

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

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



**1 • 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 протокол № 1 від 14 лютого 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

---

---

1 • 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 Y.</b> ,<br><i>Candidate 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>YUKHNOVSKYI 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>канд. біол. наук, ст. досл. (Київ)                   |
| <b>ДЕМ'ЯНЮК 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. (Турція)                        |
| <b>НАГОРНЮК 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)                   |

- Смолій Л.В., Діхтяренко Н.В.**  
Стратегічні пріоритети розвитку «зеленої економіки» в аграрному секторі в умовах євроінтеграції
- Маліновська О.Я., Височанська М.Я.**  
Енергетична безпека України як головний критерій ефективності функціонування національної економіки
- Райчук Л.А., Чоботко Г.М., Мусич О.Г., Конішчук В.В.**  
Соціальна складова як чинник та індикатор збалансованого розвитку регіону Українського Полісся
- Соломаха І.В., Постоєнко Д.М., Соломаха В.А.**  
Польові лісосмуги Середнього Лісостепового Придніпров'я як сировинні угіддя для бджільництва
- Бондаренко О.Ю., Назарчук Ю.С.**  
Види рослин школи садівництва м. Одеси (XIX–XX ст.) (за матеріалами MSUD)
- Сенчук Т.Ю., Шакалій С.М., Атаршикова А.М., Діденко В.І.**  
Фуражні особливості поведінки медоносних бджіл в агрофітоценозах соняшнику в умовах Полтавської обл.
- Оліферчук В.П., Шукель І.В., Кузярін О.Т.**  
Еколого-біологічна структура флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів
- Мудрак О.В., Маєвський О.Є., Парфенюк А.І., Ткач Є.Д., Тертична О.В.**  
Еколого-біологічне значення дії отрути гадюк на гомеостаз ссавців
- Маєвський О.Є., Слепцова І.В.**  
Гістологічні зміни в стінці порожньої кишки щурів за умов дії отрути гадюки звичайної (*Vipera berus berus*)
- 6 **Smolii L., Dikhtyarenko N.**  
Strategic Priorities for the Development of the «Green Economy» in Agricultural Sector in the Conditions of European Integration
- 16 **Malinovska O., Vysochanska M.**  
Energy security of Ukraine as the main criterion of effectiveness of the national economy functioning
- 29 **Raichuk L., Chobotko H., Musych O., Konishchuk V.**  
Social component as a factor and indicator of sustainable development of Ukrainian Polissia region
- 38 **Solomakha I., Postoienko D., Solomakha V.**  
Field forest strips of the Middle Dnipro Area Forest-Steppe as raw areas for beekeeping
- 47 **Bondarenko O., Nazarchuk Yu.**  
Species of plants in Odesa School of Horticulture (XIX–XX centuries) (based on MSUD materials)
- 58 **Senchuk T., Shakalii S., Atarshchykova A., Didenko V.**  
Forage characteristics of honey bees behavior in sunflower agrophytocenoses in the conditions of Poltava region
- 65 **Oliferchuk V., Shukel I., Kuzyarin O.**  
Ecological and biological structure of flora of devastated lands at surfur quarries
- 76 **Mudrak O., Maievskiy O., Parfenyuk A., Tkach Ye., Tertychna O.**  
Environmental and biological significance of the action of viper poison on the homeostasis of mammals
- 84 **Maievskiy O., Sliptsova I.**  
Histological changes in the rat's jejunum wall under the conditions of action of common European adder (*Vipera berus berus*) venom

- Зайцев Ю.О., Демчишин А.М., Гунчак М.В.**  
Стан родючості ґрунтів Львівської обл. 92 **Zaitsev Yu., Demchyshyn A., Gunchak M.**  
State of soil fertility in Lviv Region
- Шумиґай І.В., Коніщук В.В., Мороз В.В., Манішевська Н.М.**  
Біогеохімічна, фізіологічна адаптивність пшениці озимої (*Triticum L.*) за впливу важких металів у Лісостепу України 101 **Shumyhai I., Konishchuk V., Moroz V., Manishevskya N.**  
Biogeochemical and physiological adaptability of winter wheat (*Triticum L.*) under the influence of heavy metals in the Forest-Steppe of Ukraine
- Бортнік А.М., Бортнік Т.П., Гаврилюк В.А.**  
Ефективність мелясних відходів за вирощування картоплі (*Solanum tuberosum*) як нового перспективного органічного добрива 110 **Bortnik A., Bortnik T., Gavryliuk V.**  
Efficiency of molasses waste when growing potatoes (*Solanum tuberosum*) as a new promising organic fertilizer
- Савчук О.І., Приймачук Т.Ю., Дребот О.В., Цуман Н.В., Ільїнський Ю.М.**  
Агроекологічна оцінка короткоротаційної сівозміни на дерново-підзолистому ґрунті 118 **Savchuk O., Pryimachuk T., Drebot O., Tsuman N., Ilyinsky Yu.**  
Agroecological assessment of short crop rotation on sod-podzolic soil
- Грановська Л.М., Резніченко Н.Д., Рой С.С.**  
Забур'яненість посівів сої (*Glycine max*) за різних систем основного обробітку ґрунту та сидерації 127 **Hranovska L., Reznichenko N., Roi S.**  
Weediness of soybean (*Glycine max*) crops under different systems of main tillage and green manuring
- Левішко А.С., Гуменюк І.І., Цвігун В.О., Мазур С.О., Боцула О.І.**  
Вплив полігуанідину на спрямованість біохімічних процесів у рослинах пшениці (*Triticum L.*) 136 **Levishko A., Gumeniuk I., Tsvigun V., Mazur S., Botsula O.**  
The influence of polyguanidin on the direction of biochemical processes in wheat (*Triticum L.*) plants

