН 93–95) висота рослин ріпаку озимого була не однаковою, і значною мірою залежала від норми висіву, тобто чим більша кількість рослин була на метрі квадратному, тим вищими вони були. Так, за норми висіву 500 тис. шт./га насінин середня висота рослин ріпаку озимого Панчер становила 167 см, тоді як у гібрида Фенцер — 173 см. За зниження норми висіву до 200 тис. шт./га висота рослин зменшилась до 156 см у гібрида Панчер та до 168 см у гібрида Фенцер. За рекомендованих норм висіву ріпаку озимого (500 тис. шт./га) кількість гілок у гібридів становила 6–7 шт./рослину, кількість стручків — 328–386 шт./рослину, а маса 1000 насінин — 2,97–3,15 г. Урожайність гібрида Панчер на цьому варіанті становила 4,37 т/га, тоді як у гібрида Фенцер — 4,55 т/га. Відмічено, що зниження норми висіву до 400 і 300 тис. шт./га не істотно зменшувало урожайність гібридів. Однак вже за норми висіву 200 тис. шт./га зниження врожайності у гібридів було більш істотним і становило 0,68–0,75 т/га за урожайності 3,62–3,87 т/га.

**Ключові слова:** гібрид, норма висіву, густина, висота, діаметр кореневої шийки, структурний аналіз, урожайність.

### ВСТУП

Ріпаківництво ще недостатньо досліджена галузь в аграрному виробництві, проте Україна володіє значною кількістю переваг для успішного виробництва ріпаку озимого — багаті ґрунти, сприятливі погоднокліматичні умови, високий потенціал урожайності цієї культури.

Сучасна технологія вирощування ріпаку озимого має свої особливості, вона може відрізнитися залежно від умов та зони вирощування, а також — свої технологічні аспекти, що впливають на формування продуктивності ріпаку тощо. Чимало дискусійних повідомлень зустрічається щодо норм висіву ріпаку озимого.

Доволі часто в період посіву ріпаку озимого можна спостерігати жарку та посушливу погоду. І тому якась частина насіння може не зійти. В осінньо-зимовий період посіву ріпаку озимого також можуть частково випадати через негативний вплив хвороб, комах, мишовидних гризунів, вимерзання та випрівання. Тому **поштоvhом для написання цієї статті** була необхідність на практиці виявити межу тієї кількості рослин у посіві, при якій забезпечується висока насіннева продуктивність ріпаку озимого та загалом рентабельність виробництва.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За результатами аналізу рівня продовольчої безпеки було встановлено, що

Україна має всі можливості не лише для забезпечення продовольчої безпеки на внутрішньому ринку, але й може вплинути на її посилення на світовому рівні [1]. Важливу роль у цьому відіграє експорт насіння ріпаку та продуктів його переробки.

Одним із нагальних та пріоритетних питань галузі насінництва за вирощування нових інтенсивних сортів та гібридів ріпаку озимого, за різних режимів живлення у різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах є пошук оптимальних норм висіву. Вони і є так званим рушієм у технології вирощування ріпаку озимого та головним аспектом за формування сталої і високої врожайності та якості продукції. Пошук найкращих варіантів норм висіву вимагає врахування й інших чинників: ґрунтово-кліматичні умови, строки висіву, обробіток ґрунту, агротехніка посіву та характеристика гібридів або сортів ріпаку озимого [2].

Густота рослин на полі має прямий вплив на розвиток кореневої системи та винесення точки росту, а це, своєю чергою, впливає на перезимівлю й зимостійкість рослин ріпаку озимого.

Хоча у науковій літературі зустрічається чимало досліджень стосовно норм висіву, однак ще є дискусійні питання, які потребують подальшого досліджень. Відомо, що для оптимального росту і розвитку рослини потребують достатню кількість поживних речовин та води, щоб сформувати добру вегетативну масу і забезпечити врожайність насіння. Однак загальновідомо, що як зрідження, так і загущення посівів негативно впливає на формування врожайності ріпаку озимого [3].

Загущення посівів ріпаку озимого призводить до нестачі світла для рослин, внаслідок чого багато рослин, або їх частин гинуть, а ті що залишилися утворюють невиповнене щупле насіння. А це впливає як на показники врожайності, так і на показники якості насіння. Крім того, рослини ріпаку витягуються, стають вразливіші до пошкоджень шкідниками, хворобами і не здатні конкурувати за чинники життя із бур'янами. До того ж, деякі науковці стверджують, що при цьому насіння втра-

чає свої характеристики: енергію проростання, схожість, вирівняність, а в кінцево-му підсумку врожайність.

За висновками закордонних та вітчизняних науковців, норму висіву насіння ріпаку озимого можна знизити за умов високої агротехніки й сприятливих гідротермічних умовах. А при безплужному обробітку рекомендовано навпаки збільшити норму висіву. Також підвищують норму висіву при пізніх строках сівби, і зменшують на ранніх посівах [4; 5].

У Німеччині (Н. Маковські) оптимальною вважається норма висіву ріпаку 60–80 схожих насінин на 1 м<sup>2</sup>. Цієї самої думки дотримуються і спеціалісти компанії «NPZ (Lembke)», мотивуючи доволі низькі норми висіву зниженням зимостійкості на загущених посівах та високими витратами на насіннєвий матеріал. Водночас вони запропонували в умовах України дещо збільшувати норму висіву у разі перенесення термінів сівби ріпаку. Водночас не рекомендовано висівати більш як 5,0–5,5 кг/га насіння, через те що у разі раннього висівання посилюється загроза передчасного стеблуння, а пізнього — виникає ризик зниження зимостійкості рослин [6].

Норми висіву впливали на стан рослин перед входом у зиму і їх перезимівлю. Частка рослин, що перезимували переважала за першого строку сівби і залежно від норми висіву була: у сорту Антарія 65,1–67,1%, у сорту Сенатор люкс 63,9–68,1, у сорту Анна 63,3–67,3, у сорту Черемош 63,4–66,5% [7].

Ріпак здатен вирішити одночасно декілька важливих проблем сільського господарства, а саме забезпечення населення олією, а тваринництво високоякісним білком. Зростання площ посівів ріпаку озимого спричинено зростанням попиту цієї культури на ринку. Швидка активізація попиту на ріпак озимий передусім зумовлена розвитком альтернативної біоенергетики [8].

За твердженням Сахненка В.В. на посівах ріпаку озимого оптимальною вважається густота після перезимівлі для сортів 60–80 рослин на квадратному метрі, а для

гібридів 35–45 рослин. Тому щоб отримати задану густоту посіву автором рекомендовано висівати сорти 1,0–1,2 млн, а гібриди 450–500 тис. схожих насінин на гектар [9].

Як стверджують аграрії, для іноземної селекції норма висіву ріпаку озимого залежить також від сорту або гібрида та становить 0,4–0,7 млн схожих насінин/га, а для вітчизняних — 0,6–1,0 млн схожих насінин/га. Глибина загортання насіння при вологому ґрунті — 1,5–2 см, при сухому верхньому шарі — до 3 см. На легких ґрунтах насіння загортають на глибину 2,5–3,0 см, на важких — 1,5–2,0 см [9].

Підвищення норми висіву призводить до витягування центральної частини стебла. Це негативний момент для тих регіонів, у яких присутній високий ризик вимерзання, тому на таких місцевостях рекомендовано знижувати норми висіву ріпаку озимого.

Насамперед, за посіву ріпаку озимого варто зважати на підбір оптимальної норми висіву і на основні чинники, що впливають на неї. Найбільший вплив на норми висіву мають якісні показники посівного матеріалу, строки посіву, місце та умови посіву, агротехніку, яку використовують, погодні умови й сортодобір. Формування точки росту восени та розвиток кореневої системи залежить від густоти стояння рослин. Саме густина впливає на показник перезимівлі рослин та на їх продуктивність [10–12].

Більшість науковців дійшли висновку, що оптимальною нормою висіву ріпаку озимого є близько 80–100 схожих насінин на квадратному метрі для сорту та 40–60 насінин для гібрида. Значну частку впливу на норму висіву має сортотип. Таким чином норму висіву на 20–30% можна знизити для гібридів. Ріпак озимий культура досить пластична і при сильному загущенні він може самозріждуватися.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічним та теоретичним фундаментом для досліджень є загальнонау-

кові та спеціальні методи, з використанням принципів і заходів оптимізації технології вирощування ріпаку озимого, за різних норм висіву насіння. В процесі роботи було використано такі методи: *польові* — для спостереження за процесами росту і розвитку рослин, за умовами навколишнього середовища та іншими досліджуваними чинниками; *візуальні* — для проведення визначень фенологічних фаз та спостережень за ростом і розвитком рослин; для узагальнення та обробки отриманих даних використовували *розрахункові* й *обчислювальні методи*.

Об'єктом досліджень були гібриди ріпаку озимого Панчер і Фенцер.

Панчер — гібрид середньої групи стиглості. Він має високу пластичність до регіонів вирощування, добре розвивається з осені, має добру зимостійкість та рано відновлює свою вегетацію навесні, що дає можливість йому використовувати вологу, накопичену за осінньо-зимовий період. Гібрид демонструє високі показники врожайності як за адаптивних, так і за інтенсивних технологій. Має високу стійкість до посухи та розтріскування стручків. Дата реєстрації в Україні — 2015 р.

Фенцер — гібрид пізньої групи стиглості. Придатний для посіву в оптимальні та пізні строки. Вирізняється доброю морозо- та зимостійкістю. Має пролонговане та дружне цвітіння, що дає можливість утворювати велику кількість стручків. Здатний формувати максимальну врожайність на високих агрофонах, а також стійкість до вилягання. Гібрид не витримує загущених посівів, оскільки добре гілкується. Дата реєстрації в Україні — 2015 р.

Гібриди ріпаку озимого висівали згідно зі схемою досліджень із нормами 500 (контроль), 400, 300 та 200 тис. шт./га схожих насінин.

Дослідження здійснювались в умовах Вінниччини у господарстві ПрАТ «Вищеольчедаївське». За кліматичним районуванням України, Вінницька обл. розміщується в західному кліматичному районі лісостепової зони. За термічним режимом і режимом зволоження клімат місцевості розміщення

дослідних ділянок помірно континентальний із м'якою зимою та теплим вологим літом. Циркуляційні процеси пов'язані із західним перенесенням повітряних мас, проходженням циклонів і антициклонів та відрізняються сезонними змінами. Загалом панує континентальне помірне повітря, яке приносить суху погоду. Ділянка, де проводились дослідження, представлена сірими лісовими ґрунтами. Вони мають легкий середньосуглинковий гранулометричний склад. Вміст гумусу в ґрунтах середній (на рівні 2,2%), забезпеченість фосфором становить 19,5 мг-екв на 100 г ґрунту, досить висока, а калієм порівно низька — 9,6 мг-екв на 100 г ґрунту. Гідролітична кислотність на рівні 4,6, а сума ввібраних основ 15,2 мг-екв на 100 г ґрунту.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що розвиток ріпаку озимого залежить значною мірою від оптимізації густоти стояння рослин. Для прикладу, за складних умов сівби або пізнього посіву існує вірогідність розвитку лише 7–8 листків. А от оптимальних умов раннього посіву ріпаку озимий може сформувати до 12 листків іноді й більше. У такому випадку необхідно попередити надмірний ріст рослин.

Підвищена норма висіву, як правило, спричиняє видовження центрального стебла. Рослини розвиваються одночасно, що призводить до того, що їх регенеративні органи формуються за менших показників довжини стебла, а це може викликати некроз кореневої шийки, та в подальшому —

загибель рослин. При занадто низьких нормах висіву формується незначна кількість рослин на одиницю площі, що сприяє підвищенню забур'яненості посівів ріпаку озимого.

Ріпак озимий — холодостійка культура, яка для свого розвитку вимагає невисокої температури. Насіння здатне проростати за температури 2–3°C, дружні сходи з'являються на 5–10-й день за температури 12–18°C. Під час входу у зиму ріпак має сформувати до 12 листків, а діаметр кореневої шийки в межах 8–12 мм. Добре розвинені рослини формуються за оптимальних строків сівби і норм висіву насіння.

Обліки та спостереження на посівах ріпаку озимого в осінній період здійснювали у фазі 15–18 за шкалою ВВСН. Під час проведення досліджень було встановлено залежності формування діаметра кореневої шийки та висоти точки росту над рівнем ґрунту від норм висіву ріпаку озимого.

Так, за норми висіву 500 тис. шт./га насіння (контрольний варіант) діаметр кореневої шийки у гібрида Панчер становив 0,84 см, а висота кореневої шийки над рівнем ґрунту — 2,35 см, тоді як у гібрида Фенцер ці показники були на рівні 0,82 та 2,18 см (табл. 1).

При подальшому зниженні норми висіву відмічалось збільшення діаметра кореневої шийки та зниження висоти точки росту у зимовий період. Таке явище пояснюється зменшенням внутрішньовидової конкуренції між рослинами ріпаку озимого. До того ж, зростає площа живлення для кожної рослини та збільшується доступ до сонячного світла.

Таблиця 1. Стан ріпаку озимого перед входом в зиму (середнє за 2018–2020 рр.)

Норма висіву	Панчер		Фенцер	
	діаметр кореневої шийки, см	висота точки росту на рівнем ґрунту, см	діаметр кореневої шийки, см	висота точки росту на рівнем ґрунту, см
500 тис. шт./га	0,84	2,35	0,82	2,18
400 тис. шт./га	0,86	2,24	0,87	2,07
300 тис. шт./га	0,97	2,09	0,94	1,95
200 тис. шт./га	1,13	1,88	1,11	1,77



Зниження норми висіву до 400 тис. шт./га сприяло збільшенню діаметра кореневої шийки до 0,86–0,87 см, та зниженню висоти точки росту до 2,07–2,24 см у рослин ріпаку озимого. За норму висіву 300 тис. шт./га діаметр кореневої шийки становив 0,94–0,97 см, а висота точки росту над рівнем ґрунту – 1,95–2,09 см.

Максимальний діаметр кореневої шийки у рослин ріпаку озимого були відмічено на варіанті з нормою висіву 200 тис. шт./га. Так у гібрида Панчер він сягав 1,13 см, а у гібрида Фенцер – 1,11 см. При цій нормі висіву висота точки росту над рівнем ґрунту була на рівні 1,77–1,88 см, що загалом сприяло хорошій перезимівлі рослин.

У весняно-літній період догляд за посівами ріпаку озимого полягав у внесенні морфорегулятора для кращого гілкування, вчасному застосуванні інсектицидів та фунгіцидів для захисту від шкочинних комах і хвороб. Передзбиральна обробка ріпаку озимого передбачала застосування десиканта для рівномірного досягання посіву.

У передзбиральний період (ВВСН 93–95) висота рослин ріпаку озимого була не однаковою, і більшою мірою залежала від норми висіву. Відмічено, що чим більша кількість рослин була в посіві, тим вищими вони були. Це передусім пояснюється конкуренцією за сонячне світло. Порівняно з висотою рослин ріпаку озимого при однакових нормах висіву можна відмітити, що Фенцер був більш високорослішим відносно Панчера, що пояснюється генетичними особливостями гібрида (табл. 2).

За стандартної норми висіву 500 тис. шт./га насінин, висота рослин ріпаку озимого

Панчер у передзбиральний період становила 167 см, тоді як за 400 тис. шт./га – 165 см. Подальше зниження норми висіву до 300 тис. шт./га насінин сприяло тому що висота рослин гібриду Панчер перед збиранням сягала 162 см.

Найменшого значення висоти рослин у гібрида Панчер було відмічено на варіанті з нормою висіву 200 тис. шт./га. До того ж, вона становила 156 см, що на 11 см менше, ніж на контрольному варіанті.

Дослідженнями виявлено, що у передзбиральний період висота рослин ріпаку озимого гібрида Фенцер, при нормі висіву 500 тис. шт./га сягала 173 см. За зниження норми висіву до 400 тис. шт./га висота рослин зменшилась до 171 см. Подальше зниження норми висіву до 300 тис. шт./га забезпечило формування висоти рослин на рівні 168 см. За мінімальної норми висіву 200 тис. шт./га насінин висота рослин також була найнижчою і становила 163 см у передзбиральний період.

Проведення обліків і спостережень за рослинами ріпаку озимого в передзбиральний період не обмежувалися лише замірами висоти рослин. Також проводилося структурний аналіз рослин, що передбачав окреслення кількості гілок на рослині, кількості стручків та визначення маси 1000 насінин.

Встановлено, що за вирощування ріпаку озимого Панчер з нормою висіву 500 тис. шт./га було відмічено 7 гілок на одній рослині, при цьому кількість стручків становила 328 шт. а маса 1000 насінин – 2,97 г (табл. 2).

За подальшого зниження норми висіву гібрида Панчер до 400 та 300 тис. шт./га насінин спостерігалось зростання кількості гілок на одну рослину до 8 шт., водночас кількість стручків також збільшилась до 386–455 шт./рослину, а маса 1000 насінин вже становила 3,26–3,64 г.

Зниження норми висіву ріпаку озимого Панчер до 200 тис. шт./га насінин сприяло тому що середня кількість гілок на одну рослину зростала до 9 шт., кількість стручків – до 520 шт., тоді як маса 1000 насінин – до 3,92 г.

Таблиця 2. Висота рослин ріпаку озимого у передзбиральний період, см (середнє за 2019–2021 рр.)

Норма висіву	Панчер	Фенцер
500 тис. шт./га	167	173
400 тис. шт./га	165	171
300 тис. шт./га	162	168
200 тис. шт./га	156	163

Таблиця 3. Структурний аналіз рослин ріпаку озимого (середнє за 2019–2021 рр.)

Норма висіву	Панчер			Фенцер		
	кількість гілок, шт./рослину	кількість стручків, шт./рослину	маса 1000 насінин, г	кількість гілок, шт./рослину	кількість стручків, шт./рослину	маса 1000 насінин, г
500 тис. шт./га	7	328	2,97	6	386	3,15
400 тис. шт./га	8	386	3,26	7	406	3,36
300 тис. шт./га	8	455	3,64	8	487	3,85
200 тис. шт./га	9	520	3,92	9	547	4,14

Вирощування ріпаку озимого гібрида Фенцер із нормою висіву 500 тис. шт./га насінин (контроль) позитивно впливало на формування в середньому 6 гілок на одну рослину. За цих умов кількість стручків становила 386 шт./рослину, а маса 1000 насінин – 3,15 г.

Зменшення внутрішньовидової конкуренції на варіантах зі зниженими нормами висіву до 400 та 300 тис. шт./га сприяло зростанню кількості гілок у гібрида Фенцер до 7–8 шт./рослину. Кількість стручків пропорційно збільшувалась до 406–487 шт./рослину, а маса 1000 насінин була на рівні 3,36–3,85 г.

Зниження норми висіву до 200 тис. шт./га насінин забезпечило зростання середньої кількості гілок на одну рослину до 9 шт., що на 50 % більше, ніж на контрольному варіанті. Кількість стручків на одній рослині зросла на 42%, і становила 547 шт. Маса 1000 насінин на цьому варіанті збільшилась до 4,14 г, що на 31% більше, ніж на контролі.

У ході проведених досліджень було виявлено залежності формування врожаю насіння гібридів ріпаку озимого від норми висіву. Встановлено, що на контрольному варіанті з нормою висіву 500 тис. шт./га урожайність гібрида Панчер була на рівні 4,37 т/га, тоді як у гібрида Фенцер – 4,55 т/га (табл. 4).

За зниження норми висіву до 400 тис. шт./га урожайність ріпаку озимого також дещо зменшилась і становила 4,22 т/га у гібрида Панчер та 4,43 т/га у гібрида Фенцер.

Вирощування гібридів ріпаку озимого з нормою висіву 300 тис. шт./га насінин дало змогу сформувати для гібрида Панчер 4,16 т/га насіння, що на 0,21 т/га було менше, ніж на контрольному варіанті. Для гібриду Фенцер показник урожайності був на рівні 0,19 т/га менший, ніж на контролі і становив 4,36 т/га.

Більш істотне зниження врожайності гібридів ріпаку озимого порівняно з контролем було відмічено на варіанті з нормою

Таблиця 4. Урожайність гібридів ріпаку озимого залежно від норми висіву (середнє за 2019–2021 рр.)

Норма висіву	Панчер		Фенцер	
	т/га	±	т/га	±
500 тис. шт./га	4,37	–	4,55	–
400 тис. шт./га	4,22	–0,15	4,43	–0,12
300 тис. шт./га	4,16	–0,21	4,36	–0,19
200 тис. шт./га	3,62	–0,75	3,87	–0,68

Примітка: НІР<sub>05</sub> (т/га) – 0,18.

висіву 200 тис. шт./га насінин. При цьому урожайність гібриду Панчер сягала 3,62 т/га, а гібриду Фенцер — 3,87 т/га. Зниження урожайності на цьому варіанті для гібридів становило 0,68–0,75 т/га.

## ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень встановлено, що рослини ріпаку озимого мають високу компенсаторну спромож-

ність і здатні формувати високі показники продуктивності як за рекомендованих норм висіву (500 тис. шт./га), так і за знижених (300–400 тис. шт./га). Однак, із практичної точки зору, не варто знижувати норми висіву на 40–50% від рекомендованих, оскільки можливе пошкодження чи знищення рослин за осінньо-зимовий період унаслідок посухи, вимерзання, випрівання та пошкодження мишовидними гризунами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Палапа Н.В., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. 2-е вид., доп., Львів: Українські технології, 2010. 124 с.
3. Бойчук О.М., Щербань Г.Е., Збіглей С.А. Удосконалення системи ведення первинного і елітного насінництва сучасних сортів ріпаку озимого та ярого. *Вчені Прикарпаття — сталому розвитку краю: зб. тез доповідей обласної наук.-практ. конф. / заг. ред. В.П. Петренкаю. Ів.-Франківськ: ПП Курилюк, 2012. 208 с.*
4. Xu G., Shen S., Zhang Y. et al. Effects of Various Nitrogen Regimes on the Ability of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Suppress Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor* Retz.). *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 713 p.
5. Гамаюнова В.В., Гаро І.М. Урожайність і якість насіння ріпаку озимого залежно від обробітку ґрунту, строку та способу сівби в умовах Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 1 (1). С. 49–57. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau\\_2017\\_1%281%298](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2017_1%281%298).
6. Коломієць Н. Норми висіву ріпаку. *Пропозиція*. 2008. URL: <https://propozitsiya.com/ua/normi-visivu-ripaku>.
7. Поляков О.І. Особливості росту, розвитку та формування врожайності ріпаку озимого залежно від норми висіву за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 99–110.
8. Волощук О.П., Случак О.М., Распутенко А.О. Продуктивність озимого ріпаку залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Агроном*. 2019. URL: <https://www.agronom.com.ua/produktivnist-ozymogo-ripaku-zalezno-vid-strokov-sposobiv-sivby-za-norm-vysivu-nasinnya/>.
9. Ретардантні програми рістрегуляції озимого ріпаку залежно від терміну сівби. URL: <https://www.agronom.com.ua/retardantni-programy-ristregulyatsiyi-ozymogo-ripaku-zalezno-vid-terminu-sivby/>.
10. Сахненко В.В. Фітосанітарне значення ріпаку у сівозмінах. *Сільський господар*. 2008. № 9–10. С. 9–10.
11. Юрчук С.С. Урожайність та якість насіння ріпаку озимого залежно від способу посіву та норми висіву в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-10>.
12. Beres J., Becka D., Tomasek J. and Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 2019. Vol. 65. P. 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>.

## REFERENCES

1. Palapa, N.V., Demyanyuk, O.S. & Nahorniuk, O.M. (2022). Prodovolcha bezpeka Ukrainy: stan ta aktualni pytannia sohodennia [Food security of Ukraine: current state and current issues]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314> [in Ukrainian].
2. Lykhochvor, V.V. & Petrychenko, V.F. (2010). *Ripak. [Turnip]*. Lviv [in Ukrainian].
3. Boichuk, O.M., Shcherban, H.E. & Zbihlei S.A. (2012). Udoskonalennia systemy vedennia pervynnoho i elitnoho nasinnystva suchasnykh sortiv ripaku ozymoho ta yaroho [Improvement of the primary and elite seed production system of modern varieties of winter and spring rapeseed]. *Vcheni Prykarpattya — stalomu rozvytku kraiu: zbirnyk tez dopovidey oblasnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi [Scientists of Prykarpattia — for the sustainable development of the region: a collection of abstracts of reports of the regional scientific and practical conference]*. (pp. 208). [in Ukrainian].
4. Xu, G., Shen, S., Zhang, Y. et al. (2022). Effects of Various Nitrogen Regimes on the Ability of Rapeseed (*Brassica napus* L.) to Suppress Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor* Retz.). *Agronomy*, 12 [in English].
5. Hamaiunova, V.V. & Haro, I.M. (2017). Urozhainist i yakist nasinnia ripaku ozymoho zalezno vid obrobitku ґрунту, stroku ta sposobu sivby v umovakh

- Lisostepu Ukrainy [Yield and quality of winter rapeseed depending on soil cultivation, timing and method of sowing in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu — Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University, 1 (1)*, 49–57. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau20171%281%298> [in Ukrainian].
6. Kolomiets, N. (2008). Normy vysivu ripaku [Norms for sowing rapeseed]. *Propozitsiia — Proposal*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/normi-visivu-ripaku> [in Ukrainian].
  7. Poliakov, O.I. (2022). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannia vrozhaivosti ripaku ozymoho zalezchno vid normy vysivu za riznykh strokiv sivy [Peculiarities of growth, development and yield formation of winter rape depending on the sowing rate for different sowing periods]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN — Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS, 33*, 99–110 [in Ukrainian].
  8. Voloshchuk, O.P., Sluchak, O.M. & Rasputenko, A.O. (2019). Produktivnist ozymoho ripaku zalezchno vid strokiv, sposobiv sivy ta norm vysivu nasinnia [Productivity of winter rapeseed depending on timing, methods of sowing and seed sowing rates]. *Ahronom — Agronomist*. URL: <https://www.agronom.com.ua/produktivnist-ozymogo-ripaku-zalezchno-vid-strokiv-sposobiv-sivy-za-norm-vysivu-nasinnia/> [in Ukrainian].
  9. Retardantni prohramy ristrehuliatii ozymoho ripaku zalezchno vid terminu sivy [Retardant programs of reregulation of winter rape depending on the sowing date]. (n.d.). URL: <https://www.agronom.com.ua/retardantni-programy-ristregulyatsiyi-ozymogo-ripaku-zalezchno-vid-terminu-sivy/> [in Ukrainian].
  10. Sakhnenko, V.V. (2008). Fitosanitarne znachennia ripaku u sivozminakh [Phytosanitary importance of rapeseed in crop rotations]. *Silskyyi hospodar — Village owner, 9–10*, 9–10 [in Ukrainian].
  11. Iurchuk, S.S. (2020). Urozhainist ta yakist nasinnia ripaku ozymoho zalezchno vid sposobu posivu ta normy vysivu v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [The yield and quality of winter rapeseed depending on the method of sowing and the rate of sowing in the conditions of the Right Bank Forest Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo — Feeds and Feed Production, 89*, 102–111 [in Ukrainian].
  12. Beres, J., Becka, D., Tomasek, J. & Vasak, J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 65, 435–441. DOI: <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 08.06.2023

## STRUCTURAL CHANGES IN THE WALL OF THE SMALL INTESTINE OF RATS UNDER THE CONDITIONS OF ACTION OF NIKOLSKY'S VIPER (*VIPERA BERUS NIKOLSKII*) POISON

O. Maievskiy<sup>1</sup>, O. Mudrak<sup>2</sup>, A. Parfenyuk<sup>3</sup>, Ye. Tkach<sup>3</sup>, O. Tertychna<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет ім. Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)  
e-mail: maievskiyalex8@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9128-1033

<sup>2</sup>КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: ov\_mudrak@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1776-6120

<sup>3</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: vereskrpar@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0169-4262  
e-mail: bio\_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956  
e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9514-2858

*Компоненти отруту різних живих видів викликають в організмі жертви широкий спектр ефектів і симптомів. Механізми ураження різних органів і систем тварин та людини під впливом специфічних компонентів токсинів отрути гадюк залишаються відкритими. Тому дослідження механізмів дії отрути гадюки, а також розробка і впровадження комплексу заходів щодо зменшення негативного впливу їх отрути на організм ссавців залишаються актуальними. Вивчення еколого-біологічних аспектів порушення гомеостазу організму щура в умовах дії отрути гадюки є складним і багатограним процесом, який охоплює різні наукові напрями. Мета дослідження — виявити ознаки ураження тонкої кишки щурів за умов дії отрути гадюки нікольського (*Vipera berus nikolskii*). Експеримент проводився на 20 білих щурах-самцях. У дослідженні щурів розділили на дві групи — контрольну і дослідну. Отруєння моделювали введенням отрути гадюки нікольського щурам дослідної групи внутрішньочеревно в дозі ЕД<sub>50</sub> 0,972 мг/г. Гістологічні препарати досліджували на світловому мікроскопі SEO SCAN, обробку знімків проводили за допомогою камери Vision CCD з наявною системою виведення зображень на монітор комп'ютера. Встановлено, що важка інтоксикація організму отрутою гадюки нікольського щурам дослідної групи обширні деструктивно-дистрофічні зміни в стінці порожнього кишківника, поряд зі значними стромально-судинними порушеннями. Отруйні гемотоксини підвищують проникність судинної стінки та змінюють процеси внутрішньосудинного згортання крові, що призводить до дисемінованого внутрішньосудинного згортання крові (синдром ДВС) і незворотної дегенерації структур тонкої кишки в експерименті.*

**Ключові слова:** гадюки, тонкий кишечник, токсини, структурні зміни, отрута.

### INTRODUCTION

The components of the poisons of various living species cause a wide range of effects and symptoms in the victim's body. In this case, the severity of pathological changes is determined mainly by the type of poisonous animal, the total amount of the toxin, the method of its introduction and the characteristics of the recipient. Among the variety of toxic animals, vipers have attracted the most excellent attention of scientists for several

centuries. To date, the composition of viper venom has been studied quite well. However, the mechanisms of damage to various organs and systems of animals and humans under the influence of specific components of their toxins remain open. This understanding is critical to effectively managing poisoning, a severe problem. On the other hand, these toxins' high selectivity and efficiency make them valuable tools for basic research. In addition, toxins with known mechanisms of action can be a source for drug development.



All this indicates that studying the mechanisms of action of viper venom and its toxins is very complex and vitally important [1; 2]. Therefore, the study of the mechanisms of action of the viper venom *Vipera b. nikolskii*, as well as the development and implementation of a set of measures to reduce the negative impact of their poison on the body of mammals, remain relevant. The study of the ecological and biological aspects of the violation of the homeostasis of the rat organism under the conditions of the action of the viper venom *Vipera berus nikolskii* (the most common in Ukraine) is a complex and multifaceted process that affects various scientific directions — ecology, biology, toxicology, pharmacology, pathophysiology, pathomorphology. This requires using different scientific research methods (ecological, biochemical, morphological, etc.).

**The purpose of the study** is to identify signs of damage to the small intestine of rats under the conditions of the poison of Nikol'sky's viper (*Vipera berus nikolskii*).

### ANALYSIS OF RECENT RESEARCH

Among the bulk of the components of the viper poison, the most significant proportion belongs to various enzymes. Of all enzymes, phospholipase A2 accounts for about 65% of dry weight, and serine proteases — 19%. The venom of vipers contains two heterodimeric phospholipases A2. They differ in the kinetics of catalytic hydrolysis. The mechanism of the toxic action of these heterodimers has not yet been clarified [3–6]. However, phospholipase A2 comprises a catalytically active subunit  $\beta$  and an inactive subunit  $\alpha$ . The enzyme's activity on the bilipid layer of the cell membrane causes its aggregation. The components of viper venom have a predominantly hemotoxic effect due to a wide variety of enzymes from the family of metalloproteinases, serine proteases, L-amino acid oxidases and lectin-like C-type proteins, leading to increased blood clotting. L-amino acid oxidases block neuromuscular impulse transmission and destroy cell membranes. The venom also contains several proteins that have a neurotoxic ef-

fect. Among them are CRP (cysteine-rich proteins) which blocks the transmission of nerve impulses, and phospholipase A2, which has neuro-, myo-, cyto- and hemotoxic effects. Hemotoxins, in this case, are classified into factors that activate blood clotting, anticoagulants, inhibitors, and platelet activators, agents that cause fibrinolysis. Proteins of the first group affect blood coagulation factors. Anticoagulant hemotoxins include serine proteases, phospholipase A2, and activators of protein C. Platelet-activating proteins are predominantly lectin-like in nature [7–13]. Disintegrins and metalloproteinases represent platelet deactivators. There is also a group of so-called haemorrhaging — cytolysins, which damage the wall of blood vessels and cause haemorrhages [14–17].

### MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

The experiment was conducted by international recommendations for conducting biomedical studies on animals [18]. These guidelines included the «General Principles for the Treatment of Animals», adopted by the 1<sup>st</sup> National Congress on Bioethics in Kyiv, Ukraine, in 2001, and the «European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes» in Strasbourg, France in 1986. The Committee on Bioethics of the Research Center «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko National University of Kyiv certified the compliance of the experiment with ethical principles (protocol No. 2 was approved on August 19, 2021). During the investigation, the rats were kept separately in the vivarium conditions and received a standard diet. Before taking the test substances, the rats were acclimatized in the experimental room for at least five days. The rats in the study were divided into two groups. The first group received intraperitoneal saline 0.5 ml. The second group was administered venom of Nikol'sky's viper at a dose of ED<sub>50</sub> of 0.972  $\mu\text{g/g}$  by intra-abdominal injection. Crude lyophilized poison of *V. berus nikolskii* was obtained from V.N. Karazin Kharkiv National University, stored at

a temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$  and immediately dissolved in saline before the experiment. The solution was centrifuged at 10,000 g for 15 minutes, and the supernatant was used in the study. A day later, the rats were removed from the experiment by overdosing on sodium thio-pental and decapitation. All animals of both groups were weighed before. Subsequently, the animals were dissected, and macroscopic examination and description of all internal organs were performed. The identified pathological changes were recorded and examined morphologically. For microscopic analysis, fragments of the small intestine were taken. The pieces were fixed in a 10% formalin solution; the ageing time did not exceed 1–2 days. To prevent autolysis and prepare cells and tissues for staining, a fixing solution was applied, which stabilised them. After that, the fragments were dehydrated in increasing concentrations of alcohol and then poured into paraffin blocks. The resulting sections were 4–5 microns thick and stained with hematoxylin and eosin. Histological preparations were examined using an SEO SCAN light microscope, and the images were processed with a Vision CCD camera. The processed

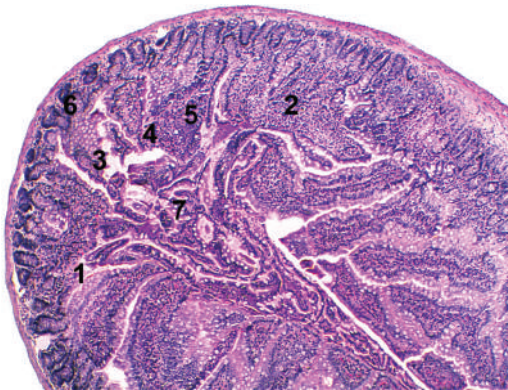
images were displayed on a computer monitor [19].

## RESULTS AND DISCUSSION

Microscopic studies of the empty bowel wall of experimental animals when bitten by Nikolsky's viper (*Vipera berus nikolskii*) established a more significant degree of damage to structural components and organ relief, pathological changes in the stroma and vascular bed, compared to the previous experimental group. The organ retains its layered structure but with significant destructive-degenerative changes in relief, pronounced stromal-vascular disorders of the empty bowel wall, and significant swelling of the mucous membrane, which is covered with serous-mucous secretion (Fig. 1).

In areas of the mucous membrane with its typical relief preserved, villi are observed in the epithelium where hyperplastic goblet cells increase significantly and dystrophy of enterocytes with a striped border. Significant destructive changes exist in the basement membrane of the epithelial plate of villi. In the stroma of villi with complete desquamation of the epithelium on their distal surface, pronounced oedema. Increased vascular tissue permeability of the stroma of villi leads to pronounced hydration of the amorphous substance of loose fibrous connective tissue. Collagen fibres, in areas with severe oedema, are pronounced acidophilus. Fibres retain their bundle nature. In the area of oedema, there are a small number of fibroblastic cells, histiocyte macrophages, and lymphocytes.

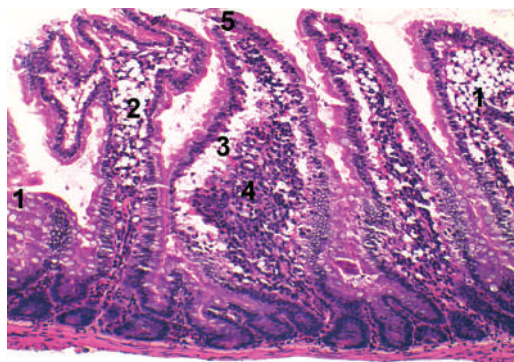
There are unevenly thickened villi, club-shaped reduced distal sections, shortening of villi with significant deformation, graceful, atrophic villi, villi with the formation on their surface of single erosions and villi, which are soldered together and have the appearance of polyp. On the surface there are destructively altered villi of serous-mucous secretion. In their stroma are many fibroblastic cells and pronounced infiltration by lymphocytes, plasma cells and macrophages-histiocytes (Fig. 2). Collagen fibres are in the form of massive bright eosinophilic bundles.



**Fig. 1.** Microscopic changes in the wall of the empty intestine of white rats with the bite of Nikolsky's viper: 1 – villous atrophy, 2 – villi in the form of polypoid outgrowths, 3 – desquamation of the villi epithelium, 4 – villi with desquamative-erosive phenomena, 5 – acute necrotic villi lesions, 6 – deformed crypts, 7 – desquam epithelial detritus in the intestinal lumen. Hematoxylin-eosin staining.  $\times 100$

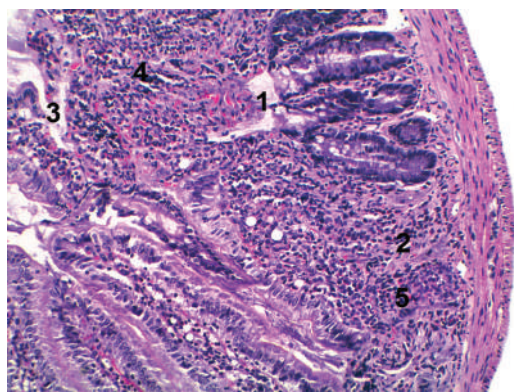
There are also single mucous membrane areas with atrophy of the crypts, villi and areas with acute necrotic villi lesions. Atrophy of single villi develops due to a significant decrease and slowdown in blood flow in hemocapillaries (stasis and blood clots). Tissue hypoxia leads to a substantial reduction in cell size and to the necessary stimulation of fibroblast proliferation. In foci of acute necrosis, exocryncocytes lose their striped rim; goblet cells are significantly hyperplasia. The cytoplasm of all cells is acidophilic; their nuclei increase considerably in volume, weakly basophilic with a gradual erosion of their contours (undergo lysis) and significant destructive changes in the basement membrane. The villous stroma, which borders on foci of epithelium necrosis, also undergoes necrotic changes. Bundles of collagen fibres are maximally compacted and appear as a homogeneous mass in the centre of weakly basophilic and oxyphilic along the periphery. Demarcation inflammation occurs around the foci of necrosis – significant infiltration by leukocytes and macrophages. Along the periphery of the zone of necrotic changes in the intercellular substance of connective tissue, the number of cells of the fibroblastic series increases significantly. In these zones, the hemocapillaries are sharply dilated and full-blooded, with significant hydration of the stroma along their periphery and many leukocytes and macrophages. In crypts, the number of cells at different stages of mitosis is significantly reduced, and crypts are deformed and atrophied. There are areas of mucous membranes with a complete absence of crypts (*Fig. 3*).

The vessels of the mucous membrane of the organ are sharply dilated and blood-filling. The vascular wall is thickened with severe perivascular oedema and significant lymphohistiocytic infiltration, and an increase in the number of tissue basophils. The structure of the wall of hemocapillaries of destructively altered villi is blurred; their lumen is sharply expanded and blood-filled. The endothelium of the hemocapillary wall loses its flattened shape. The basement membrane of hemocapillaries is as elegant as possible, not continuous.



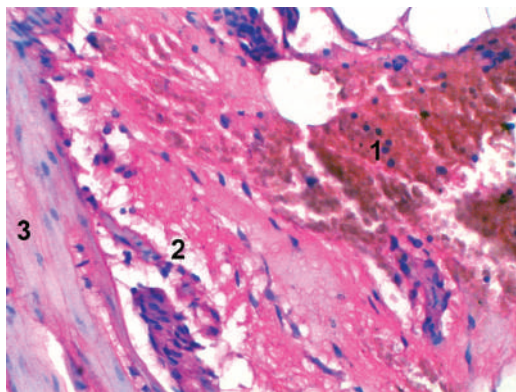
**Fig. 2.** The microscopic structure of the wall of the empty intestine of white rats with the bite of Nikolsky's viper: 1 – deformed villi, 2 – villi in the form of a polypoid outgrowth, 3 – villi stromal oedema, 4 – histolleukocyte villous stromal infiltration, 5 – villi with desquamative-erosive phenomena. Hematoxylin-eosin staining.  $\times 200$

In their lumens, there are stasis and numerous blood clots. Blood clots contain blood cells and plasma proteins, which form a structureless homogeneous eosinophilic mass. Violation of blood coagulation processes and violation of the integrity of the walls of the blood



**Fig. 3.** Microscopic changes in the wall of the empty intestine of white rats with the bite of Nikolsky's viper: 1 – villous atrophy, 2 – crypt atrophy, 3 – desquamation of the villi epithelium, 4 – histolleukocyte villous stromal infiltration, 5 – mucous membrane area with the complete absence of crypts. Hematoxylin-eosin staining.  $\times 200$





**Fig. 4.** Microscopic changes in the wall of the empty intestine of white rats with the bite of Nikolsky's viper: 1 – massive haemorrhage in the mucous membrane, 2 – swelling of the stromal connective tissue, 3 – muscular membrane. Hematoxylin-eosin staining.  $\times 400$

capillaries of the own plate of the mucous membrane leads to the appearance of multiple and massive haemorrhages with hemolysis of red blood cells in the stroma villi. Along the periphery of haemorrhages, significant fibroblastic and lymphohistiocytic stromal infiltration is observed (*Fig. 4*).

In layers of loose fibrous connective tissue, between two layers of smooth muscle

tissue of the muscular membrane, the vessels are with sharply expanded lumens. There is a significant oedema in the vascular wall, massive haemorrhages along the vessels and significant perivascular lymphohistiocytic infiltration. The serous membrane is significantly elegant. The mesothelium is flattened as much as possible; the basement membrane is elegant—bundles of collagen fibres with severe oxyphilia.

## CONCLUSIONS

A histological study of the small intestine wall was conducted on experimental animals after exposure to Nikolsky's viper venom. The findings indicated:

1. Severe body intoxication from the venom of *Vipera berus nikolskii* causes extensive destructive and degenerative changes in the wall of the jejunum, along with significant stromal-vascular disorders.

2. The hemotoxins in the venom increase vessel wall permeability and alter intravascular blood coagulation processes, resulting in disseminated intravascular coagulation (DVS-syndrome) and irreversible degeneration of small intestine structures in the experiment.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Utkin Y. Animal Venoms and Their Components: Molecular Mechanisms of Action. *Toxins* (Basel). 2021. Vol. 13 (6). P. 415. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13060415>.
2. Ana L. Oliveira, Matilde F. Viegas, Saulo L. da Silva et al. The chemistry of snake venom and its medicinal potential. *Nat Rev Chem*. 2022. Vol. 6 (7). P. 451–469. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00393-7>.
3. Alekseeva A.S., Tretiakova D.S., Chernikov V.P. et al. Heterodimeric *V. nikolskii* phospholipases A2 induce aggregation of the lipid bilayer. *Toxicon*. 2017. Vol. 133. P. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2017.05.015>.
4. Amazonas D.R., Portes-Junior J.A., Nishiyama-Jr M.Y. et al. Molecular mechanisms underlying intraspecific variation in snake venom. *J Proteomics*. 2018. Vol. 181. P. 60–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpropt.2018.03.032>.
5. Dyachenko I.A., Murashev A.N., Andreeva T.V. et al. Analysis of nociceptive effects of neurotoxic phospholipase A2 from *Vipera nikolskii* venom in mice. *J Venom Res*. 2013. Vol. 4. P. 1–4.
6. Zinenko O., Tovstukha I. and Korniyenko Y. PLA2 Inhibitor Varespladib as an Alternative to the Anti-venom Treatment for Bites from Nikolsky's Viper *Vipera berus nikolskii*. *Toxins* (Basel). 2020. Vol. 12 (6). P. 356. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060356>.
7. Cesar P.H.S., Braga M.A., Trento M.V.C. et al. Snake Venom Disintegrins: An Overview of their Interaction with Integrins. *Curr Drug Targets*. 2019. Vol. 20 (4). P. 465–477. DOI: <https://doi.org/10.2174/13894501196661022154737>.
8. Er O., Eksin H.M., Göcmen B. et al. Investigation of *Vipera Anatolica* Venom Disintegrin via Intracellular Uptake with Radiolabeling Study and Cell-Based Electrochemical Biosensing Assay. *Appl Biochem Biotechnol*. 2019. Vol. 187 (4). P. 1539–1550. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-018-2872-6>.
9. Hadar G., Kelmer E., Segev G. et al. Protein C activity in dogs envenomed by *Vipera palaestinae*. *Toxicon*. 2014. Vol. 87. P. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.05.010>.
10. Kryukova E.V., Potapenko A.S., Andreeva T.V. et al. Dimeric Disintegrins from the Steppe Viper *V. ursinii* Venom. *Doll Biochem Biophys*. 2019. Vol. 488 (1).

- P. 338–341. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1607672919050132>.
11. Chengbo Long, Ming Liu, Huiwen Tian et al. Potential Role of Platelet-Activating C-Type Lectin-Like Proteins in Viper Envenomation Induced Thrombotic Microangiopathy Symptom. *Toxins* (Basel). 2020. Vol. 12 (12). P. 749. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12120749>.
  12. Teixeira C., Fernandes C.M., Leiguez E. and Chudzinski-Tavassi A.M. Inflammation Induced by Platelet-Activating Viperid Snake Venoms: Perspectives on Thromboinflammation. *Front Immunol*. 2019. Vol. 10. P. 2082. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02082>.
  13. Anwar Ullah, Rehana Masood, Ijaz Ali et al. Thrombin-like enzymes from snake venom: structural characterization and mechanism of action. *Int. J. Biol. Macromol*. 2018. Vol. 114. P. 788–811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.164>.
  14. Czajka U., Wiatrzyk A. and Lutynska A. Mechanism of *Vipera berus* venom activity and the principles of antivenom administration in treatment. *Przegl Epidemiol*. 2013. Vol. 67 (4). P. 641–646.
  15. Zorica Latinović, Adrijana Leonardi, Cho Yeow Koh et al. The Procoagulant Snake Venom Serine Protease Potentially Having a Dual, Blood Coagulation Factor V and X-Activating Activity. *Toxins* (Basel). 2020. Vol. 12 (6). P. 358. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060358>.
  16. Zorica Latinović, Adrijana Leonardi, Jernej Šribar et al. Venomics of *Vipera berus* to explain differences in pathology elicited by *Vipera ammodytes ammodytes* envenomation: Therapeutic implications. *J Proteomics*. 2016. Vol. 146. P. 34–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpropt.2016.06.020>.
  17. Spolaore B., Fernandez J., Lomonte B. et al. Enzymatic labelling of snake venom phospholipase A2 toxins. *Toxicon*. 2019. Vol. 170. P. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.09.019>.
  18. Добре́ля Н.В., Бойцова Л.В., Данова І.В. Правова база для проведення етичної експертизи доклінічних досліджень лікарських засобів з використанням лабораторних тварин. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2015. № 2. С. 95–100.
  19. Горальський Л.П., Хомич В.Т., Кононський О.І. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи досліджень у нормі та при патології: навч. посіб. Житомир: «Полісся», 2005. 288 с.

## REFERENCES

1. Utkin, Y. (2021). Animal Venoms and Their Components: Molecular Mechanisms of Action. *Toxins (Basel)*, 13 (6), 415. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13060415> [in English].
2. Ana, L. Oliveira, Matilde, F. Viegas, Saulo, L. da Silva et al. (2022). The chemistry of snake venom and its medicinal potential. *Nat Rev Chem.*, 6 (7), 451–469. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00393-7> [in English].
3. Alekseeva, A.S., Tretiakova, D.S., Chernikov, V.P. et al. (2017). Heterodimeric *V. nikolskii* phospholipases A2 induce aggregation of the lipid bilayer. *Toxicon*, 133, 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2017.05.015> [in English].
4. Amazonas, D.R., Portes-Junior, J.A., Nishiyama-Jr, M.Y. et al. (2018). Molecular mechanisms underlying intraspecific variation in snake venom. *J Proteomics*, 181, 60–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpropt.2018.03.032> [in English].
5. Dyachenko, I.A., Murashev, A.N., Andreeva, T.V. et al. (2013). Analysis of nociceptive effects of neurotoxic phospholipase A2 from *Vipera nikolskii* venom in mice. *J Venom Res*, 4, 1–4 [in English].
6. Zinenko, O., Tovstukha, I. & Korniyenko, Y. (2020). PLA2 Inhibitor Varespladib as an Alternative to the Antivenom Treatment for Bites from Nikolsky's Viper *Vipera berus nikolskii*. *Toxins (Basel)*, 12 (6), 356. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060356> [in English].
7. Cesar, P.H.S., Braga, M.A., Trento, M.V.C. et al. (2019). Snake Venom Disintegrins: An Overview of their Interaction with Integrins. *Curr Drug Targets*, 20 (4), 465–477. DOI: <https://doi.org/10.2174/13894501196661022154737> [in English].
8. Er, O., Eksin, H.M., Göcmen, B. et al. (2019). Investigation of *Vipera Anatolica* Venom Disintegrin via Intracellular Uptake with Radiolabeling Study and Cell-Based Electrochemical Biosensing Assay. *Appl Biochem Biotechnol*, 187 (4), 1539–1550. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-018-2872-6> [in English].
9. Hadar, G., Kelmer, E., Segev, G. et al. (2014). Protein C activity in dogs envenomed by *Vipera palaestinae*. *Toxicon*, 87, 38–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.05.010> [in English].
10. Kryukova, E.V., Potapenko, A.S., Andreeva, T.V. et al. (2019). Dimeric Disintegrins from the Steppe Viper *V. ursinii* Venom. *Doll Biochem Biophys*, 488 (1), 338–341. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1607672919050132> [in English].
11. Chengbo, Long, Ming, Liu, Huiwen, Tian et al. (2020). Potential Role of Platelet-Activating C-Type Lectin-Like Proteins in Viper Envenomation Induced Thrombotic Microangiopathy Symptom. *Toxins (Basel)*, 12 (12), 749. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12120749> [in English].
12. Teixeira, C., Fernandes, C.M., Leiguez, E. & Chudzinski-Tavassi, A.M. (2019). Inflammation Induced by Platelet-Activating Viperid Snake Venoms: Perspectives on Thromboinflammation. *Front Immunol*, 10, 2082. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02082> [in English].
13. Anwar, Ullah, Rehana, Masood, Ijaz, Ali et al. (2018). Thrombin-like enzymes from snake venom: structural characterization and mechanism of action. *Int. J. Biol. Macromol.*, 114, 788–811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.164> [in English].
14. Czajka, U., Wiatrzyk, A. & Lutynska, A. (2013). Mechanism of *Vipera berus* venom activity and the

- principles of antivenom administration in treatment. *Przegl Epidemiol*, 67 (4), 641–646 [in English].
15. Zorica, Latinović, Adrijana, Leonardi, Cho, Yeow Koh et al. (2020). The Procoagulant Snake Venom Serine Protease Potentially Having a Dual, Blood Coagulation Factor V and X-Activating Activity. *Toxins (Basel)*, 12 (6), 358. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060358> [in English].
  16. Zorica Latinović, Adrijana Leonardi, Jernej Šribar et al. (2016). Venomics of *Vipera berus* to explain differences in pathology elicited by *Vipera ammodytes* ammodytes envenomation: Therapeutic implications. *J Proteomics*, 146, 34–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.06.020> [in English].
  17. Spolaore, B., Fernandez, J., Lomonte, B. et al. (2019). Enzymatic labelling of snake venom phospholipase A2 toxins. *Toxicon*, 170, 99–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.09.019> [in English].
  18. Dobrelia, N.V., Boitsova, L.V. & Danova, I.V. (2015). Pravova baza dlia provedennia etychnoi ekspertyzy doklinichnykh doslidzhen likarskykh zasobiv z vykorystanniam laboratornykh tvaryn [Legal basis for ethical examination of preclinical studies of drugs using laboratory animals]. *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia — Pharmacology and Drug Toxicology*, 2, 95–100 [in Ukrainian]
  19. Horalskyi, L.P., Khomych, V.T. & Kononskyi, O.I. (2011). *Osnovy histolohichnoi tekhniki i morfofunktsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii* [Fundamentals of histological technique and morpho-functional research methods in normal and pathology]. Zhytomyr: Polissya [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 08.06.2023

---



## ВПЛИВ ГУМІНОВИХ ТА ФУЛЬВОВИХ КИСЛОТ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

О.Ф. Рильський<sup>1</sup>, Ю.Ю. Петруша<sup>1</sup>, К.О. Домбровський<sup>1</sup>, С.Г. Охріменко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Запорізький національний університет (м. Запоріжжя, Україна)

e-mail: rylsky@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9631-1828

e-mail: Yulia.ZNU@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3041-2877

e-mail: dombrov1717@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6965-6989

<sup>2</sup>Національний заповідник «Хортиця» (м. Запоріжжя, Україна)

e-mail: svet-lana2006@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5117-5236

*Аналіз сучасної і попередньої літератури про вплив гумінових і фульвових кислот на організми різних таксономічних рівнів (рослини, тварини, мікроорганізми) доводить, що ці речовини здійснюють вплив від молекулярно-структурного рівня до безосереднього організменного рівня. Велика кількість наукових праць опубліковано дослідженню впливу на рослини та тварини, при значно меншій кількості робіт, присвяченій дії гумінових речовин на стан здоров'я організму людини. Гумінові та фульвові кислоти і препарати на їх основі широко застосовуються в рослинництві для підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища, підвищення врожайності культур, відновлення родючості ґрунтів, покращання харчової цінності продукції та її екологічної чистоти. У тваринництві застосування біологічно активних гумінових і фульвових препаратів сприяє прискоренню росту тварин, підвищенню стійкості до токсинів у кормах та стресових умов середовища, зниженню захворюваності, поліпшенню продуктивності тварин. Очевидним є те, що в майбутньому більшість робіт необхідно присвячувати дослідженню механізмів впливу гумінових і фульвових кислот на здоров'я людини, як найважливішого розділу екології людини. Вагомим підтвердженням такому висновку може бути той факт, що серед жителів Полісся (Волинська, Житомирська, Київська та Рівненська обл.) зустрічається найбільша кількість довгожителів (яким за 100 років), а відомо, що жителі цього регіону України п'ють колодязну й річкову воду з підвищеною концентрацією гумінових речовин. Окрім того, гумінові та фульвові кислоти проявляють виражену антиоксидантну, гепатопротекторну, імуномодельовальну, фунгіцидну, антитоксичну, протизапальну, противірусну, антимутагенну та інші типи біологічної активності, що робить їх особливим синтоном для створення на їх базі ефективних екологічно безпечних препаратів комплексної біологічної дії.*

**Ключові слова:** гумусові речовини, рослинництво, тваринництво, здоров'я людини, екологія людини.

### ВСТУП

Гумінові кислоти (ГК) є унікальними об'єктами для вирішення важливих завдань різного плану. Висока реакційна здатність гумінових кислот обумовлена наявністю в складі їх макромолекул великої кількості функціональних груп, зокрема, карбоксильних і гідроксильних. Препарати ГК є перспективними для застосування в сільському господарстві, медицині, ветеринарії та технічних напрямках [1; 2].

Гумінові кислоти представляють собою найбільш велику групу гумінових речо-

вин (ГР), до їх складу входить карбон (50–62%), гідроген (2,8–6,6), кисень (30–40), нітроген (3,5–6%) і зольні елементи. Молекули мають високу фізіологічну активність та з катіонами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  утворюють солі, які називаються гумати. Фульвові кислоти (ФК) – специфічні гумінові речовини, утворюють фульвати, їх елементний склад трохи відрізняється від складу ГК. Вони містять карбон (41–49%), гідроген (4–5), нітроген (2–4) та кисень (44–49%). Гумінові кислоти належать до складу сапропелі, їх вміст становить 7–40% на органічну речовину сапропелю, кількість фульвових кислот менша, від 1% до 6% [3; 4].

Значний внесок у вивчення гумусових речовин внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: І.В. Тюрин, М.М. Кононова, С.С. Драгунов, Л.Н. Александрова, Л.А. Христева, Л.Р. Пивоваров, А.Є. Пшеничний, І.І. Ярчук, А.І. Горова, Д.С. Орлов, І.В. Пермінова, дослідники зарубіжних країн, у т. ч. В. Фляйг (Німеччина), Ф. Дюшофур (Франція), Т. Хаясі (Японія), М. Шнітцер (Канада), Ф. Стівенсон (США), М.Х.Б. Хейес (Англія) та ін. [3].

Гумусові речовини утворюються переважно у ґрунтового покриві і внаслідок процесу зовнішнього вологообміну надходять у поверхневі води, проникають у глибокі шари ґрунту та в ґрунтові води. Встановлено, що ГК поверхневих вод басейну Дніпра за своїм складом подібні до ГК ґрунтових вод [5]. В Україні 70% населення забезпечуються питною водою саме з Дніпра, з них 85% «п'ють» поверхневі води. Відповідно, гумінові речовини протягом життя в тій чи іншій кількості поступають до організму людини, особливо за вживання води з колодязів населених пунктів Волинської, Житомирської, Київської та Рівненської обл. [6].

Тому **метою нашої роботи** було проведення узагальнення щодо впливу гумінових та фульвових кислот на організм людини, тварин та рослин і перспективи їхнього застосування в різних галузях сільського господарства, медицини й ветеринарії.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота є оглядовою, базується на аналізі публікацій щодо впливу гумінових і фульвових кислот, а також їх солей (гуматів, фульватів), на фізіологічні й біохімічні функції організму людини, рослин і тварин, а також узагальнення можливості застосування цих речовин у різних галузях господарства та медицини.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Гумінові кислоти здатні виконувати такі значущі функції: акумулятивну функцію (накопичення елементів живлення й

енергетичного матеріалу для подальшого споживання рослинами, тваринами й мікроорганізмами за рахунок утворення ГК у водних розчинах низки нерозчинних органо-мінеральних сполук, які мають високу поглинальну здатність і можливість закріплюватись у ґрунті про запас як джерело поживних речовин для майбутніх поколінь рослин); регуляторну функцію; протекторну функцію (завдяки здатності зв'язувати токсичні елементи в малорухливі або важкодисоційовані сполуки, зокрема, нейтралізувати несприятливий вплив пестицидів, надмірних доз мінеральних добрив, важких металів (ВМ) і деяких радіоактивних ізотопів на культурні рослини) [7].

Вивченням та застосуванням гумінових речовин у сільському господарстві України займаються цілі наукові школи, які, зокрема, розробляють технології отримання біологічно активних гумінових препаратів та технологічні схеми їхнього застосування у рослинництві й тваринництві, в т. ч. скотарстві, свинарстві, вівчарстві, птахівництві, страусівництві, дрібному тваринництві; вивчають механізми біологічної дії гумінових речовин [8].

Гумінові добрива природного походження здатні підвищувати стійкість рослин до різних несприятливих чинників навколишнього середовища (заморозків, посухи, поганого освітлення, дії пестицидів), відновлювати родючість ґрунту, підвищувати врожайність культур (збільшується вміст сухих речовин, білків, вітамінів, жирів), покращувати харчову цінність продукції та її екологічну чистоту (зменшується вміст нітратів, залишків засобів захисту рослин та ВМ), знижувати витрати на одержання врожаю, поліпшуючи рентабельність сільськогосподарського виробництва.

Гумати добре розчинні у воді і мають фізіологічно активні властивості, в малих дозах стимулюють ріст і розвиток рослин, а у великих — пригнічують. У рослинництві найпоширеніші гумати калію. Це пов'язано з впливом калію на транспірацію та водний баланс рослин за рахунок регулювання поглинання вологи з ґрунту через кореневу систему, що підвищує посу-

хостійкість рослин. Натрієві гумати переважно використовують як кормові добавки в тваринництві та рослинництві [9].

Гумусові речовини впливають на рослину прямо або опосередковано. Непрямий ефект пов'язаний із поліпшенням водно-фізичних властивостей ґрунту, активізацією мікрофлори, впливом на міграцію поживних елементів, підвищенням коефіцієнта використання мінеральних добрив, зв'язуванням токсичних агентів (пестицидів, ВМ та ін.). Під впливом гумусових речовин змінюється проникність клітинних мембран, підвищується активність багатьох ферментів та швидкість фізіологічних та біохімічних процесів, стимулюються процеси дихання, синтезу білків і вуглеводів, зростає концентрація хлорофілу і аскорбінової кислоти [9–11]. Відмічено позитивний вплив на мінеральне живлення рослин, водообмін, збільшення вмісту хлорофілу та продуктивність фотосинтезу. Все це в кінцевому підсумку зумовлює посилення росту, підвищення врожаю, прискорення дозрівання і поліпшення якості продукції. Застосування гуматів у технологіях захисту сільськогосподарських культур дає змогу підвищити стійкість рослин проти збудників хвороб [9].

Замочування насіння з гуматом прискорює їх схожість, підвищує стійкість до механічних пошкоджень, знищує інфекції, що знаходяться на зовнішній оболонці насіння. Рослини швидко нарощують листовий апарат, розвиток їх прискорюється, а життєздатність підвищується. Крім того, препарат сприяє розвитку потужної кореневої системи, збільшуючи, її здатність вбирати вологу, корисні мікроелементи та краще закріпитися в ґрунті [12].

Останнім часом одержано важливі результати щодо перспектив використання біологічно активних речовин гумінової природи як добавок до кормів у птахівництві. Ці речовини під час надходження до організму птиці проявляють адаптогенну, регулювальну та імуномодельовальну дію. Органічні кислоти гумінових препаратів допомагають травним ензимам розщеплювати корм у шлунково-кишковому тракті

(ШКТ) та покращувати перетравлення білка і засвоєння кальцію, а також мікроелементів і поживних речовин корму [13].

Використання гуматів призводить до прискорення росту тварин, зниження захворюваності, підвищення стійкості їх організму до несприятливих умов середовища, а також до залишкових токсинів у кормах. Наслідком є підвищення продуктивності тварин [14].

Згідно з дослідженнями вчених [15], гумінові кислоти, покращуючи травлення та засвоєння кормів, оптимізують стан шлунково-кишкового тракту тварин. Заміна антибіотиків (що додаються в корми як стимулятори зростання) на гумінові кислоти покращує показники продуктивності та стану тварин. Додавання гумінових кислот у корм тварин сприяє підвищенню надоїв та жирності молока молочних корів. Також збільшується вага молодняку в момент відлучення від молочного харчування і відбувається швидке нарощування маси у молочних корів. Загалом, гумінові кислоти посилюють опір тварин стресовим чинникам, наприклад, перегріву. Поліпшуючи імунну функцію тварин, гумінові кислоти здатні значною мірою знижувати частоту діареї та інших розладів травлення, а також покращувати захист тварин від патогенів.

Комплекс гумінових і фульвових кислот має високу біодоступність. ГК прискорюють обмінні та окиснювально-відновлювальні процеси, активно зв'язують вільні радикали. Поліпшується газообмін у тканинах, збільшується швидкість вільнорадикального окиснення. Прискорення процесів метаболізму насамперед позначається на зміні показників крові. Гумінові кислоти стимулюють кровотворну функцію, внаслідок чого збільшується кількість формених елементів крові (еритроцитів, лейкоцитів), підвищується рівень гемоглобіну. Спостерігається збільшення вмісту в крові Т- і В-лімфоцитів, бактерицидної і лізоцимної активності крові і фагоцитарної активності нейтрофілів. Окрім того, ГК пригнічують ріст патогенних бактерій у шлунково-кишковому тракті, поліпшують перетравлення білка і засвоєння кальцію, мікроелементів,

поживних речовин, утворюють плівку на слизовій оболонці шлунково-кишкового тракту, що захищає організм від інфекцій і токсинів. Дію гумінових кислот можливо пояснити високими адсорбційними властивостями, що сприяють знешкодженню токсинів у шлунково-кишковому тракті, поліпшенню травлення і засвоєнню кормів, які не тільки доповнюють раціон тварин елементами живлення, а й є активаторами обмінних процесів, комплексно й позитивно впливаючи на весь організм [16].

Фульвові кислоти мають здатність вступати в реакцію з мінералами і розбивають їх на частинки іонного розміру, утворюючи фульвати — найменші з можливих форм мінералів. Низька молекулярна маса забезпечує проникність фульвових кислот через клітинну мембрану, що дає можливість доставляти мікроелементи та інші поживні речовини прямо всередину клітини. Доставивши до клітини мінерали та поживні речовини, фульвові кислоти віддають їх, після чого зв'язують ВМ, і виводять їх з клітини.

Фульвові кислоти мають бактерицидну дію на умовно патогенну мікрофлору — кишкову паличку, золотистий стафілокок, протей, синьогнійну паличку та ін. До того ж, ФК не пригнічують корисну мікрофлору і не викликають резистентність (стійкість) патогенних мікроорганізмів. Загалом, введення комплексу гумінових та супутніх їм фульвових кислот до раціону тварин стимулює приріст живої маси, продуктивність, підвищує захисні сили організму і забезпечує отримання нормативної продукції на фоні забруднення навколишнього середовища важкими металами [16].

Дослідження на здорових добровольцях показують, що перорально застосовані гумінові кислоти збільшують сумарну концентрацію попередньо існуючої мікробіоти товстої кишки від 20% до 30% без змін у різноманітності бактерій окремого мікробіому і можуть бути серйозною альтернативою пробіотикам [17].

Експериментальні розробки з дослідження і застосування препаратів гумінової кислоти здійснювалися в медицині й

ветеринарії ще з 1967 р. Було встановлено норми згодовування й рекомендовано лікувальні дози препаратів, які виявляють свої позитивні властивості й можуть використовуватися як терапевтичні засоби для лікування різних захворювань органів ШКТ та порушень обміну речовин, пов'язаних із кишковими інфекціями. Передусім це зумовлено антибактеріальною й протівірусною дією гумінових кислот, а також їхнім в'язучим, антирезорбтивним і протизапальним характером. Обволікаючи слизову оболонку кишківника тварин, вони зменшують або повністю запобігають всмоктуванню токсичних продуктів обміну після інфекції, а також нівелюють наслідки згодовування неякісних кормів без будь-яких побічних ефектів на організм тварин. Під час терапії кишкових захворювань спостерігається зниження патологічної імпульсації з периферичних нервових закінчень кишківника й відновлення нормальної перистальтики та тонуусу. Під їхньою дією відновлюється кишковий імунітет у тварин, схильних до стресів. А під легким дубильним впливом ущільнюється слизова кишківника, зменшується її проникність і надлишкове виділення тканинної рідини в просвіт. Це безпосередньо впливає на профілактику зневоднення організму. До того ж, знижується ризик захворювань ШКТ і підвищується засвоюваність компонентів корму, що дає можливість для повноцінного росту й розвитку здорового поголів'я тварин і птиці [18].

Накопичено великий матеріал щодо впливу препаратів із гуміновими кислотами на імунний статус тварин. Гумінові кислоти через самостійні рецептори (Пеєрові пляшки), які знаходяться в стінці кишківника, стимулюють імунну систему організму для захисту від чужорідних впливів. Під впливом гуматів підсилюється фагоцитарна функція лейкоцитів, додатково стимулюються захисні сили організму, а це зменшує падіж і підвищує збереження молодняку.

Під час запальних процесів у шлунку й кишківнику, викликаних патогенною мікрофлорою, перспективною альтерна-

тивною антибіотикам і пробіотикам у стабілізації кишкової мікрофлори вважаються препарати гумінових кислот. Вони не менш успішно нейтралізують патогенну мікрофлору, під час одночасного придушення запалення й блокади місць налипання патогенних збудників у слизовій кишківника. Встановлено, що гумінові кислоти зв'язують патогенні кишкові палички в середньому на 94%, а ендотоксини на 82%. Зв'язані гуміновою кислотою бактерії й токсини виводяться з організму природним шляхом. Найбільш ефективним у терапії тварин вважається антивірусна дія гумінових кислот, оскільки в одужанні додатково задіяно імуномодулювальний вплив препарату на організм господаря [18; 19].

Висока біологічна активність препаратів із гуміновими кислотами проявляється і щодо грибкових захворювань. Зокрема, відзначено їх фунгіцидну дію проти *Candida albicans*, що населяють ШКТ тварин і людини. Препарати гумінових кислот складають конкуренцію загальноприйнятим мінеральним адсорбентам (активоване вугілля, глина, бентоніт, цеоліт та ін.). За рахунок своїх хімічних властивостей вони допомагають зв'язувати мікотоксини, катіони важких металів, проявляють адсорбційні властивості до нітритів, нітратів, інсектицидів та інших шкідливих речовин, що потрапляють у шлунково-кишковий тракт тварин. До того ж, ГК проходять між ворсинками епітелію кишківника й створюють захисну плівку з найтонших частинок, які захищають тканини епітелію й лімфатичних вузлів. Адсорбційний ефект від ГК посилюється їхньою здатністю проникати в тонкий відділ кишечника без змін і проявляти свої властивості щодо токсинів у потрібному місці: токсичні речовини фіксуються, сповільнюється їх всмоктування й прискорюється вихід з організму з фекаліями. Порівняно з антибіотиками, механізм гумінокислотної терапії проявляється досить повільно, впродовж 24–72 год [18].

Гумінові кислоти мають чітко виражену гепатопротекторну функцію. Вона реалізується за рахунок дезінтоксикаційних і

антиоксидантних властивостей, здатності бути індукторами мікосомальних ферментів, впливати на метаболічні процеси й підвищувати біосинтез поліамінів, що беруть участь у формуванні структури рибосом і процесах біосинтезу білка в гепатоцитах — клітинах печінки. Синтез поліамінів має безпосереднє відношення до процесів проліферації гепатоцитів і регенерації печінки. Кормові добавки з гуміновими кислотами безпосередньо впливають на відновлення головного фільтра організму й підвищують вихід товарної печінки від 30%.

Гумінові кислоти здійснюють важливий та позитивний вплив на репродуктивну функцію тварин і птиці. Досвід застосування кормових добавок із гуміновими кислотами показує, що у птиці підвищується несучість і товарні якості яйця (зниження бою й насічок, збільшення товщини шкаралупи, підвищення насиченості кольору жовтка та однорідності коричневого кольору яйця), а заплідненість зростає на 1,5–2,5%. Збільшуються терміни і якість репродуктивного використання: у курей несучок на 2–4 тижні, корів на 1 лактацію, у свиней довголіття свиноматок продовжується на 1–2 опороси за підвищення багатоплідності на 5–7% [18].

Отже, гумінові кислоти набули широкого використання в тваринництві, птахівництві та рибництві. Нові дослідження щодо ефективності їхнього використання і дозування у кролівництві актуальні донині. Показано ефективність ГК для зниження токсичності на організм кролів охратоксину-А. Під час застосування препарату на основі гумінової кислоти встановлено більший приріст у кролів новозеландської білої породи та вищий коефіцієнт конверсії корму [20]. Результати досліджень свідчать про можливість використання добавки ГК для інтенсифікації росту та мінералізації кісткової тканини кролів [21]. Виявлено ефективність застосування гумінових кислот для кращого всмоктування мінералів у кишківнику мишей [20].

Гумінові кислоти завдяки своїй високій молекулярній масі та різноманітності



функціональних груп, можуть хелатувати багато важких металів. Авторами було вивчено профілактичний ефект ГК на рівень тиреоїдних гормонів та гістопатологічний стан щитоподібної залози у курей-несучок в умовах отруєння свинцем. Отруєння свинцем не впливало на концентрації триїодтироніну або тироксину, проте на 167% збільшувало концентрацію тиреостимулювального гормону. Додаток ГК знижувала підвищений у результаті отруєння свинцем рівень тиреостимулювального гормону до нормального рівня. У несучок, які отримували свинець, відмічені дегенеративні зміни в епітеліальних клітинах щитоподібної залози. У міжфолікулярному просторі були присутні клітини сполучної тканини, відзначено значну кількість колоїду з частково атрофованими фолікулами. При паралельному введенні до раціону ГК ці гістопатологічні симптоми були менш вираженими. Зроблено висновок, що ГК пом'якшують вплив отруєння свинцем на функцію та структуру щитоподібної залози, можливо, за рахунок зниження його засвоєння залозою за рахунок хелатування, а також за рахунок протизапального ефекту ГК [22].

Під час вивчення впливу гумату натрію (0,1% розчин) на фізіологічні функції організму були проведені численні дослідження на різних видах лабораторних тварин (білі миші, білі щури, кролики, морські свинки, жаби) із терміном спостереження до 6 міс. Морфологічний склад крові (кількість еритроцитів, лейкоцитів і вміст гемоглобіну) зберігався на рівні фізіологічної норми з деякою тенденцією до збільшення кількості еритроцитів і гемоглобіну. Гумат натрію, що застосовується в цій концентрації, не надає побічного впливу на серцево-судинну систему. Судинозвужувальний ефект практично нівелюється в організмі розведеним у крові тварин при курсовому введенні. Під час гістоморфологічних досліджень не виявлено шкідливого впливу препарату на тканини таких життєвоважливих органів, як серце, печінка, легені, нирки, надниркові залози та щитоподібна залоза при тривалому введенні. За паренте-

рального введення у дозах, що багаторазово перевищують терапевтичну, препарат не викликає тератогенної та ембріотоксичної дії. Гумат натрію не має алергійних властивостей (при перевірці загальної та місцевої алергічних реакцій), не викликає підвищення температури (апірогенний). Під час визначення гострої токсичності гумату натрію було встановлено рівень  $LD_{50}$ , що дорівнює 0,536 г на кг маси, що свідчить про практичну нешкідливість препарату. Гумат натрію за введення отруйних доз строфантину і стрихніну покращує провідність серцевого м'язу та знижує рівень пригнічення гальмівних процесів у ЦНС. Ці дані свідчать про наявність антитоксичних властивостей гумату натрію. Гумат натрію впливає на обмінні процеси у тканинах: знижує активність каталази та підвищує одночасно активність пероксидази крові. Зазначається тенденція до зниження активності лужної фосфатази. Гумат натрію має донорно-акцепторні властивості та сприяє активації окисно-відновних процесів у клітинах рослин, має позитивний вплив на термодинамічний стан організму [23].

Гумат натрію за профілактичного введення підвищує резистентність організму в умовах кисневого голодування (перебування в барокамері та в замкнутому просторі) та полегшує перебіг і результат експериментально викликаних захворювань (фенілгідразінова анемія, серотонінова виразка шлунка, токсичний гепатит). Результати цих експериментів свідчать про багатопротічний вплив гумату натрію на різні системи організму та за механізмом дії характеризують його як адаптоген. Механізм дії гумату натрію пов'язаний із впливом його на системи, що підвищують загальну резистентність організму та антитоксичну функцію печінки. Фізіологічні, біохімічні та гістохімічні дослідження встановили, що за введення гумату натрію підвищення активності фагоцитозу, лізоциму, збільшення кількості глікогену, глютамінової кислоти, сульфгідрильних груп цистеїну в гепатоцитах та нормалізуючий вплив на активність аланінамінотрансферази та

аспартатамінотрансферази, церулоплазміну в сироватці крові [23].

Під впливом фульво- та гумінових кислот підвищується ефективність процесу окисного фосфорилування у дослідях *in vitro* на мітохондріях печінки щура. На лабораторних тваринах, яким упродовж 24 днів згодовували гомогенат торфугру або виділені з нього гумінові кислоти, показано зниження холестерину в крові, ліпідів, глюкози, збільшення глобулінів, гемоглобіну та кількості еритроцитів. Гумінові та фульвокислоти *in vitro* скорочують протромбіновий час плазми людини. Показано здатність гумінових кислот стимулювати деякі функції нейтрофілів людини [24–26].

Біостимулювальний ефект гумінових кислот у складі торфугру показаний на щурах із лапаротомією, яких протягом кількох днів опускали у торф'яну жижу. В результаті істотно зменшувалася кількість спайок, що утворюються. Для прискорення загоєння ранової поверхні застосовували спеціально розроблений гумат [27]. Препарати, приготовані з додаванням гумінових кислот, застосовуються під час лікування ревматичних і гінекологічних захворювань. Комплекс гумінова кислота–залізо підвищує засвоєння заліза та дає можливість одним лікарським засобом проводити у ветеринарній практиці терапію тонкокишкового залізодефіцитного синдрому. Для лікування діареї у ветеринарії запропоновано препарат на основі гумату натрію. Гумати рекомендовані для лікування метаболічних порушень у травній системі, де відсутні побічні ефекти та відбувається повне виведення препарату з організму, що особливо цінно у педіатричній клініці [28].

В експериментах виявлена антибактеріальна, протизапальна, антиоксидантна, гепатопротекторна, протівірусна активність ГК. Досліди *in vivo* та *in vitro* показали, що гумати виявляють антиоксидантну активність. Це пояснюється структурними особливостями ГК — насамперед наявністю великої кількості хіноїдних груп, які є каталізаторами окиснювально-відновних

реакцій [4]. З'являється дедалі більше наукових публікацій щодо вивчення антиоксидантних та адсорбційних властивостей гумінових кислот, підкреслюючи їх користь при інтоксикаціях [29].

Протизапальна активність ГК вивчена на моделях гострого і хронічного запалення. Можливий механізм протизапальної дії пояснюється здатністю ГК знижувати генерацію кисневих радикалів і зменшувати споживання кисню активованими фагоцитами. На сьогодні досліджено і вивчено протівірусну активність ГК. Механізм протівірусної дії ГК пояснюють здатністю їх полімерних молекул перешкоджати адсорбції вірусу на клітинній мембрані [4].

Фульвокислоти запобігають прогресуванню ранової інфекції та стимулюють імунну функцію. Імуномодулювальна властивість фульвових кислот впливає на окислювально-відновний стан і на здоров'я кишківника. Вчені здійснюють подальше дослідження фармакологічних властивостей гумусових кислот із метою розробки на їх основі лікарських препаратів. Велику увагу приділяють вивченню впливу гумусових кислот на імунологічну реактивність організму і поліпшення обмінних процесів, а також розробку високоєфективних біостимуляторів та імуномодуляторів — засобів підвищення загальної резистентності організму [4].

Науковцями доведено, що гумат натрію, лігногумат натрію, лігногумат калію в концентраціях 10–1000 мг/л та препарат «Гумізоль» (10–100 мг/л) не проявляють мутагенних ефектів в *Allium*-тесті. В культурі периферичної крові людини гумат натрію в концентрації 500 мкг/мл проявляє мутагенний ефект, а у концентраціях 10 мкг/л, 50 мкг/л та 100 мкг/л не впливає на рівень спонтанного мутагенезу. Ці речовини виявляють антимутагенні властивості щодо цитогенетичних ефектів діоксидину, тіофосфаміду та мітоміцину С в *Allium*-тесті. Антимутагенний ефект становить 40–70%. Також досліджувані препарати зменшують рівень радіаційно-індукованого мутагенезу в концентрації 100 мг/л після опромінення (доза 5, 10, 20 Гр) в

рослинній тест-системі. Антимутагенний ефект становить 28–53%. Гумат натрію (1 мкг/мл) проявляє радіопротекторні властивості в первинній культурі міогенних клітин новонароджених щурів [30].

У літературі повідомляється, що гумати блокують або зменшують вироблення гормонів, що викликають стрес, а також знімають набряки від запалення суглобів, оскільки зв'язуються з колагеновими волокнами, допомагаючи відновлювати пошкоджені сухожилля та кістки. При цьому міцність сухожилля збільшується на 75% [31].

На думку багатьох авторів, введення до складу поживних середовищ природних речовин, які є в ґрунтах і воді, здатне стимулювати ріст мікобактерій. Зокрема, вказується, що додавання гумінових речовин і фульвокислот дає змогу прискорити появу перших колоній мікобактерій різних видів, а також стимулює їх ріст і розмноження. Досліджено вплив різних концентрацій гумінових речовин і фульвокислот на інтенсивність росту *M. avium* на поживному середовищі Мордовського з рН 6,5 і 6,7. Встановлено, що додавання гумінових речовин пришвидшує появу перших колоній мікроорганізму, стимулює їх ріст і розмноження. Найбільш обґрунтованим є внесення до складу середовища гумінових речовин і фульвокислот у концентрації 0,05% [32].

## ВИСНОВКИ

Гумінові й фульвові кислоти та їх солі посідають особливе місце серед біологічно

активних речовин. Наведена вище інформація свідчить про те, що ГК та ФК проявляють широкий спектр біологічної дії, що визначає великий інтерес до гумінових речовин останнім часом. На їх основі створені різноманітні препарати для сільськогосподарства, ветеринарії та біологічно активні добавки, що застосовуються в медичній практиці. Застосування ГК і ФК у тваринництві та рослинництві збільшує частку екологічно чистої продукції, що позитивно впливає на стан здоров'я людини, гармонійні зв'язки населення та природи, та, загалом, дає можливість покращити екологічну безпеку держави.

Невелика кількість робіт, що присвячена впливу гумінових речовин на організм людини та її здоров'я, вказує перспективний шлях для майбутніх досліджень в області екології людини, в т. ч. щодо з'ясування ролі гумінових та фульвових кислот у процесах старіння й довголіття.

Найважливішим завданням подальших досліджень має бути вивчення впливу гумінових та фульвових кислот на здоров'я людини, та створення препаратів на основі гумінових речовин або лікувальних питних вод із різною концентрацією цих сполук. Оскільки відомо, що концентрація гумінових і фульвових кислот у природних водах України знижується від Полісся до Приазов'я і Причорномор'я, то встановлення кореляції між якістю здоров'я людини й довголіття та концентрацією гумінових речовин у питній воді є важливим аспектом екології людини.

## ЛІТЕРАТУРА

- Єфімова І.В., Смирнова О.В., Бессарабов В.І., Семенова Р.Г. Зміна структури гумінових кислот як спосіб регулювання антиоксидантних властивостей. *Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин*: зб. наук. пр. Київ: КНУТД, 2019. Вип. 2. Т. 1. С. 29–39.
- Олійник Л.П., Бернатська Н.Л., Реутський В.В., Комаренська З.М. Вивчення взаємодії гумінових кислот з іонами металів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Сер.: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2018. № 886. С. 41–46.
- Артем'єва К.С. Ефективність нових комплексних органічно-мінеральних добрив на чорноземі типово-му в умовах Лівобережного Лісостепу України: дис. ... канд. с.г наук: 06.01.04. Харків, 2018. 208 с.
- Струс О.Є. Теоретичне та експериментальне обґрунтування комплексного використання сапропелів для створення лікарських, ветеринарних та косметичних засобів: дис. ... д-ра фарм. наук: 15.00.01. Львів, 2021. 512 с.
- Осадча Н.М. Полідисперсність гумусових речовин поверхневих вод басейну Дніпра. *Наукові праці УкрНДІГМІ*. 2010. Вип. 259. С. 145–170.
- Васильчик Т.А., Афанасьєв С.А. Гумусовые вещества в бассейне трансграничных участков рек Припяти и Днепра. *Природничий альманах*. 2004. Вип. 7. С. 29–34.

7. Горова А.І., Лисицька С.М., Скворцова Т.В. Екологічні аспекти відновлення гумусного стану та екологічних функцій агроландшафтів територій, порушених гірничою діяльністю. *Український гірничий форум*: зб. матер. (м. Дніпро, 1–2 жовт. 2015 р.). Дніпро, 2015. Т. 3. С. 187–191.
8. Досягнення та перспективи застосування гумінових речовин у сільському господарстві: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 95-річчю Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ) та 110-річчю від дня народження проф. Л.А. Христевої (м. Дніпро, 19–20 жовт. 2017 р.) / за ред. Л.М. Степченко. Дніпро, 2017. 164 с.
9. Козаренко Д.О. Застосування гуматів — перспективний метод зменшення хімічного навантаження на агроценози. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 8. С. 14–16.
10. Юрченко С.О., Баган А.В., Шакалій С.М. Вплив стимуляторів росту на укорінення лаванди вузьколистій для садово-паркового вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 73–77.
11. Коломієць Ю.В., Григорюк І.П., Буценко Л.М. Індукуючий вплив біодобрив на продуктивність рослин томатів і формування мікробіоти ризосфери. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221013>.
12. Зінкевич А.Р., Буденкова Н.М. Розробка технології вилучення гумінових кислот з торфу і бурого вугілля. *Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. № 1. С. 108–111.
13. Гунчак А.В., Степченко Л.М., Ратич І.Б., Стефанишин О.М. Ефективність використання сполук гумінової природи в раціонах перепілок. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 2(44). С. 53–57.
14. Kucukersan S., Kucukersan K., Colpan I. et al. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med.* 2005. Vol. 50(9). P. 406–410.
15. Thomassen V.P. and Faust R.H. The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands. Conference Paper IFOAM; IFOAM 2000, the world grows organic international scientific conference. Basle, 2000. P. 339.
16. Склярів П. Використання препарату VITAPOL® пульвіс для профілактики післяродової патології корів і підвищення життєздатності новонароджених телят. *Проблеми репродуктології тварин. Шляхи вирішення*: зб. матеріалів конф. з ветеринарної медицини (м. Київ, 20 жовт. 2022 р.). Київ, 2022. С. 4–6.
17. Swidsinski A., Dörffel Y., Loening-Baucke V. et al. Impact of humic acids on the colonic microbiome in healthy volunteers. *World J Gastroenterol*. 2017. Vol. 23(5). P. 885–890. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i5.885>.
18. Андросович І.І. REASIL реальна сила гумінових кислот для тварин і птиці. *Тваринництво сьогодні*. 2019. № 1. С. 71–75.
19. Laub R. Laub developing humate with anti-HIV, HSV, HPV and other antiviral activity. *Antiviral Drug and Vaccine Development Information*. 2000. Vol. 12. № 2.
20. Корнійчук Ю.В., Грушанська Н.Г., Костенко В.М. Профілактика порушень обміну мінеральних речовин у лактуючих кролиць. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Сер.: Ветеринарні науки*. 2020. Т. 22, № 97. С. 147–156.
21. Rybalka M.A., Stepchenko L.M., Shuleshko O.O. and Zhorina L.V. The impact of humic acid additives on mineral metabolism of rabbits in the postnatal period of ontogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. Vol. 11(2). P. 289–293. DOI: <https://doi.org/10.15421/022043>.
22. Sahin A., Iskender H., Terim Kapakin K.A. et al. The effect of humic acid substances on the thyroid function and structure in lead poisoning. *Braz. J. Poultry Sci.* 2016. Vol. 18(4). P. 649–653. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0266>.
23. Лотош Т.Д. Гумат натрия из торфа как фактор повышения неспецифической резистентности организма: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13. Одесса, 1985. 202 с.
24. Bernacchi F., Ponzanelli I., Barale R. and Bertelli F. In-vivo and In-vitro mutagenicity studies on natural humic acid (HA). ATTI-Associazione Genetica: Italiana Conference Paper (Alghero, Italy, October 1991). *Alghero*, Italy, 1991. Vol. 37. P. 49–50.
25. Gau R.J., Yang H.L., Suen J.L. and Lu F.J. Induction of oxidative stress by humic acid through increasing intracellular iron; a possible mechanism leading to atherothrombotic vascular disorder in blackfoot disease. *Biochem Biophys Res Commun*. 2001. Vol. 283(4). P. 743–749.
26. Schneider J., Weis R., Manner C. et al. Inhibition of HIV-1 in cell culture by synthetic humate analogues derived from hydroquinone; mechanism of inhibition. *Virology*. 1996. Vol. 218(2). P. 389–395.
27. Kreutz B. and Schliekewew W. Effects of Implanted bovine calcium hydroxyapatite with humate. *Arch. Orthop. Trauma Surg*. 1992. Vol. 111(5). P. 259–264.
28. Chirase N.K., Greene L.W., McCollum F.T. et al. Effect of Bovipro on performance and serum metabolites concentrations of beef steers. *Western Section, American Society of Animal Science Proceedings*. 2000. Vol. 51. P. 415–418.
29. Janka V., Stupák M., Vidová Ugurbaş M. et al. Therapeutic efficiency of humic acids in intoxications. *Life*. 2023. Vol. 13(4). P. 971. DOI: <https://doi.org/10.3390/life13040971>.
30. Шкарупа В.М. Гумінові речовини як модифікатори мутаційного процесу: дис. ... д-р біол. наук: 03.00.15. Київ, 2020. 484 с.
31. Effects of humic acid on animals and humans. An overview of literature and a review of current research. URL: [https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAaxWXJhAIHXGJAE4ChAWegQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F433%2FEffects\\_of\\_humic\\_acid\\_on\\_](https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAaxWXJhAIHXGJAE4ChAWegQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F433%2FEffects_of_humic_acid_on_)

animals\_and\_humans.pdf&usq=AOvVaw1pIzYg5IKI4mV9Z6z83\_3P&ori=89978449.

32. Ткаченко О.А., Єфімова О.О. Вплив гумінових і

фульвокислот на інтенсивність росту *M. Avium* на живильному середовищі Мордовського. *Науково-технічний бюлетень*. 2012. Т. 13. № 3–4. С. 1–4.

## REFERENCES

1. Yefimova, I.V., Smyrnova, O.V., Bessarabov, V.I. & Semenova, R.H. (2019). Zmina struktury huminovykh kyslot yak sposob rehulivuvannya antyoksydantnykh vlastyvoستي [Changing the structure of humic acids as a way of regulating antioxidant properties]. *Fizyko-orhanichna khimiia, farmakolohiia ta farmatsevtichna tekhnolohiia biolohichno aktyvnykh rechovyn: zbirnyk naukovykh prats — Physical and organic chemistry, pharmacology and pharmaceutical technology of biologically active substances: collection of scientific works, 2 (1)*, 29–39 [in Ukrainian].
2. Oliinyk, L.P., Bernatska, N.L., Reutskyi, V.V. & Komarenska, Z.M. (2018). Vychennia vzaiemodii huminovykh kyslot z ionamy metaliv [Study of the interaction of humic acids with metal ions]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». Seriya: Khimiia, tekhnolohiia rehovyn ta yikh zastosuvannia — Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Chemistry, technology of substances and their application, 886*, 41–46 [in Ukrainian].
3. Artemieva, K.S. (2018). Efektyvnist novykh kompleksnykh orhano-mineralnykh dobyrv na chornozemi typovomu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Effectiveness of new complex organo-mineral fertilizers on typical chernozem in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Strus, O.Ye. (2021). Teoretychne ta eksperymentalne obruntuvannia kompleksnoho vykorystannia sapropeliv dlia stvorennia likarskykh, veterynarnykh ta kosmetychnykh zasobiv [Theoretical and experimental substantiation of the complex use of sapropels for the creation of medicinal, veterinary and cosmetic products]. *Doctor's thesis*. Lviv [in Ukrainian].
5. Osadcha, N.M. (2010). Polidispersnist humusovykh rehovyn povorkhnevnykh vod baseinu Dnipra [Polydispersity of humic substances of surface waters of the Dnipro basin]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UHMI, 259*, 145–170 [in Ukrainian].
6. Vasylchuk, T.A. & Afanasiev, S.A. (2004). Humusove veshchestva v basseine transhranychnykh uchastkov rek Prypiaty i Dnepra [Humic substances in the basin of the transboundary sections of the Pripjat and Dnieper rivers]. *Pryrodnychiy almanakh — Natural almanac, 7*, 29–34 [in Ukrainian].
7. Horova, A.I., Lysytska, S.M. & Skvortsova, T.V. (2015). Ekolohichni aspekty vidnovlennia humusnoho stanu ta ekolohichnykh funktsii ahrotlandshaftiv terytorii, porushennykh hirnychoiu diialnistiu [Ecological aspects of restoration of the humus state and ecological functions of agro-landscapes of territories disturbed by mining activities]. *Ukrainskyi hirnychy forum: zbirnyk materialiv [Ukrainian mining forum: collection of materials]*. (pp. 187–191). Dnipro [in Ukrainian].
8. Stepchenko L.M. (Ed.) (2017). *Dosiahnennia ta perspektyvy zastosuvannia huminovykh rehovyn u silskomu hospodarstvi: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, prysviachenoj 95-richchiu Dniprovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu (DDAEU) ta 110-richchiu vid dnia narodzhennia prof. L.A. Khrystievoj [Achievements and prospects of the use of humic substances in agriculture: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Dnipro State Agrarian and Economic University (DDAEU) and the 110th anniversary of the birth of prof. L.A. Hristeva]*. Dnipro [in Ukrainian].
9. Kozarenko, D.O. (2013). Zastosuvannia humativ — perspektyvnyi metod zmenshennia khimichnoho navantazhennia na ahrotsenozy [The use of humates is a promising method of reducing the chemical load on agrocenoses]. *Karantyn i zakhyst roslyn — Quarantine and plant protection, 8*, 14–16 [in Ukrainian].
10. Yurchenko, S.O., Bahan, A.V. & Shakalii, S.M. (2022). Vplyv stymuliatoriv rostu na ukorinennia lavandy vuzkolistoi dlia sadovo-parkovoho vyroshchuvannia [The effect of growth stimulants on the rooting of narrow-leaved lavender for horticultural cultivation]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations, 15*, 73–77 [in Ukrainian].
11. Kolomiets, Yu.V., Hryhoriuk, I.P. & Butsenko, L.M. (2017). Indukuiuchy vplyv biodobryv na produktyvnist roslin tomativ i formuvannia mikrobioty ryzosfery [The inducing effect of biofertilizers on the productivity of tomato plants and the formation of rhizosphere microbiota]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal, 1*, 75–82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221013> [in Ukrainian].
12. Zinkevych, A.R. & Budenkova, N.M. (2016). Rozrobka tekhnolohii vyluchennia huminovykh kyslot z torfu i buroho vuhillia [Development of technology for extracting humic acids from peat and lignite]. *Studentskyi visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia — Student Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management, 1*, 108–111 [in Ukrainian].
13. Hunchak, A.V., Stepchenko, L.M., Ratykh, I.B. & Stefanyshyn, O.M. (2017). Efektyvnist vykorystannia spoluk huminovoiv pryrody v ratsionakh perepilok [The effectiveness of the use of compounds of humic nature in quail diets]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu — Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, 2 (44)*, 53–57 [in Ukrainian].
14. Kucukersan, S., Kucukersan, K., Colpan, I. et al. (2005). The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med., 50 (9)*, 406–410 [in English].
15. Thomassen, B.P. & Faust, R.H. (2000). The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands. *Conference Paper IFOAM; IFOAM 2000, the world grows organic*



- international scientific conference* (p. 339). Basle [in English].
16. Skliarov, P. (2022). Vykorystannia preparatu VITAPOL® pulvic dlia profilaktyky pisljarodovoi patolohii koriv i pidvyshchennia zhyttiezdatnosti novonarodzhenykh teliat [The use of the drug VITAPOL® pulvic for the prevention of postpartum pathology in cows and increasing the viability of newborn calves]. *Problemy reproductolohii tvaryny. Shliakhy vyrishennia: zbirnyk materialiv konferentsii z veterynarnoi medytsyny [Problems of animal reproduction. Solutions: collection of materials of conferences on veterinary medicine]*. (pp. 4–6). Kyiv [in Ukrainian].
  17. Swidsinski, A., Dörrfel, Y., Loening-Baucke, V. et al. (2017). Impact of humic acids on the colonic microbiome in healthy volunteers. *World J Gastroenterol*, 23 (5), 885–890. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i5.885> [in English].
  18. Androsovych, I.I. (2019). REASIL realna syla huminovykh kyslot dlia tvaryny i ptysi [REASIL is the real power of humic acids for animals and poultry]. *Tvarynystvo sohodni — Animal husbandry today*, 1, 71–75 [in Ukrainian].
  19. Laub, R. (2000). Laub developing humate with anti-HIV, HSV, HPV and other antiviral activity. *Antiviral Drug and Vaccine Development Information*, 12 (2) [in English].
  20. Kornichuk, Yu.V., Hrushanska, N.H. & Kostenko, V.M. (2020). Profilaktyka porushen obminu mineralnykh rehovyn u laktuiuchykh krolyts [Prevention of mineral metabolism disorders in lactating rabbits]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhitskoho. Seriya: Veterynarni nauky — Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhitskyi. Series: Veterinary Sciences*, 22 (97), 147–156 [in Ukrainian].
  21. Rybalka, M.A., Stepchenko, L.M., Shuleshko, O.O. & Zhorina, L.V. (2020). The impact of humic acid additives on mineral metabolism of rabbits in the postnatal period of ontogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (2), 289–293. DOI: <https://doi.org/10.15421/022043> [in English].
  22. Sahin, A., Iskender, H., Terim Kapakin, K.A. et al. (2016). The effect of humic acid substances on the thyroid function and structure in lead poisoning. *Braz. J. Poultry Sci.*, 18 (4), 649–653. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0266> [in English].
  23. Lotosh, T.D. (1985). Humat natriya yz torfa kak faktor povysheniya nespetsyficheskoi rezystentnosti orhanyzma [Sodium humate from peat as a factor in increasing the non-specific resistance of the body]. *Candidate's thesis*. Odessa [in Ukrainian].
  24. Bernacchi, F., Ponzanelli, I., Barale, R. & Bertelli, F. (1991). In-vivo and In-vitro mutagenicity studies on natural humic acid (HA.) *ATTI-Associazione Genetica: Italiana Conference Paper*, 37, 49–50 [in English].
  25. Gau, R.J., Yang, H.L., Suen, J.L. & Lu, F.J. (2001). Induction of oxidative stress by humic acid through increasing intracellular iron; a possible mechanism leading to atherothrombotic vascular disorder in blackfoot disease. *Biochem Biophys Res Commun.*, 283 (4), 743–749 [in English].
  26. Schneider, J., Weis, R., Manner, C. et al. (1996). Inhibition of HIV-1 in cell culture by synthetic humate analogues derived from hydroquinone; mechanism of inhibition. *Virology*, 218 (2), 389–395 [in English].
  27. Kreutz, B. & Schlikekewey, W. (1992). Effects of Implanted bovine calcium hydroxyapatite with humate. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 111 (5), 259–264 [in English].
  28. Chirase, N.K., Greene, L.W., McCollum, F.T. et al. (2000). Effect of Bovipro on performance and serum metabolites concentrations of beef steers. *Western Section, American Society of Animal Science Proceedings*, 51, 415–418 [in English].
  29. Janka, V., Stupák, M., Vidová Uğurbaş, M. et al. (2023). Therapeutic efficiency of humic acids in intoxications. *Life*, 13 (4), 971. DOI: <https://doi.org/10.3390/life13040971> [in English].
  30. Shkarupa, V.M. (2020). Huminovi rehovynny yak modyfikatory mutatsiynoho protsesu [Humic substances as modifiers of the mutation process]. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
  31. Effects of humic acid on animals and humans. An overview of literature and a review of current research. (n.d.). URL: [https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAAxWXJhAIHXGJAJQE4ChAWe gQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F4333%2Feffects\\_of\\_humic\\_acid\\_on\\_animals\\_and\\_humans.pdf&usg=AOvVaw1pIzYg5IKI4mv9Z6z83\\_3P&opi=89978449](https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAAxWXJhAIHXGJAJQE4ChAWe gQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F4333%2Feffects_of_humic_acid_on_animals_and_humans.pdf&usg=AOvVaw1pIzYg5IKI4mv9Z6z83_3P&opi=89978449) [in English].
  32. Tkachenko, O.A. & Yefimova, O.O. (2012). Vplyv huminovykh i fulvokyslot na intensyvniost rostu *M. avium* na zhyvylnomu seredovyschi Mordovskoho [The influence of humic and fulvic acids on the intensity of growth of *M. avium* on Mordovsky's nutrient medium]. *Naukovo-tehnichnyi biuleten — Scientific and technical bulletin*, 13 (3–4), 1–4 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 21.05.2023

## «ЦВІТІННЯ» ВОДИ ЦІАНОБАКТЕРІЯМИ ЯК ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ВОДОЙМ

Л.В. Центило<sup>1</sup>, І.М. Стецюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)  
e-mail: 2037127@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6546-2826

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8392-6527

У статті викладено та проаналізовано проблему забруднення ціанотоксинами водних об'єктів України та інших країн світу. Евтрофікація водойм, яка спричинена діяльністю людини та зміна клімату зумовлюють неконтрольований розвиток ціанобактерій, а відповідно — екологічну небезпеку в об'єктах гідросфери. Антропогенна евтрофікація, підвищення температури, збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері, як наслідок перетворення внесеної органіки у водах, сприяють посиленню домінування ціанобактерій у водних екосистемах. Ціанобактерії продукують різні нейротоксини, гепатотоксини і дерматоксини, зокрема такі відомі, як нодулярин, сакситоксин, мікроцистин, домоєва кислота, гуанітоксин, анатоксини та ін. Перевищення критичної маси водоростей та їх метаболітів активізує процес саморозкладу. Це спричиняє вилучення з води кисню, і натомість виділення метану, сірководню, аміаку, та інших токсичних речовин. Результатом цього є не тільки загибель риби. Крім того, ціанобактерії здатні до природної генетичної трансформації — генетичної зміни клітини в результаті прямого поглинання і включення екзогенної ДНК з її оточення. Ефективним розв'язанням питання контролю активності ціанобактерій є застосування гумінових речовин. Було встановлено, що гумінові кислоти та фульвокислоти у певних концентраціях негативно позначаються на рості, розвитку та активності ціанобактерій. Гумінові речовини, як складова органічної речовини та резерв органічного вуглецю в його глобальному кругообігу, за підвищення їх концентрації у водоймах здійснюють негативний вплив на гідробіонти. Однак, саме гумінові речовини здатні регулювати активність фітопланктону. Внесення гумінових речовин (концентрація 2–5 мг/дм<sup>3</sup>) у водойму помітно впливають на активність фітопланктону, зокрема пригнічують вегетацію фітопланктону, зменшують слизоутворення ціанобактерій, та, від початку інактивують синтез ціанотоксинів. Цей ефект забезпечується лужним рН гуматів, високим вмістом заліза та міді.

**Ключові слова:** водні екосистеми, антропогенна евтрофікація, синьозелені водорості, токсини, гумінові речовини, бактерії.

### ВСТУП

Антропогенне навантаження на водні екосистеми відображається на якості та безпечності води поверхневих водойм, питної води і населенні водойм. Збільшення обігу водних ресурсів для сільського господарства, рибного господарства призводить до забруднення водних об'єктів. Активне заселення водних екосистем ціанобактеріями континентальних водойм засвідчує зміну клімату та втручання людини у природні ресурси. Інтоксикація водних об'єктів продуктами метаболізму ціанобактерій позна-

чається на здоров'ї й житті людини, може призвести до дефіциту води, безпечних харчових ресурсів та самих водних екосистемах.

Застосування у цілях боротьби із ціанобактеріями хімічних препаратів з групи гербіцидів і біоцидів (альгіцидів) зумовлює тільки погіршення стану водойм — утворення шкідливих галогенвмісних похідних ціанотоксинів, що утворюються у результаті активного галогенування (хлорування) хлорвмісними альгіцидами.

**Мета роботи** полягала в аналізі літературних джерел щодо впливу токсинів ціанобактерій на водні екосистеми та ви-

користання гумінових кислот і їх сполук для реабілітації водоймищ.

Розв'язання проблеми інтоксикації водойм токсинами ціанобактерій має носити комплексний характер. Комплексність підходу регулювання активності синьо-зелених водоростей включає можливості застосування механічної очистки водойм, трансформації продуктів метаболізму речовинами, які мають основні (лужні) властивості та залучення живих мікроорганізмів (бактерій), які є активними продуцентами ферментів й антибіотичних сполук. Тільки комплекс (система) заходів щодо небезпечних ціанобактерій, які викликають порушення гомеостазу водних екосистем й погіршення якості води, зможе забезпечити позитивний вихід із ситуації, яка склалася останнім часом.

### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблема негативного впливу синьо-зелених водоростей на екосистеми водойм привертає увагу вчених всього світу. Так, українські вчені [3; 4] вивчали негативний вплив ціанобактерій та пропонували їх утилізацію для виробництва біогазу й пригнічення їх розвитку за впливу гумінових речовин. Встановлено, що концентрація гумінових кислот 2 та 5 мг/л води пригнічували активність синьо-зелених водоростей [4]. Однак такі наукові дослідження, на жаль, лише поодинокі.

Використання бактерій із метою знезараження, біоремедіації доведена як нашими, так і зарубіжними вченими. Використання живих організмів для здійснення перетворень органічних сполук, розчинення фосфатів, зменшення токсичного впливу пестицидів, мікотоксинів є прогресивним рішенням.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Водні ресурси були і будуть життєво важливим природним ресурсом, який має особливе значення. Використання води у всьому світі зростає більш ніж удвічі швидше, ніж приріст населення за останнє сто-

річчя. По суті, демографічне зростання і економічний розвиток чинять безпрецедентний тиск на поновлювані, але вичерпні водні ресурси.

Наразі Україна належить до держав із недостатнім забезпеченням водними ресурсами. Внутрішні води України вкривають близько 42,24 тис. км<sup>2</sup>, що сягає практично 7,0% від загальної території (603,548 тис. км<sup>2</sup>). До цих об'єктів належать річки, озера, водосховища, ставки, канали. Традиційно вода розглядається та використовується тільки як господарський ресурс для промислового і сільськогосподарського виробництва, отримання електроенергії, а також для скидання стічних вод [2]. Забруднення водних екосистем України промисловими, побутовими стоками та викидами сільськогосподарських підприємств наразі є буденністю.

Радикальне погіршення якості більшості вод України, а саме, підвищення концентрації азоту, фосфору, органічних та неорганічних сполук у поверхневих водах, що виникає внаслідок забруднення води викидами, зміни кліматичних умов, ініціює неконтрольований розвиток певних угруповань мікроорганізмів, які становлять екологічну небезпеку.

Такі негативні дії навколишнього природного середовища наслідки впливають на населення водойм, змінюють біоту водойм. Результатом створення нових взаємозв'язків у новій біоті та створення нової біотичної ієрархії став бурхливий неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей, які заповнили водосховища дніпровського каскаду та інших водойм [6].

Питома густина ціанобактерій дещо менша за густину води, тому навіть після сильного шторму вони за незначний час спливають на поверхню води та інтенсивно розвиваються, споживаючи сонячну енергію. Доволі швидко утворюється щільний поверхневий шар із синьо-зелених водоростей, який зменшує коефіцієнт відбивання сонячного проміння. Це, своєю чергою, сприяє додатковому прогріванню поверхневого шару, а отже і прискоренню розвитку водоростей — процес стає автокаталітичним.

Зменшення вмісту кисню у воді під час розкладання ціанобактерій настільки істотно, що в при поверхневому шарі виникають умови для їх безкисневої ферментації. Часті коливання рівня на нижніх б'єфах гідростанцій призводять до затоплення широких прибережних смуг і потрапляння насиченої ціанобактеріями літньої води в інші водойми [3; 6].

Активний розвиток синьозелених водоростей пояснюється не тільки зміною умов клімату, безгосподарським веденням господарства більшістю підприємств, а й суттю самих мікроорганізмів.

Ціанобактерії — одноклітинні нитчасті та колоніальні мікроорганізми, що відрізняються видатною здатністю адаптувати склад фотосинтетичних пігментів до спектрального складу світла, так що колір варіюється від світло-зеленого до темно-синього. Деякі азотофіксуючі ціанобактерії здатні до диференціювання — формування спеціалізованих клітин: гетероцист і гормоніїв. Гетероцисти виконують функцію азотофіксації, в той час як інші клітини здійснюють фотосинтез.

Ціанеї здатні до формування товстих бактеріальних матів. Деякі види анатоксинів токсичні (виділяють такі токсини, як-то, аплізіатоксин, ціліндропермопсин, домову кислоту, мікроцистин, нодулярин, неосакситоксин, сакситоксин) й умовно патогенні (наприклад, *Anabaena*). Ці мікроорганізми — головні учасники «цвітіння» води, яке викликає масові замори риби й отруєння тварин і людей. Унікальне екологічне положення зумовлено наявністю двох важкопоєднаних здібностей: до фотосинтетичної продукції кисню і фіксації атмосферного азоту (у 2/3 вивчених видів).

Синьозеленим водоростям властивий гетеро- та хемотрофний спосіб живлення, що дає можливість мікроорганізмам виживати у складних, і, навіть, абіотичних умовах. Продуктування полісахаридів ціанеями надає можливість вбирати різні органомінеральні комплекси, важкі метали й бути так званим «абсорбентом». Ці характеристики носять як позитивний, так

і негативний характер для водойм та гідробіонтів. Активний розвиток ціанеї влітку за сприятливих для них умов (стояча вода, високі температури, наявність органічних азотовмісних та фосфорвмісних сполук) створює на поверхні води «слизову плівку» синьозеленого кольору.

Активізація розвитку мікроорганізмів на поверхні водойм, продукування ними великої кількості кисню спричиняє процеси оксигенації (окислення) органічних сполук водойм, що призводить до утворення великої кількості токсичних для гідробіонтів сполук, у т. ч. безпосередньо, токсинів самих окиснювачів.

Ціанобактерії за загальноприйнятною версією є «творцями» сучасної кисневмісної атмосфери на Землі, що зумовило «кисневу катастрофу» — глобальну зміну складу атмосфери, яка сталася на самому початку протерозою (близько 2,4 млрд років тому). Ці зміни сприяли подальшій розбудові біосфери та глобального гуронського оледеніння.

Ціанобактерії — це глобально поширені фотосинтезуючі прокаріоти, які роблять основний внесок у великі біогеохімічні цикли [7]. Вони — одні з найдавніших організмів на Землі, процвітають в різноманітних і, навіть, екстремальних середовищах існування.

Ціанобактерії, об'єднуючись у великі та величезні колонії на поверхні будь-яких водойм, утворюють ціанобактеріальні мати (ціанобактеріальні спільноти) — високоінтегровані прокаріотні спільноти, часто пов'язані синтрофічними відносинами, в які входять фотосинтезуючі ціанобактерії, факультативні аероби і анаероби.

Продуктом життєдіяльності ціанобактеріальних матів є строматоліти — карбонатні (частіше вапняні або доломітові) споруди з мінералізованих залишків їх нижніх шарів. У найбільш розвинених спільнотах від поверхні мату до підстилаючого субстрату спостерігається диференціація мікробіологічного складу, в якому виділяють кілька функціональних шарів:

- верхній фотосинтезуючий аеробний шар — поверхня зростання, утворена

автотрофними фотосинтезуючими ціано- бактеріями і аеробними гетеротрофами, які утилізують кисень, що виділяється ціано- бактеріями і органічними сполука- ми відмерлих мікроорганізмів;

- проміжний шар, утворений фотосинте- зуючими мікроорганізмами — факультативними анаеробами, що використо- вують світло, яке пройшло крізь верхній шар мату, і гетеротрофними факультативними аеробами. У денний час у про- міжному шарі може бути присутнім кисень, у нічний час — умови стають анаеробними;
- афотична гетеротрофна анаеробна зона, утвореними мікроорганізмами, які здатні мінералізувати органічні залишки.

Отже, розвинені ціано- бактеріальні мати представляють собою фактично замкнуту мікроекосистему з нульовим балансом: продукція кисню та органічних речовин дорівнює їх споживання. Фотосинтезуючі бактерії проміжного шару містять фото- синтезуючі пігменти, що мають макси- мум поглинання світла в спектральних областях, відмінних від максимуму по- глинання ціано- бактеріального хлорофілу. Така відмінність дає змогу їм більш ефек- тивно використовувати світло, яке про- ходить крізь товщу верхнього шару мату. При зміні спектра освітленості («почер- воніння» вранці і ввечері) в маті відбува- ються впорядковані вертикальні міграції бактерій із різними типами пігментів.

Для інтенсивного розвитку синьо-зелені водорості вимагають три головні умови: наявність поживних речовин (азот і фос- фор), тепла вода ( $>20^{\circ}\text{C}$ ) і відсутність течій. Саме ці умови виникають влітку переважно в озерах та водосховищах. За сприятливих умов синьо-зелені водорос- ті діляться двічі–тричі на добу і за три- чотири дні збільшення їх біомаси відбу- вається в 10–12 разів, що може заповнити будь-яку водойму впродовж короткого часу. Ніхто з живих організмів цю біомасу не їсть і не знищує. Ціано- бактеріальна маса відмирає через кілька днів існування, осі- даючи пластівцями на дні водойм, які під час розкладання поглинають кисень, ство-

рюючи безкисневі, «мертві» ділянки дна [1].

«Цвітіння» води — масовий розвиток одного або декількох видів водоростей у водоймі, що супроводжується зміною за- барвлення (кольоровості) води. Вона може бути зеленого, червоного, жовто-ко- ричневого або чорного кольору. «Цвітіння» помітне за концентрації водоростей близь- ко  $1\text{ г/м}^3$ , але влітку їх біомаса нерідко ся- гає  $70\text{--}100\text{ г/м}^3$  й більше, що може зумо- вити екологічну небезпеку таких водойм чи ділянок водойм, забруднення джерел питної води тощо.

Антропогенна евтрофікація, підвищен- ня температури, збільшення вмісту вуг- лекислового газу в атмосфері, як наслідок перетворення внесеної органіки у водах, сприяють посиленню домінування ціано- бактерій у водних екосистемах [18].

Окрім гетерогенності живлення та різ- них адаптивних можливостей виживання у складних умовах існування, ціано- бактерії здатні до природної генетичної трансфор- мації — генетична зміна клітини в резуль- таті прямого поглинання і включення екзо- генної ДНК з її оточення. Для того, щоб відбулася бактеріальна трансформація, бак- терії-реципієнти повинні бути в екстре- мальних природних умовах — голод, висо- ка щільність клітин або вплив агентів, що ушкоджують ДНК. За хромосомної транс- формації гомологічна трансформуюча ДНК може бути інтегрована в геном реципієнта за допомогою гомологічної рекомбінації, і цей процес, очевидно, є адаптацією для відновлення пошкоджень ДНК [9].

Останнім часом в Україні відмічаєть- ся літнє «цвітіння» озер, водойм рибогос- подарського призначення, водосховищ, деяких річок й навіть морів, що свідчить про активний розвиток синьо-зелених во- доростей. Під час «цвітіння» вода набуває неприємного запаху, погіршуються її еко- логічні якості. Особливо шкідливим є над- мірне «цвітіння». Шар води, що «цвіте», може досягати 10–15 см завтовшки. Високі концентрації токсинів ціано- бактерій та їх продуктів розпаду присутні у всій товщі забрудненої води.



Перевищення критичної маси водоростей та їх метаболітів активізує процес саморозкладу. Це призводить до вилучення з води кисню, і натомість виділення метану, сірководню, аміаку й інших токсичних речовин. Результатом цього є не тільки загибель риби й інших гідробіонтів. Одним із найбільш важливих процесів, що визначає екофізіологію ціанобактерій, є загибель власних клітин. Дослідження підтверджують існування контрольованої загибелі клітин у ціанобактерій. Різні форми загибелі колоній ціаней були описані як біотичні і абіотичні стреси. Однак дослідження клітинної смерті ціанобактерій є відносно молодою областю і розуміння основних і молекулярних механізмів, що лежать в основі цього фундаментального процесу, залишається значною мірою невловимим. Інформація щодо загибелі клітин морських і прісноводних ціанобактерій вказують на те, що цей процес має серйозні наслідки для екології мікробних спільнот й спостерігаються в стресових умовах. Припускають, що загибель клітин відіграє ключову роль у процесах розвитку, таких як диференціювання акінето і гетероцист [7; 10; 14].

Зміна клімату прямо і опосередковано сприяє інтенсивному розвитку ціанобактерій та, ймовірно, збільшить частоту, інтенсивність і тривалість «цвітіння» в багатьох евтрофних озерах, водосховищах і естуаріях [15; 23].

Ціанобактерії, що викликають «цвітіння», продукують різні нейротоксини, гепатотоксини і дерматоксини, які можуть бути смертельними для гідробіонтів, птахів і ссавців (включаючи водоплавних птахів, велику рогату худобу, собак) та загрожують використанню водойм для водопостачання питної води, рекреації, сільського господарства, іригації, рибориства. Токсичні ціанобактерії викликали серйозні проблеми з якістю води озер Тайху (Китай), Ері (США), Окічобі (США), Вікторія (Африка) й інших водойм [11; 15; 20].

За закінчення вегетації синьозелені водорості спричиняють активні процеси оксигенації, замулення, нестачу кисню у

нижніх шарах води. Масовий ріст та загибель ціаней спричиняє потужну інтоксикацію водойм, накопичення як самих токсинів, так і продуктів їх розпаду. Серед відомих токсинів синьозелених водоростей слід виділити такі [17]:

- нодулярини — сильні небезпечні токсини, які виробляє *Nodularia spumigena*. Цвітіння останніх наприкінці літа є однією із найбільших у світі ціанобактеріальних мас. Нодулярин-R є домінуючим варіантом токсину, серед 10 варіантів нодулярину, які відомі сьогодні. Ці сполуки є відносно стабільними речовинами: світло, температура і мікрохвилі не завдають великої дії для розкладання цих сполук;
- сакситоксин — органічна сполука, пуриновий алкалоїд, нейротоксин небілкової природи, що продукується деякими видами динофлагелят (*Gonyaulax catenella*, *Alexandrium* sp., *Gymnodinium* sp., *Pyrodinium* sp.), а також деякими ціанобактеріями (*Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Cylindrospermopsis* sp., *Lyngbya* sp., *Planktothrix* sp.);
- мікроцистини або ціаногінозини — клас токсинів, що виробляються деякими прісноводними синьозеленими водоростями, з яких мікроцистин-LR є найбільш поширеним. Це загроза для усіх гідробіонтів, питного та іригаційного водопостачання, а також водних екосистем загалом. Ціанобактеріальні плівки, які містять мікроцистин, є проблемою в усьому світі, включаючи Китай, Бразилію, Австралію, Південну Африку, Сполучені Штати Америки і багато країн Європи [22];
- домоева кислота — нейротоксин, у водному середовищі може досягати значних концентрацій за «цвітіння» води в морях; викликає амнезію при отруєнні молюсками з високим вмістом цього нейротоксину;
- гуанітоксин (GNT) — виділяється з ціанобактерій (рід *Anabaena*), викликає надмірне слиновиділення у ссавців, судоми. Лабільний, швидко розкладається в основних (лужних) розчинах, але

відносно стабільний у нейтральних або кислих розчинах;

- анатоксини — алкалоїди, що виробляються виключно ціанобактеріями родів *Anabaena*, *Planktothrix* і *Aphanizomenon*. Сполука дуже полярна і повністю розчиняється у воді, за лужного рН (вище 10) швидко розпадається на нетоксичні аналоги.

Ріст ціанобактерій, їх активність та синтез токсинів піддається регуляції. Основними методами боротьби із нерегульованою активністю ціанобактерій є зменшення евтрофікації водойм. Регуляція росту та активності ціанобактерій також забезпечується зменшенням вмісту органічних та фосфорвмісних сполук. Для зменшення можливості ціанобактеріального забруднення слід здійснювати періодичні чищення водойм (видалення мулу). Таким засобом боротьби можна надавати невеликі водойми. Із ціанобактеріальною активністю у великих водоймах слід боротися іншими засобами.

Методи хімічного очищення є мало ефективними способами як із самими ціанобактеріями, так і їх токсинами (застосування окисів марганцю, хлоридів для окисного розщеплення фрагментів токсинів) і можуть завдавати ще більшої шкоди водоймам та їх мешканцям, а також тваринам і людині.

Безпосереднє видалення ціанобактерій у процесі очищення води шляхом фізичної обробки (мембранної фільтрації) — ще один варіант боротьби, оскільки велика частина ціанотоксинів міститься в клітинах, коли «цвітіння» зростає. Однак смерть клітин мікроорганізмів або їх старіння зумовлює вивільнення їх вторинних метаболітів у воду. При цьому фільтрування не може бути ефективним засобом очищення від самих мікроорганізмів та їх метаболітів [8].

Наразі є доволі ефективне розв'язання питання контролю активності ціанобактерій. Навіть і за значних ризиків (повторна інтоксикація) ефект боротьби є високим. Застосування гуміновмісних препаратів у деструктивних цілях широко застосову-

ється сьогодні. Такі препарати слугують для активзації деструкції поживних решток, відходів тваринництва, птахівництва. Використання гумінових речовин для знищення токсичних водоростей вивчалось українськими науковцями. Зокрема доведено, що гумінові речовини (гумінові кислоти, фульвокислоти) у певних концентраціях негативно позначаються на рості, розвитку та активності ціанобактерій. Гумінові речовини, як складова органічної речовини та резерв органічного вуглецю в його глобальному кругообігу, за підвищення їх концентрації у водоймах здійснюють негативний вплив на гідробіонти. Однак, саме гумінові речовини здатні регулювати активність фітопланктону. Внесення гумінових речовин (концентрацією 2–5 мг/дм<sup>3</sup>) у водойми помітно впливає на активність фітопланктону — пригнічення вегетації фітопланктону, зменшення слизоутворення ціанобактерій та інактивація синтезу ціанотоксинів. Пригнічення забезпечується лужним рН гумітів, високим вмістом заліза та міді [4; 5; 16].

Залізо може регулювати експресію генів, що беруть участь у синтезі полісахаридів. Пригнічення можливості синтезу полісахаридів ціанобактеріями забезпечує пригнічення росту та розвитку їх клітин.

Присутність у гуматах лужних речовин (гідроксильних іонів калію, натрію) забезпечує пригнічення активності розмноження ціанобактерій, розчинення, трансформацію їх токсинів.

Застосування гуміновмісних сполук (добрив, регуляторів росту) та актуальне на сьогодні в сфері АПК. Гуміновмісні препарати, добрива є біологічно активними препаратами гумінової природи, які виявляють регулювальні, імуномодельовальні, адаптогенні, антистресові ефекти. Обґрунтовано ефективність використання біологічно активних речовин гумінової природи в сільськогосподарському виробництві:

- у *рослинництві* — з метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур, збільшення в них поживних

речовин, зниження залишкових кількостей у продукції гербіцидів, пестицидів, нітратів і підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників в умовах ризикованого землеробства;

- *у тваринництві* — з метою підвищення продуктивності тварин за рахунок покращання функціонального стану, підвищення життєдіяльності й реактивності організму тварин до несприятливих чинників навколишнього середовища.

Хелатуюча здатність, спроможність активізувати процеси розщеплення органічних сполук, окисно-відновні властивості, таумерія та терморегулятивна активність гумінових речовин, а також антиоксидантні властивості дають можливість використовувати гуміновмісні сполуки для пришвидшення біорозкладу органічних відходів, органічних речовин, у т. ч. токсинів водойм. Трансформацію утворених токсинів ціано-бактерій, що накопичуються у результаті їх життєдіяльності та відмирання, забезпечують як гумати (їх хелатуюча здатність та можливість ініціювати розпад сполук), так і живі мікроорганізми.

Здатність гідролізувати сполуки мають усі мікроорганізми. Однак застосування у біодеградації продуктів метаболізму антибіотикосинтезуючих бактерій (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*), які використовуються як у медицині, так і ветеринарії, викликає значне зацікавлення у соціумі [18].

Основним джерелом енергії життєдіяльності *Bacillus subtilis* і *Bacillus licheniformis* є органічні речовини, характерні для донних відкладень водойм, такі як листя, фекалії риб і водоплавних птахів, відмерлі водорості, органічні відходи, добрива, і поживні елементи азоту, фосфору, нітратів, фосфатів. Тому бацили можуть бути частиною активного мулу водойм, активізуючись у разі забруднення води. Застосування даних мікроорганізмів та інших корисних бактерій, які здатні трансформувати сполуки фосфору, фосфоліпіди (*B. megaterium*) з метою контролю активності ціанобактерій може розв'язати проблему ціанозабруднення вже сьогодні [18].

## ВИСНОВКИ

Цікавими практичними розробками цієї проблеми є застосування гумінових добрив та бактеріальних препаратів на основі мікроорганізмів у водоймах ТОВ «Агрофірми Колос». За участі науково-дослідної лабораторії на підприємстві розробляються безпечні біологічні препарати для боротьби із «цвітінням». Однак це вдається лише за комплексного застосування препаратів.

За використання гуміновмісних препаратів, що виробляються на базі ТОВ «Агрофірми Колос» (добрива «Вермибіогумат» ТУ У 20.1-03754120-002:2018), біологічних препаратів серії Мікробіофіт Органік (біодеструкція), вдається контролювати «цвітіння» водойм. Окрім того, мікроорганізми цих біологічних препаратів ТОВ «Агрофірми Колос» володіють антагоністичною активністю щодо широкого спектра патогенних і умовно-патогенних бактерій, грибів, інтенсивно розкладають органічні забруднювачі водойм, сприяють зменшенню активності синьозелених водоростей і є ефективним засобом біологічної реабілітації слабопроточних водойм, що використовуються для розведення риби.

У боротьбі із синьозеленими водоростями спрацьовують механізми комплексу, а не окремі сполуки. Практично миттєву загибель ціанобактерій викликають гуміновмісні добрива, які вносять у водойми. Наступне внесення бактеріального препарату, призначене для деструкції, забезпечує пришвидшення деструктивних процесів та дезінтоксикацію мінералізації.

Після здійснення пригнічення, знищення ціанобактерій, активації їх біорозпаду можна повторно вносити бактеріальні препарати на основі антагоністів, продуцентів ферментів та антибіотиків, що забезпечить активний розпад токсичних продуктів деградації токсинів.

Фактом, що підтверджує зменшення або знищення ціаней та їх токсинів є планомірне очищення водойм, що забезпечують добрива «Вермибіогумат», біологічний препарат «Мікробіофіт Органік (біодеструкція)», які використовує ТОВ «Агрофірми Колос» для боротьби із «цві-

тінням». Після проведення деструктивних процесів у водойму вносили інокулят на основі *Chlorella vulgaris* (хлорела звичайна з відділу *Chlorophyta*) власного виробництва. Це препарат-бідеструктор практично закінчує боротьбу із ціанобактеріями та бореться із високим вмістом фосфору у водоймах. Ці водорості активно перетворюють як органічні, так і неорганічні речовини водойм й тим самим її очищують.

Позитивний вплив метаболітів бактерій біологічного препарату «Мікробіофіт Органік (бідеструкція)», біоактивних фітохімічних речовин і антимікробних сполук зеленої водорості *Chlorella vulgaris* можуть забезпечити не тільки корисне «цвітіння» водойм, а й сприяти очищенню забруднених вод.

Отже, проведено короткий аналіз досліджень та публікацій щодо синьозелених водоростей, їх здатності активно протистояти природі, при цьому утворювати токсичні речовини. Більшість токсинів

ціанобактерій містять азотисті гетероцикли, фенольні речовини, амінокислоти та за структурою є циклічними. Така будова речовин забезпечує їх стійкість до розпаду. Застосування лужних гуміновмісних речовин з метою зниження активності ціанобактерій та розщеплення токсинів може дозволити використання гуміновмісних сполук у визначених та безпечних для водойм концентраціях для процесу їх очищення. Застосування у комплексі (системі) очисних заходів біологічних препаратів на основі живих бактерій, визнаних наукою як корисних, дасть змогу забезпечити дезінтоксикацію процесів мінералізації, які утворюються внаслідок відмирання клітин синьозелених водоростей, розщеплення органічних сполук водойм та ціанотоксинів. Введення комплексної системи очищення водойм може забезпечити зниження екологічної небезпеки, яка викликана евтрофікацією водойм.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вассер С.П., Кондратьєва Н.В., Масюк Н.П. та ін. Водорості: довід. Київ: Наук. думка, 1989. 252 с.
2. Гавришук В.В., Каськів В.І. Обґрунтування доцільності проектування систем поверхневого водовідведення як складової частини комплексу очисних споруд на дорогах. *Дороги і мости*. 2020. Вип. 21. С. 95–109.
3. Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д. Рациональна технологія утилізації синьо-зелених водоростей. *Науковий вісник НЛТУ України*: зб. наук.-техн. пр. 2015. Вип. 25.10. С. 140–149.
4. Клоченко П.Д., Ведмідь В.А., Васильчук Т.А., Василенко О.В. Особливості впливу гумінових кислот на розвиток планктонних водоростей. *Гідробіологічний журнал*. 2010. Т. 46. № 5. С. 102–110.
5. Клоченко П.Д., Васильчук Т.А., Василенко О.В. та ін. Особливості впливу фульвокислот на розвиток планктонних водоростей. *Гідробіологічний журнал*. 2012. Т. 48, № 2. С. 68–76.
6. Синельников О.Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікроводоростей для виробництва енергоносіїв: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01. Львів, 2016. 144 с.
7. Aguilera A., Klemenich M., Sueldo, D.J. et al. Cell death in cyanobacteria: current understanding and recommendation for reaching consensus on its nomenclature. *The frontiers of microbiology*. 2021. Vol. 12. P. 631654. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.631654>.
8. Bauma-Gregson K., Kudela R.M., Power M.E. and Humbert J.F. (Ed.). Wider spread toxoid is found in cyanobacterial mats of benthos throughout the river network. *PLOS ONE*. 2018. Vol. 13 (5). P. 0197669.
9. Bernstein H., Bernstein C. and Michod R.E. Sex with microbial pathogens. *Infect. Genet. Evol.* 2018. Vol. 57. P. 8–25.
10. Claessen Dennis, Rozen Daniel E., Kuipers Oscar P. et al. Bacterial Solutions for Multicellularity: A Story about Biofilms, Filaments and Fruit Bodies. *Reviews of the nature of microbiology*. 2014. Vol. 12 (2). P. 115–124.
11. Cox, Paul Alan; Brand, Larry E.; Murch, Susan J. et al. Public Health Response to Toxic Cyanobacterial Blooms: Perspectives on 2016 Florida Events. *Water policy*. 2018. Vol. 20 (5). P. 919–932.
12. Dawson R.M. The Toxicology of Microcystins. *Toxicol.* 1998. Vol. 36 (7). P. 935–962.
13. Freitas, Hercules Resende. *Chlorella vulgaris* as a Source of Essential Fatty Acids and Micronutrients: A Brief Commentary. *Open scientific journal of plants*. 2017. Vol. 10 (1).
14. Hu Chenlin and Rzimsky Peter. Programmed cell death and concomitant release of microcystin in flowering freshwater cyanobacteria Microcystic: from identification to ecological relevance. *Toxins*. 2019. Vol. 11 (12). P. 706.
15. Huisman Jef, Codd Jeffrey A., Paerl Hans W. et al. Blooming cyanobacteria. *Reviews of the nature of microbiology*. 2018. Vol. 16 (8). P. 471–483.

16. Harrison R.J., Dunin-Borkowski R.E. and Putnis A. Humic acid inhibits the formation of colonies of cyanobacteria *Microcystis* at high iron levels. *Chemosphere* 281. 2021. P. 130742. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130742>.
17. Sivonen K., Kononen K., Carmichael W.W. et al. Occurrence of the hepatotoxic cyanobacterium *Nodularia spumigena* in the Baltic Sea and structure of the toxin. *Appl. Environ. Microbiol.* 1990. Vol. 55(8). P. 1989–1995.
18. Paerle H.W. and Paul V.J. Climate change: link to the global spread of harmful cyanobacteria. *Aquatic research*. 2012. Vol. 46. P. 1349–1363. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.002>.
19. R. Harwood, Jean-Marie Muillon, Suzanne Paul and Jose Arnau. Secondary metabolite production and safety of industrially important members of the *Hay coli* group *Colin*. *FEMS Microbiology Reviews*. 2018. Vol. 42. Is. 6. P. 721–738.
20. Sitoki L., Kurmayer R. and Rott E. Spatial variation in phytoplankton composition, biomer and resulting microcystin concentrations in Nyanza Bay (Lake Victoria, Kenya). *Hydrobiologia*. 2012. Vol. 691 (1). P. 109–122.
21. Stevens S.E. and Porter R.D. Transformation of *Agmenellum quadrupdatum*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1980. Vol. 77 (10). P. 6052–6055.
22. Tanino H., Nakata T., Kaneko T. and Kishi Y. Stereospecific total synthesis of d, l-saxitoxin. *Journal of the American Chemical Society*. 1997. Vol. 99 (8). P. 2818–2819.
23. Visser Petra M., Verspagen Jolanda M.H., Sandrini Giovanni et al. How rising CO<sub>2</sub> and global warming can stimulate harmful cyanobacterial blooms. *Harmful algae*. 2016. Vol. 54. P. 145–159.

## REFERENCES

1. Vasser, S.P., Kondratieva, N.V., Masyuk, N.P. et al. (1989). *Vodorosti: dovidnyk [Algae: a handbook]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Gavryshchuk, V.V. & Kaskiv, V.I. (2020). Obgruntuvannya dotsil'nosti proektuvannya system poverkhnovoho vodovidvedennya yak skladovoyi chastyny kompleksu ochysnykh sporud na dorohakh [Substantiation of the feasibility of designing surface drainage systems as an integral part of the complex of treatment facilities on roads]. *Dorohy i mosty — Roads and Bridges*, 21, 95–109 [in Ukrainian].
3. Malyovanyi, M.S., Nikiforov, V.V., Kharlamova, O.V. & Sinelnikov, O.D. (2015). Ratsional'na tekhnolohiya utylizatsiyi syn'o-zelenykh vodorostey [Rational technology of utilization of blue-green algae]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy: zbirnyk naukovykh i tekhnichnykh prats' — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine: collection of scientific and technical works*, 25 (10), 140–149 [in Ukrainian].
4. Klochenko, P.D., Vedmid, V.A., Vasylichuk, T.A. & Vasylenko, O.V. (2010). Osoblyvosti vplyvu huminykh kyslot na rozvytok planktonnykh vodorostey [Features of the influence of humic acids on the development of planktonic algae]. *Hidrobiolohichnyy zhurnal — Hydrobiological Journal*, 46, 5, 102–110 [in Ukrainian].
5. Klochenko, P.D., Vasylichuk, T.A., Vasylenko, O.V. et al. (2012). Osoblyvosti vplyvu ful'vokyslot na rozvytok planktonnykh vodorostey [Features of the influence of fulvic acids on the development of planktonic algae]. *Hidrobiolohichnyy zhurnal — Hydrobiological Journal*, 48, 2, 68–76 [in Ukrainian].
6. Synelnikov, O.D. (2016). Zabezpechennya ekolohichnoyi bezpeky vodoshkovyshch shlyakhom vykorystannya mikrovdorostey dlya vyrobnytstva enerhonosiyiv [Ensuring the environmental safety of reservoirs by using microalgae for energy production]. *Candidate's thesis*. Lviv [in Ukrainian].
7. Aguilera, A., Klemenich, M., Sueldo, D.J. et al. (2021). Cell death in cyanobacteria: current understanding and recommendation for reaching consensus on its nomenclature. *The frontiers of microbiology*, 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.631654> [in English].
8. Bauma-Gregson K., Kudela, R.M., Power, M.E. & Humbert, J.F. (Ed.). (2018). Wider spread toxoid is found in cyanobacterial mats of benthos throughout the river network. *PLOS ONE*, 13 (5), 0197669 [in English].
9. Bernstein, H., Bernstein, C. & Michod, R.E. (2018). Sex with microbial pathogens. *Infect. Genet. Evol.*, 57, 8–25 [in English].
10. Claessen, Dennis, Rozen, Daniel E., Kuipers, Oscar P. et al. (2014). Bacterial Solutions for Multicellularity: A Story about Biofilms, Filaments and Fruit Bodies. *Reviews of the nature of microbiology*, 12 (2), 115–124 [in English].
11. Cox, Paul Alan, Brand, Larry E., Murch, Susan J. et al. (2018). Public Health Response to Toxic Cyanobacterial Blooms: Perspectives on 2016 Florida Events. *Water policy*, 20 (5), 919–932 [in English].
12. Dawson, R.M. (1998). The Toxicology of Microcystins. *Toxicon*, 36 (7), 935–962 [in English].
13. Freitas, Hercules Resende (2017). *Chlorella vulgaris* as a Source of Essential Fatty Acids and Micronutrients: A Brief Commentary. *Open scientific journal of plants*, 10 (1) [in English].
14. Hu, Chenlin & Rzymisky, Peter (2019). Programmed cell death and concomitant release of microcystin in flowering freshwater cyanobacteria *Microcystis*: from identification to ecological relevance. *Toxins*, 11 (12), 706 [in English].
15. Huisman, Jef, Codd, Jeffrey A., Paerl, Hans W. et al. (2018). Blooming cyanobacteria. *Reviews of the nature of microbiology*, 16 (8), 471–483 [in English].
16. Harrison, R.J., Dunin-Borkowski, R.E. & Putnis, A. (2021). Humic acid inhibits the formation of colonies of cyanobacteria *Microcystis* at high iron levels. *Chemosphere* 281, 130742. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130742> [in English].
17. Sivonen, K., Kononen, K., Carmichael, W.W. et al. (1990). Occurrence of the hepatotoxic cyanobacte-



- rium *Nodularia spumigena* in the Baltic Sea and structure of the toxin. *Appl. Environ. Microbiol.*, 55 (8), 1989–1995 [in English].
18. Paerle, H.W. & Paul, V.J. (2012). Climate change: link to the global spread of harmful cyanobacteria. *Aquatic research*, 46, 1349–1363. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.002> [in English].
19. R., Harwood, Jean-Marie, Muillon, Suzanne, Paul & Jose, Arnau (2018). Secondary metabolite production and safety of industrially important members of the *Hay coli* group Colin. *FEMS Microbiology Reviews*, 42 (6), 721–738 [in English].
20. Sitoki, L., Kurmayer, R. & Rott, E. (2012). Spatial variation in phytoplankton composition, biomer and resulting microcystin concentrations in Nyanza Bay (Lake Victoria, Kenya). *Hydrobiologia*, 691 (1), 109–122 [in English].
21. Stevens, S.E. & Porter, R.D. (1980). Transformation of *Agmenellum quadrupdcatum*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 77 (10), 6052–6055 [in English].
22. Tanino, H., Nakata, T., Kaneko, T. & Kishi, Y. (1997). Stereospecific total synthesis of d, l-saxitoxin. *Journal of the American Chemical Society*, 99 (8), 2818–2819 [in English].
23. Visser, Petra M., Verspagen, Jolanda M.H., Sandrini, Giovanni et al. (2016). How rising CO<sub>2</sub> and global warming can stimulate harmful cyanobacterial blooms. *Harmful algae*, 54, 145–159 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.07.2023

---

---

---

# ABSTRACT

---

---

**Palapa N.<sup>1</sup>, Nagorniuk O.<sup>1</sup>, Gulinchuk R.<sup>1</sup>, Ustylenko O.<sup>2</sup>, Gurmanchuk O.<sup>3</sup>** Problems of rural areas of Ukraine in the context of European integration processes. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 6–17.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Research station of medicinal plants of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>3</sup> *Polis National University*

*e-mail: palapa60@ukr.net*

Ukraine has favorable geographical, climatic, resource and other prerequisites for the development of rural areas, therefore it is potentially capable of becoming a state with priority development of the agricultural sector and one of the main suppliers to the world markets of ecologically safe food products. However, the problem of non-compliance of the level of development of the Ukrainian agricultural sector and rural areas with the world level and standards of the EU countries in general remains unresolved. The competitiveness of domestic agricultural products is achieved mainly due to cheap labor and ruthless exploitation of the land. The article analyzes the socio-economic and ecological state of rural areas of Ukraine and establishes that at the current stage rural areas are in a catastrophic state. The state of natural resources and the ecological situation are deteriorating, the engineering and social infrastructure, the system of social services (medicine, culture, preschool education) and the sphere of life are in decline, human potential is decreasing, unemployment and poverty are flourishing, which stimulates labor migration. The lack of work, medical care, social and infrastructure support does not encourage rural youth to actively give birth to children, as a result of which the rural population is aging at a very fast pace, there is no simple replacement of the population, mortality prevails over birth rate. The lifespan expectancy of the population in one or another country is precisely the indicator that characterizes well-being. In Ukraine, the average lifespan expectancy as of 2020 was 66.4 years for men and 76.2 years for women, which is an average 3.6–14.4 years for men and 1.3–9.3 years for women less compared to the countries of the European Union. During 32 years of independence, Ukraine, as a state, did nothing to improve the living conditions of the rural population, stop migration processes and the natural reduction of the population in general, and especially the rural population. As a result of such non-statistical attitude of the state of Ukraine towards rural areas, 435 rural settlements disappeared from the map of Ukraine during this period. The primary solution to the social and infra-

structure problems of the rural population is one of the main conditions for Ukraine's food security, its economic and social well-being, and therefore should become a priority direction for the state of Ukraine.

**Key words:** social, economic, ecological condition; economy of the population; the problem of quality food; predominance of mortality over birth rate; migration reduction; lifespan; rural settlements disappear.

**Vysochanska M., Zubchenko V.** Ecological and economic basis of balanced development of horticulture in Ukraine. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 18–29.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net*

The current state and ecological and economic foundations of balanced development of horticulture are analyzed. According to the data of the State Statistics Service of Ukraine, the balance of fruits, berries and grapes in Ukraine for 2015–2020 in relation to the growth of production during this period was 73%, imports decreased by 2 times, exports increased by 5 times, processing volumes increased by 2 times, the consumption fund increased by 46%. Inventories increased by 3.9 times in 2020 compared to 2015, which is due to problems with product sales, disruption of logistics due to the Covid-19 pandemic, decrease in sales and purchase prices by manufacturers, etc. Reasonably improving the efficiency of the use of enterprise resources, improving the breed-varietal structure of fruit and berry plantations and the introduction of innovative resource-saving technologies can really be priority directions for increasing productivity in the field of horticulture. It was determined that the implementations of measures to increase the efficiency of the use of water resources in horticulture, which will reduce irrigation costs and conserve water resources. This can be achieved, in particular, with the help of modern drip irrigation systems, which make it possible to reduce water consumption by 30–50% compared to traditional irrigation methods. It is also important to conduct regular monitoring of the groundwater level and develop a system for their effective use. It has been proven that horticulture is an important branch of the economy, which ensures the cultivation of fruits, berries, nuts and other useful plants. However, at the same time, it can have a significant impact on the environment and natural resources. Therefore, to ensure the ecological and economic sustainability of horticulture development, it is necessary to take into account the ecological and economic aspects of growing plants. One of the main aspects is the preservation of soil fertility and its water-

physical properties. Soil is an important resource that ensures plant development, water storage and carbon conservation. Growing plants can lead to loss of fertile soil, erosion, water and air pollution. In order to preserve the fertility of the soil, it is necessary to use environmentally friendly farming methods that reduce the impact of agrochemicals on the soil.

**K e y w o r d s:** horticulture, ecological and economic aspects, agricultural sector, profitability, production, state support, natural environment.

**Polishchuk V.** Analysis of European statistical indicators of environmental efficiency. *Agroecological journal*. 2023. No 3. P. 30–43.

*Vinnytsia Academy of Continuing Education*

*e-mail: vpolischuk7@gmail.com*

The main task of this article is to define the function of statistical indicators in the process of analysing the environmental performance indicators. It is established that in economies of European countries the general principals of ecologisation of the economy are determined environmental policy, which involves using of complex mechanisms for modernising and rationalizing of the manufacturing. In the EU countries, environmental protection is a strategically important task by active implementation of innovative production technologies and using effective financial instruments of influence for those subjects of management, whose activities significantly worsen the condition of the environment. In solving environmental and resource problems, it is necessary to use preventive methods that will reduce the risks of further escalation of the environmental and economic situation in the European region. To define the prospects of agricultural ecologisation, a statistical analysis of the dynamics of change in the area of organic farming was made. The indicators of energy tax revenues from the agricultural sector of European countries were determined and it was established that the volume of energy consumption is reduced by the introduction of innovative technologies for energy production and consumption. It is proved that sharing of zero-emission vehicles in newly registered cars is growing fast because of the large-scale implementation of automotive ecological programs. The indicators of production, safe and dangerous waste generation and the level of household waste recycling were explored too. A large part of goods is produced by recycling materials in economies of many developed countries. The analysis of the volume of environmental services provided by public authorities in a number of European countries was carried out in order to determine the dynamics indicators, conduct a comparative analysis and establish the absolute deviation. The research shows that in the structural model of environmental policy an important function is performed by mechanisms of environmental crediting and subsidisation, and the volumes of environmental subsidies, which are also determined and reviewed. It is recommended to study

and implement the experience of European countries in solving environmental and resource problems by realisation the policy of sustainable development and balanced nature management in Ukraine.

**K e y w o r d s:** greenhouse gases; organic agriculture; energy taxes; electromobilisation; industrial waste; ecological services; environmental conservation policy; recycling.

**Drebot O.<sup>1</sup>, Kasiukhnych V.<sup>2</sup>, Vaskiv T.<sup>3</sup>** Strategic guidelines for the development of forest industry of Ukraine in the post-war period. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 44–52.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *State enterprise «Forests of Ukraine»*

<sup>3</sup> *National University of Life and Environmental science of Ukraine*

*e-mail: kasvolodumur@gmail.com*

This research presents the peculiarities of the formation of a modern strategy for the development of forest industry in Ukraine. It was determined that the implementation of strategic management in the post-war period should be based on ensuring the balance of forest use. In order to increase the role of forest resources in the share of national wealth, it is necessary to move to such a model of forest use, which would ensure the proper profit of forest enterprises in a unified relationship, minimize the destructive impact on forest resources, and also ensure the appropriate level of environmental and economic security for the state. A comprehensive scientific assessment of the institutional aspects of economic relations in the context of the existing vector and conditions of development of the forestry industry of Ukraine, including the strategic guidelines approved by the State Forest Management Strategy until 2035, was carried out. The modern features of forest use caused by military operations in Ukraine are revealed. And the algorithm of their further development at different levels of the economic hierarchy is also substantiated. Conceptual approaches to the post-war management of forest resources of Ukraine in the conditions of climatic changes observed in recent decades, as well as in accordance with modern climate-oriented strategies in the world, approved at the summit in Glasgow in 2021, are outlined. Attention is paid to ways of counteracting the destructive impact of climate change on the forestry complex, as well as to the problematic issues of reforestation technologies, afforestation and forest care in order to adapt them to modern climate changes. It has been proven that the main task of state policy in the field of forest resource management is to ensure effective and proper protection, balanced use and formation of forest reproduction mechanisms, as well as the availability of appropriate tools. It was also noted that at the local levels, the implementation of the approved strategy for the development of forestry requires a comprehensive approach to individual areas

of innovative activity in the forestry industry. It was found that the appropriate level of implementation of the set of specified measures creates favorable conditions for the effective implementation of the provisions of the approved normative legal acts regarding the use and reproduction of forests in Ukraine.

**K e y w o r d s:** forest industry, sustainable development, strategic orientations, economics of nature use, forest resource potential, post-war recovery.

**Mudrak O.<sup>1</sup>, Morozova T.<sup>2</sup>** Efficiency of satellite data in the agro-ecological monitoring system. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 53–61.

<sup>1</sup> *Public Higher Educational Establishment «Vinnytsia Academy of Continuing Education»*

<sup>2</sup> *National Transport University*

*e-mail: ov\_mudrak@ukr.net*

The article discusses the ecological value of the normalized vegetation index (NDVI). Generalization of scientific data on the possibility of use in forestry, agriculture, ecological research, modeling of ecosystems and monitoring of the earth's surface has been carried out. It was found that, unlike the surveyor, the operational/satellite monitoring of crops makes it possible to automatically generate reports, control the condition of crops, forecast yields and plan agricultural operations taking into account the real ecological state and weather conditions. In particular, you can create electronic vegetation maps; develop images and field relief for a specific region. It has been established that the use of data from remote sensing of the Earth (RSE) ensures the determination of the objective state of crops (density, quantitative and qualitative changes in crops, obtaining information on chemical treatments) on large areas. The factors that influence the calculation of NDVI are given, and the necessity of using an approach focused on climatic conditions is indicated. It was found that the transformation of multispectral NDVI data into one image layer allows estimating the amount of available vegetation and the development of crops on a field scale. Regular field NDVI mapping helps identify and mitigate any crop problems, increase yields, and make agribusiness more profitable. NDVI has become one of the most important and frequently used indicators in precision agriculture, so it deserves further practical research. This is a numerical indicator of the quality and quantity of plants in the field. It is emphasized that NDVI has become one of the most important and frequently used indicators in precision agriculture. Therefore, deserves further practical investigation. Ecosystem service is a means of identifying threats to ecosystems in order to develop socially acceptable and effective solutions to environmental problems. The ecosystem approach allows predicting changes, which is extremely important for spatial planning and land use management. This approach is especially important when assessing and resolving conflict situations in nature management, when the economic benefit from

the use of one or another natural resource becomes a strong argument. From the point of view of human benefit, operational monitoring becomes an ecosystem service. The use of spectral indices contributes to the production of high-quality «environmentally friendly» products, the preservation of environmental components, the reproduction of soil fertility, obtaining the maximum profit, along with the transition from a linear economy to a circular one (economic effect), saving resources, optimizing and diversifying agricultural production.

**K e y w o r d s:** vegetation indices, ecosystem services, remote sensing, NVI.

**Konishchuk V.<sup>1</sup>, Khrystetska M.<sup>1,2</sup>** Ecological assessment of eutrofication of lakes in «Shatskyi» biosphere reserve. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 62–70.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Shatskyi National Natural Park*

*e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net*

The natural process of eutrophication of hydroecosystems is determined by many factors and is mostly long-term, almost irreversible. In the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. Accelerated anthropogenic eutrophication of many waters took place, in particular the lakes of Shatsky group (Shatskyi National Natural Park, Volyn Region, Ukraine). Changes in water due to their enrichment with biogenic substances and chemical compounds accompany the increase in plant productivity and may be the result of «natural aging», anthropogenic influence, organic pollution. One of the concepts of the succession of lake ecosystems assumes that lakes go through different stages of trophicity (nutrition), starting with oligotrophy or dystrophy. The last stage (climax) of the successional series is intensive eutrophication, during which the lake is partially replaced by a swamp and, in the end, can become a dry land, meadow, shrub or forest vegetation. Eutrophication of lake ecosystems is accompanied by a change in transparency, chlorophyll a concentration, and oxygen concentration. An active phase of eutrophication of the limnocosystems of Shatskyi biosphere reserve has been established. On the territory of the latter there are rivers and streams with a constant water flow, more than 114 km long, and also includes 31 lakes. The results of ecological studies of various types of water bodies of Shatsky Lakes, which were carried out in 2016–2020, are presented. The performed typification of Shatsky Lakes by the area of the water mirror proved that there are no very large lakes here, there are three large lakes (Svityaz, Pulemetske, Luky-Peremut). The analysis of the nature-reserved territory of Western Polissia proved that special attention should be paid to lakes of small and small sizes, as well as medium and shallow lakes (Lynovets, Somynets, Buzhnya Bay, etc.), which are not capable of active self-regulation. The

optimal mechanism for monitoring the ecological state of water bodies (lakes) using the remote sensing method is proposed.

**К е y o r d s:** ecology, transformation of hydroecosystems, remote sensing, Shatskyi National Natural Park.

**Shevchyk V.<sup>1,2</sup>, Solomakha V.<sup>3,4</sup>, Palamarchuk R.<sup>2</sup>, Postoienko D.<sup>4</sup>** Aquatic, riverside-aquatic and shrub-swamp vegetation of Bile lake at «Biloozersky» NNP. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 71–79.

<sup>1</sup> NSC «Institute of Biology and Medicine»  
KNU named after Taras Shevchenko

<sup>2</sup> NNP «Biloozersky»

<sup>3</sup> Institute of Agroecology and Environmental  
Management of NAAS

<sup>4</sup> NSC «Institute of beekeeping  
named after P.I. Prokopovich»

e-mail: dmytroiap@gmail.com

The territory of the «Biloozerskyi» National Park represents the landscape complexes of the Middle Dnipro region, the integral elements of which contain ancient watercourses, swampy and waterlogged, wedged between the raised segments of the pine terrace and often connected to the modern floodplain. In the central part of such a decline (89–92 m above sea level), which is located within the park, there is a floodplain Bile Lake with a swampy island, which divides it into a smaller eastern water area of the lake and a larger western one. The periphery of the lake is surrounded by areas of swampy shores. The total area of flooded and swampy areas is about 16 hectares, of which the area of the water pond is 9 hectares. Considerable areas are represented by thickets of air-water vegetation and swamp-bog swamps with a thick cover of *Sphagnum* sp. The water supply of this lake is complex and is provided by both the underground waters of the pine terrace and the waters of the surface runoff. And in the presence of a swampy decline with channels connecting them into one wetland system, they provide the possibility of slow water exchange between the Kaniv Reservoir and the lake. The examined territory has a fairly rich and diverse plant complex. A number of habitats protected by Directive 92/43/EU «On the conservation of natural habitats and species of natural fauna and flora» are presented and large populations of two species of marsh orchids (*Liparis loeselii* (L.) Rich., *Epipactis palustris* (L.) Crantz) and water fern (*Salvinia natans* (L.) All.) are listed in the Red Book of Ukraine (2009). In addition, three species protected in the Kyiv region grow here in the conditions of natural biotopes (*Drosera rotundifolia* L., *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray, *Nymphaea alba* L.).

**К е y o r d s:** Middle Dnipro region, rare plant species, vegetation syntaxons.

**Bondarenko O.** *Acroptilon repens* (L.) DC. in the flora in the interfluvium of the lower Dnister – Tiligul rivers. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 80–86.

Odesa National Mechnykov University

e-mail: vseobovse123@gmail.com

Primary field floristic studies of synanthropic species with a high invasive capacity are an important basis for broad, generalizing analyzes of the problems of flora transformation of ecotopes of different levels of anthropogenic transformation. *Acroptilon repens* is one of the species that has a high invasive capacity and is a quarantine plant on the territory of Ukraine. The aim of the work was to identify the localities of *Acroptilon repens* in the interfluvium of the lower Dnister – Tiligul rivers, to characterize the conditions for the growth of plants of this species. *Acroptilon repens* is a herbaceous perennial plant, a xerophyte and a heliophyte; comes from Central and Asia Minor. It reproduces well both generatively and vegetatively (by root sprouts). According to the degree of naturalization, it is an epiphyte, according to the chronotype, it is a kenophyte. According to the method of spreading, the seeds are anemochorous. It is able to grow in areas with a wide range of environmental conditions and different levels of anthropogenic transformation (from natural to fully transformed). Preventive, agrotechnical, chemical, biological control measures are used to combat this species. Ecotopes with different levels of ecotope transformation were examined. According to herbarium materials of the herbarium (MSUD) of Odesa National University named after I.I. Mechnikov the species had not previously been noted in the Odesa region. The author found four localities of *Acroptilon*. Three of them are on transformed sections of transport routes: the village of Avangard, on the side of the Odesa – Reni Road and in the vicinity of S. Yehorivka. These are sections of highways and abandoned railway tracks. Another one is on a natural steppe slope. On the transformed areas, the participation of other plant species in the «spots» with steppe mustard is small: up to four species. In the natural area (in the vicinity of the village of Kholodna Balka), a total of 44 species coexisted with steppe mustard. Among them, only 23 (or 52.27%) species are synanthropic and only three (*Bromus squarrosus*, *Descurainia sophia*, *Sisymbrium loeselii*) are invasive species. They are mainly represented by a small number of specimens, but among them there are two species of local protection level: *Kohlrauschia proliifera*, *Ephedra distachya*. In the spring, in the «contour of the spot» with *Acroptilon repens*, the following plants of state protection level were found: *Gymnospermium odessanum*, *Crocus reticulatus*. These plants are ephemerals, and the terms of their growth and the beginning of vegetation of *Acroptilon repens* do not coincide.

**К е y o r d s:** *Acroptilon repens*, invasive species, Dnister – Tyligul interfluvium.



**Ravlikovsky A.<sup>1</sup>, Symochko L.<sup>1,2,3</sup>, Demyanyuk O.<sup>2</sup>** Possibilities of re-use of spent shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) mushroom substrate as an additive to the soil for blueberry growing. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 87–95.

<sup>1</sup> *Uzhhorod National University*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>3</sup> *University of Coimbra, Coimbra, Portugal*  
e-mail: a.r.ravlikovsky@gmail.com

The efficiency of using spent shiitake mushroom substrate (SMS) (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegl.) for soil fertilization in blueberry cultivation technology has been investigated. A comparative analysis of the chemical composition of SMS and peat, as well as the chemical composition of the soil after their application for three years, was conducted. The study also assessed the microbial population and the content of total microbial biomass, as well as the direction of microbiological processes in the soil. In terms of chemical composition, SMS showed comparable results to peat, with a pH of 3.7, moisture content of 58–59%, organic matter content (expressed as Carbon) of 48%, total Nitrogen content of 1–1.7%, and a C:N ratio of 44.7–51.8:1. Additionally, the SMS contained 0.43% total potassium, 0.37% total phosphorus, 0.42% calcium, and 0.17% magnesium. The evaluation of agrochemical and physical parameters of the loamy-podzolic soil after the application of SMS and peat showed that they were mostly at the same level. However, the soil treated with SMS exhibited advantages in organic matter content, nitrate nitrogen, water-soluble calcium, magnesium, sodium, and electrical conductivity, being 1.5–3 times higher compared to peat application. The results of the microbiological study indicated that the total microbial biomass and the number of microorganisms of the main ecological-trophic groups were higher in the soil with SMS application compared to the soil treated with peat. The introduction of SMS increased the population of mycelial organisms, such as micromycetes by 4.1 times and actinomycetes by nearly three times. Moreover, the application of SMS resulted in the deceleration of destructive processes in the loamy-podzolic soil due to the presence of available sources of carbon and nitrogen for plants and microorganisms. This was evidenced by a 1.6-fold decrease in the coefficient of oligotrophy and a 1.4-fold decrease in pedotrophy. Based on the obtained data, the application of spent shiitake mushroom substrate for fertilizing loamy-podzolic soil was found to be beneficial, showing a positive impact on agrochemical and biological properties of the soil.

**Key words:** soil fertilization, loamy-podzolic soil, agrochemical parameters, biological activity, direction of microbiological processes.

**Levishko A.<sup>1</sup>, Gumeniuk I.<sup>1</sup>, Tkach Ye.<sup>1</sup>, Ternovi Yu.<sup>2</sup>, Kravchuk Yu.<sup>2</sup>** Effectiveness of a complex microbial

preparation for oats and spring barley growing. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 96–103.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Skvyrska scientific station of organic production of Institute Agroecology and Environmental of NAAS*

e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com

Today, one of the main challenges for agriculture is to increase grain production and its profitability while reducing the use of chemicals. Addressing this issue is a key to meeting the human need for quality and affordable food. One of the ways to improve the efficiency of grain industry is to use effective microbial-based biological products. They will help to reduce the chemical burden on the environment and produce high quality crops. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of treatment and the growing season of spring oats and barley with a complex microbial preparation based on promising strains of *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *Azotobacter chroococcum* 8 AI and *Bacillus megaterium* 39 AI isolated by us earlier. Field trials were carried out on the experimental fields of the Skvyra Experimental Station of Organic Production of the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, Kyiv region, Skvyra) in 2022. For the treatment of plants during the growing season, strains of microorganisms and their compositions were used in critical phases of crop development. After 6–7 days, the effect of these compositions on some plant growth parameters was studied. To confirm the hypothesis about the effect of treatment with promising microorganisms on the ability of plants to increase the amount of photosynthetic pigments, a quantitative analysis of plants for their content was performed. The positive effect of plant treatment was found not only on the quantity of the harvest, but also on its quality. The results of the research indicate the effectiveness of the use of a complex microbial preparation based on the proposed strains of microorganisms for such cereals as oats and spring barley. Treatment with a biopreparation based on effective, environmentally friendly and agronomically useful strains of microorganisms improves both growth and photosynthetic processes, which in turn activates their development and enhances the productivity of these crops, while significantly improving the quality of grain.

**Key words:** cereal crops, biopreparation, *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, photosynthetic pigments.

**Beznosko I., Havryliuk L., Mudrak V.** The formation of a phytopathogenic microbiome as a factor of biological pollution of agrocoenoses of vivas. Agroecological journal. 2023. № 3. P. 104–115.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: beznoscoirina@gmail.com*

The formation of the phytopathogenic microbiome as a factor in the biological contamination of oat agrocenoses is an important research task, the solution of which will make it possible to create ecologically balanced agroecosystems. This will increase their ability to self-regulate the population of micromycetes in order to obtain high-quality and safe oat raw materials. Therefore, the influence of environmental factors (abiotic, biotic, anthropogenic) on the formation of micromycete populations in the oat leaf microbiome under different plant growing technologies was studied. The article presents the results of ecological assessment of oat plant varieties based on indicators of influence on population density, frequency of occurrence, and intensity of sporulation of micromycetes. Vegetative organs of oat plants of Parlamentskyi and Tembr varieties were selected in the following phases: tillering, emergence into tubes and earing. It was determined that climatic conditions, as an abiotic factor, namely an increase in air temperature, frequent droughts, rare but abundant rains, which changed depending on the year of the study, significantly influenced the formation of micromycete populations in the oat leaf microbiome. Plant growing technologies, as an anthropogenic factor, significantly influenced the spectrum of species and their frequency of occurrence in the leaf microbiome of oats of various varieties. Under the organic technology of growing plants, the spectrum of micromycete populations was more diverse, but with a lower frequency of occurrence of species compared to the traditional technology of growing plants. Also, varieties of oat plants, as a biotic factor, thanks to the physiological substances of plants, are able to restrain the spread of micromycete populations in the leaf microbiome of plants or stimulate them. It was found out that with the traditional and organic technology of growing plants in the leaf microbiome of Tembr oat variety, the population density, the frequency of occurrence of micromycete species, and the intensity of sporulation were significantly lower compared to Parlamentskyi oat variety plants. This indicates that the cultivation of oat varieties capable of restraining the formation of micromycete populations at an ecologically safe level will ensure a decrease in the level of biological pollution of agrocenoses and increase the biosafety of plant raw materials.

**K e y w o r d s:** ecological risk, biosafety, biological pollution, frequency of occurrence of species, intensity of sporulation, phytopathogenic micromycetes.

**Fomenko O.** Evaluation of chemical preparations for apple tree protection against pests according to ecotoxicological indicators. *Agroecological journal*. 2023. No 3. P. 116–127.

*Uman National University of Horticulture*  
*e-mail: zachitnik84@ukr.net*

The article analyzes the amount of insecticide application in the system of protection of perennial plantations for 2019–2021 and determines the degree of danger of their use and the potential risk of ecotoxicological danger. It has been established that in Ukraine during the year the largest number of chemical preparations based on active substances is introduced by: malathion (2.29 thousand per kg), dimethoate (1.59 thousand per kg), imidacloprid (1.49 thousand per kg), propargite (1.49 thousand per kg) and cypermethrin (1.11 thousand per kg). The highest ecotoxicological risk is determined for such active ingredients as imidacloprid, dimethoate, alpha-cypermethrin, zeta-cypermethrin, propargite, flupyradifurone, lambda-cyhalothrin, which are the part of preparations Konfidor, SL, Danadym stabilnyi, EC, Bi-58 new, e.c., Alfahard 100, EC, Fastak, e.c., F'iuri, e.w., Omait 57%, EW, Sivanto Praitm 200 SL, Ampliho 150 ZC, FC, Enzhio 247 SC, s.c., Karate Zeon 050 CS мк.с. According to the totality of ecotoxicological and sanitary-hygienic indicators such preparations as Bi-58 new, e.c., Danadym stabilnyi, EC, Kalipso 480 SC, Movento 100 SC, Oberon Rapid 240 SC, SC, Transform, WG, Fufanon 570, EC are classified as low-hazard (Cn 6–7). Dangerous (level 3) include Ampliho 150 ZC, FC, Arrivo, e.c., Enzhio 247 SC, s.c., Karate Zeon 050 CS мк.с., Sivanto Praitm 200 SL, F'iuri, e.w. Very dangerous (level 2) ones include Alfahard 100, EC, Proteus 110 OD, Fastak, e.c. According to the set of characteristics of active substances and preparations based on them, indicators of ecotoxicological danger and the degree of danger, it was established that the use of Kalipso 480 SC, Movento 100 SC, Oberon Rapid 240 SC, SC, Transform, WG, Fufanon 570, EC preparations, in compliance with the recommended application norms, it poses the least potential danger to the natural environment. The biggest danger in agrobiocenoses of apple trees is the preparations from the class of pyrethroids such as Arrivo, e.c., Karate Zeon 050 CS мк.с., F'iuri, e.w., Fastak, e.c., and Alfahard 100, EC, Proteus 110 OD.

**K e y w o r d s:** apple agrobiocenosis, pesticides, ecological danger, ecotoxicological risk.

**Zabarnyi O.** Influence of seeding rates on the formation of productivity of winter rape agrocenoses (*Brassica napus* L. Oleifera). *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 128–135.

*Vinnitsa national agrarian university*  
*e-mail: zabarnyy@ukr.net*

The influence of sowing rates on the growth, development and formation of seed productivity of winter rape hybrids Pancher and Fencer is highlighted. A structural analysis and comparison of indicators of the individual state of plants at the seeding rate of winter rape recommended by the manufacturer of 500 thousand seeds/ha and reduced rates of 400, 300 and 200 thousand seeds/ha, which model the possible

loss of plants in the sowing during the autumn-winter period, were carried out. It was noted that at a sowing rate of 500 thousand units/ha before entering winter (BBCH 15–18), the diameter of the root collar of the hybrids was 0.82–0.84 cm, and the height of the point above the soil level was 2.18–2.35 cm. In the variant with a sowing rate of 200 thousand seeds/ha, the diameter of the root collar of Pancher hybrid increased to 1.13 cm, and that of the Fencer hybrid – 1.11 cm, while the height of the growth point above the soil level of the hybrids was at the level of 1.77–1.88 cm. In the pre-harvest period (BBCH 93–95), the height of winter rape plants was not uniform and largely depended on the seeding rate, i.e., the greater the number of plants per square metre, the taller they were. Thus, at a sowing rate of 500 thousand seeds per hectare, the average height of Pancher winter rape plants was 167 cm, while that of the Fencer hybrid was 173 cm. With a decrease in the seeding rate to 200 thousand seeds/ha, the height of plants also decreased to 156 cm in Pancher hybrid and to 168 cm in Fencer hybrid. At the recommended sowing rates of winter rape (500 thousand units/ha), the number of branches in the hybrids was 6–7 units/plant, the number of pods was 328–386 units/plant, and the weight of 1000 seeds was 2.97–3.15 g. The yield of Pancher hybrid in this variant was 4.37 t/ha, while the yield of the Fencer hybrid was 4.55 t/ha. It was noted that reducing the seeding rate to 400 and 300 thousand units/ha did not significantly reduce the yield of hybrids. However, already at a sowing rate of 200 thousand units/ha, the yield reduction in hybrids was more significant and amounted to 0.68–0.75 t/ha with a yield of 3.62–3.87 t/ha. Studies have shown that winter rape plants have a high compensatory capacity and are able to form high productivity indicators both at the recommended sowing rates (500 thousand units/ha) and at reduced rates (300–400 thousand units/ha). However, from a practical point of view, it is not necessary to reduce the sowing rates by 40–50% of the recommended ones, as plants may be damaged or destroyed in the autumn-winter period due to drought, freezing, rooting and damage by mouse-like rodents. The revealed peculiarity of winter rape allows determining the limit of rape density at which high and stable productivity, and therefore profitability of production, is ensured.

**Key words:** winter rape, hybrid, seeding rate, density, height, root collar diameter, structural analysis, yield.

**Maievskiy O.<sup>1</sup>, Mudrak O.<sup>2</sup>, Parfenyuk A.<sup>3</sup>, Tkach Ye.<sup>3</sup>, Tertychna O.<sup>3</sup>** Structural changes in the wall of the small intestine of rats under the conditions of action of Nikolsky's viper (*Vipera berus nikolskii*) poison. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 136–142.

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv

<sup>2</sup> Public Higher Educational Establishment «Vinnytsia Academy of Continuing Education»

<sup>3</sup> Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: ov\_mudrak@ukr.net

The components of poisons of various living species cause a wide range of effects and symptoms in the victim's body. The mechanisms of damage to various organs and systems of animals and humans under the influence of specific components of their toxins remain open. The mechanisms of damage to various organs and systems of animals and humans under the influence of specific components of toxins of the venom of vipers remain open. Therefore, the study of the mechanisms of action of viper venom, as well as the development and implementation of a set of measures to reduce the negative impact of their poison on the mammalian organism, remain relevant. The study of the ecological and biological aspects of the violation of the homeostasis of the rat organism under the conditions of the action of viper venom is a complex and multifaceted process that covers various scientific areas. The aim of the study is to identify signs of damage to the small intestine of rats under the conditions of the poison of Nikolsky's viper (*Vipera berus nikolskii*). The experiment was conducted on 20 white male rats. In the study, rats were divided into two groups – control and experimental. The poisoning was simulated by administering Nikolsky's viper venom to rats of the experimental group intra-abdominally at a dose of ED<sub>50</sub> of 0.972 µg/g. Histological preparations were examined under the SEO SCAN light microscope; the images were processed using the Vision CCD Camera with an existing system for displaying images on a computer monitor. It was found that severe intoxication of the body with the venom of the Nikolsky's viper causes extensive destructive-dystrophic changes in the wall of the empty intestine, along with significant stromal-vascular disorders. Poisonous hemotoxins increase vascular wall permeability and change intravascular coagulation processes, which leads to disseminated intravascular coagulation (DVS syndrome) and irreversible degeneration of small bowel structures in experiment.

**Key words:** vipers, small intestine, toxins, structural changes, venom.

**Rylskiy O.<sup>1</sup>, Petrusha Yu.<sup>1</sup>, Dombrovskiy K.<sup>1</sup>, Okhrimenko S.<sup>2</sup>** Influence of humic and fulvic acids on living organisms and prospects for their application. Agroecological journal. 2023. No. 3. P. 143–153.

<sup>1</sup> Zaporizhzhia National University

<sup>2</sup> Khortytsia National Reserve

e-mail: rylsky@ukr.net

An analysis of current and previous literature on the impact of humic and fulvic acids on organisms of different taxonomic levels (e.g. plants, animals, microorganisms) shows that these substances have

an impact both at the molecular and structural level and at the organismal level. A great amount of work has been devoted to the study of the impact on plants and animals, with a much smaller number of studies on the effect of humic substances on human health. Humic and fulvic acids along with preparations based on them are widely used in crop production in order to increase plant resistance to adverse environmental factors, enhance crop yields, restore soil fertility, improve the nutritional value of products and their environmental friendliness. In livestock farming, the use of biologically active humic and fulvic preparations helps to accelerate animal growth, improve resistance to toxins in feed and stressful environmental conditions, reduce disease, and increase animal productivity. It is obvious that in the future, most of the work should be devoted to the study of the mechanisms of influence of humic and fulvic acids on human health as the most important section of human ecology. A significant confirmation of this conclusion can be the fact that among the inhabitants of Polissya (Volyn, Zhytomyr, Kyiv and Rivne regions) there is the largest number of long-livers (over 100 years old), and it is known that the inhabitants of this region of Ukraine drink borehole and river water with a high concentration of humic substances. In addition, humic and fulvic acids exhibit pronounced antioxidant, hepatoprotective, immunomodulatory, fungicidal, antitoxic, anti-inflammatory, antiviral, antimutagenic and other types of biological activity, which makes them a unique synthesis for the creation of effective ecologically safe drugs with complex biological effects.

**Key words:** humus substances, crop production, animal breeding, human health.

**Tsentylo L.<sup>1</sup>, Stetsiuk I.<sup>2</sup>** Cyanobacterial water blooms as an environmental hazard to waters. *Agroecological journal*. 2023. No. 3. P. 154–163.

<sup>1</sup> *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net*

The article describes and analyzes the problem of cyanotoxin contamination of water bodies in Ukraine and other countries of the world. Eutrophication of water bodies, which is caused by human activity,

climate change lead to uncontrolled development of cyanobacteria, and thus to ecological danger in hydrosphere objects. Anthropogenic eutrophication (increasing the content of nutrients in water due to their introduction into water bodies during pollution of water bodies by flood and municipal runoff, fish farming use of water bodies), temperature rise, increase in carbon dioxide content in the atmosphere, as a result of the transformation of introduced organic matter in water, contribute to increasing the dominance of cyanobacteria in water ecosystems. Bloom-forming cyanobacteria produce various neurotoxins, hepatotoxins, and dermatotoxins that can be fatal to birds and mammals (including waterfowl, cattle, and dogs) and threaten the use of water bodies for public water supply, recreation, irrigation, and fishing. Among the toxins of blue-green algae, nodularin, saxitoxin, microcystin, domoic acid, guanitoxin, anatoxins and others were found. Exceeding the critical mass of algae and their metabolites activates the self-decomposition process. This leads to the removal of oxygen from the water, and instead the release of methane, hydrogen sulfide, ammonia, and other toxic substances. The result of this is not only the death of fish. Cyanobacteria are capable of natural genetic transformation – genetic change of the cell as a result of direct absorption and inclusion of exogenous DNA from its environment. A sufficiently effective solution to the issue of controlling the activity of cyanobacteria is the use of humic preparations. It was established that humic substances (humic acids, fulvic acids) in certain concentrations negatively affect the growth, development and activity of cyanobacteria. Humic substances, as a component of organic matter and a reserve of organic carbon in its global cycle, have a negative effect on hydrobionts by increasing their concentration in water bodies. However, humic substances are able to regulate the activity of phytoplankton. The introduction of humic substances at a concentration of 2-5 mg/l of reservoir water significantly affects the activity of phytoplankton (suppresses phytoplankton vegetation, reduces the slime formation of cyanobacteria, and, from the beginning, inactivates the synthesis of cyanotoxins). This effect is provided by the alkaline pH of humates, high content of iron and copper.

**Key words:** aquatic ecosystems, anthropogenic eutrophication, blue-green algae, toxins, humic substances, bacteria.



---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**БЕЗНОСКО Ірина Володимирівна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: beznoscoirina@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>)

**БОНДАРЕНКО Олена Юріївна**, кандидат біологічних наук, доцент, Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна (e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2383-6615>)

**ВАСЬКІВ Тарас Ярославович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України; Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства, м. Київ, Україна (e-mail: vaskiv\_t@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9529-3050>)

**ВИСОЧАНСЬКА Марія Ярославівна**, доктор економічних наук, старший дослідник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-9991>)

**ГАВРИЛЮК Лілія В'ячеславівна**, доктор філософії, науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: gavriluklilia410@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>)

**ГУЛІНЧУК Роман Михайлович**, кандидат економічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: rgulinchuk@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2205-8716>)

**ГУМЕНЮК Ірина Ігорівна**, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6692-0171>)

**ГУРМАНЧУК Олексій Вікторович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, Україна (e-mail: gurmanchuka@gmeil.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9663-1514>)

**ДЕМ'ЯНЮК Олена Сергіївна**, доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна

(e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>)

**ДОМБРОВСЬКИЙ Костянтин Олегович**, кандидат біологічних наук, доцент, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна (e-mail: dombrov1717@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6965-6989>)

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

**ЗАБАРНИЙ Олексій Сергійович**, кандидат сільськогосподарських наук, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна (e-mail: zabarnyy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3337-9386>)

**ЗУБЧЕНКО Владислав Віталійович**, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: zubchenko123@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7841-6725>)

**КАСЮХНИЧ Володимир Юрійович**, кандидат економічних наук, Державне підприємство «Ліси України», м. Київ, Україна (e-mail: kasvolodumur@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8862-2803>)

**КОНИЩУК Василь Васильович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>)

**КРАВЧУК Юрій Алікович**, Скви́рська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН, м. Сквиря, Київська обл., Україна (e-mail: doslidna-skvira@meta.ua; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6878-7700>)

**ЛЕВІШКО Алла Сергіївна**, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: alodua2@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4037-1730>)

**МАЄВСЬКИЙ Олександр Євгенійович**, доктор медичних наук, професор, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка; Національний науковий центр «Інститут біо-



логії та медицини», м. Київ, Україна (e-mail: maevskyalex8@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9128-1033>)

**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 Вероніка Олександрівна**, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: mva.mudrak2002@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5023-5866>)

**МУДРАК Олександр Васильович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: ov\_mudrak@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1776-6120>)

**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>)

**ОХРИМЕНКО Світлана Григорівна**, Національний заповідник «Хортиця», м. Запоріжжя, Україна; Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: svet-lana2006@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5117-5236>)

**ПАЛАМАРЧУК Руслан Анатолійович**, Національний природничий парк «Білоозерський», с. Хоцьки, Бориспільський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: ruslan.palamarchuk37@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0190-7103>)

**ПАЛАПА Надія Василівна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: palapa60@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3748-6414>)

**ПАРФЕНЮК Алла Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vereskar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>)

**ПЕТРУША Юлія Юрївна**, кандидат біологічних наук, доцент, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна (e-mail:

Yulia.ZNU@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3041-2877>)

**ПОЛІЩУК Віктор Миколайович**, кандидат географічних наук, доцент, КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», м. Вінниця, Україна (e-mail: vpolischuk7@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2810-2183>)

**ПОСТОЄНКО Дмитро Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича», м. Київ, Україна (e-mail: dmytroiap@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8551-5809>)

**РАВЛІКОВСЬКИЙ Андрій Романович**, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Закарпатська обл., Україна (e-mail: a.r.ravlikovsky@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9029-103X>)

**РИЛЬСЬКИЙ Олександр Федорович**, доктор біологічних наук, професор, Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна (e-mail: rylsky@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9631-1828>)

**СИМОЧКО Людмила Юрївна**, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Закарпатська обл., Україна; професор Коїмбрського університету, Коїмбра, Португалія (e-mail: lyudmilassem@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-3172>)

**СОЛОМАХА Володимир Андрійович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН; Національний науковий центр «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича», м. Київ, Україна (e-mail: v.sol@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3975-5366>)

**СТЕЦЮК Інна Михайлівна**, Інститут агроєкології і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8392-6527>)

**ТЕРНОВИЙ Юрій Вікторович**, кандидат сільськогосподарських наук, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН, м. Сквиря, Київська обл., Україна (e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>)

**ТЕРТИЧНА Ольга Василівна**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,

Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-2858>)

**ТКАЧ Євгенія Дмитрівна**, доктор біологічних наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: bio\_eco@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0666-1956>)

**УСТИМЕНКО Олексій Васильович**, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., Україна (e-mail: ukrvilar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5321-6812>)

**ФОМЕНКО Олександр Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна (e-mail: zachitnik84@

ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0526-502X>)

**ХРИСТЕЦЬКА Марія Володимирівна**, Інститут агроекології та природокористування НААН, м. Київ; Шацький національний природний парк, смт Шацьк, Волинська обл., Україна (e-mail: shnpp.park@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2336-3889>)

**ЦЕНТИЛО Леонід Васильович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: 2037127@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6546-2826>)

**ШЕВЧИК Василь Леонович**, кандидат біологічних наук, Національний науковий центр «Інститут біології та медицини» КНУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна (e-mail: shewol@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-3776>)

---

---

## 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 приймається тільки за умови її 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 телефоном (044) 522-60-62.

E-mail: agroecjournal@ukr.net

---