## НЕКРОЛОГ

Памяті В.П. Ландіна

## Реферати

## Відомості про авторів

## Правила для авторів

## OBITUARY

146 In memory of Landin V.P.

148 Abstract

156 Information about the authors

159 Rules for the authors

## СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ» В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Л.В. Смолій, Н.В. Діхтяренко

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)  
e-mail: [lsmoliy@ukr.net](mailto:lsmoliy@ukr.net); ORCID: 0000-0002-7426-0468  
e-mail: [dichtiarenkon@gmail.com](mailto:dichtiarenkon@gmail.com); ORCID: 0000-0002-3187-7919

Статтю присвячено розгляду аспектів імплементації засад «зеленої економіки» як інноваційної стратегічної моделі у функціонуванні аграрного сектору економіки. Дослідження здійснювалось із використанням комплексного підходу, аналітико-монографічного, статистико-економічного методів, методу логічного узагальнення та ін. Доведено, що концептуалізація та практична реалізація принципів «зеленої економіки» є пріоритетним напрямом розвитку аграрного виробництва та сільських територій у країнах Європейського Союзу та має стати таким для України. Здійснено оцінку умов формування «зеленої економіки» в аграрній сфері, проаналізовано тенденції її розвитку. Встановлено, що реалізація потенціалу «озеленення» аграрної економіки потребує подолання низки екологічних проблем: виснаження та деградація земель сільськогосподарського призначення, забруднення водних ресурсів, значний обсяг викидів в атмосферу тощо. Сформовано структурно-логічну модель трансформації аграрної сфери економіки України в умовах реалізації Європейського Зеленого Курсу, яка охоплює цілі, принципи, напрями, інструменти реалізації та визначає основних бенефіціарів переходу до концепції «зеленої економіки». Обґрунтовано стратегічні пріоритети розвитку «зеленої економіки» в аграрній сфері та визначено цільові орієнтири на найближчу перспективу, які охоплюють практично всі сфери аграрного сектору економіки України. Ними мають стати підвищення рівня продовольчої безпеки, збільшення ефективності використання ресурсів, як екологічної, так і економічної, зменшення енергетичної залежності, підвищення експортного потенціалу галузі та національної економіки загалом. Узагальнено та систематизовано кількісні індикатори імплементації принципів «зеленої економіки» та Європейського Зеленого Курсу щодо впровадження у сфері аграрного виробництва. Встановлено недостатній рівень існуючого фінансового забезпечення заходів, передбачених пропонованою стратегією, та окреслено можливі джерела фінансування заходів щодо забезпечення екологізації аграрної економіки.

**Ключові слова:** екологізація, сільськогосподарське виробництво, Європейський Зелений Курс, цільові орієнтири, «озеленення» економіки.

### ВСТУП

Реалізація євроінтеграційної стратегії України та її цілей щодо входження в європейський економічний простір вимагає впровадження підходів до формування економічної політики в напрямі забезпечення еколого-економічної ефективності виробництва та споживання. Аграрний сектор економіки є одним з найперспективніших із позиції переорієнтації на «зелений» курс розвитку. Функціонування галузі забезпечує 40% від загального українського експорту, вже зазнає трансформацій під впли-

вом зростаючих вимог ринку ЄС, країни якого входять до числа найбільш значних торговельних партнерів України. Спільна аграрна політика – стратегічний план Європейського Союзу – передбачає імплементацію принципів «озеленення» економіки в розвиток аграрного виробництва та сільських територій. Пріоритетом фінансового забезпечення (у розмірі до 35% спільного аграрного бюджету країн ЄС) є екологічні схеми забезпечення і підтримки безпечних технологій агровиробництва, збереження біорізноманіття тваринного і рослинного світу, охорона ландшафтів, підтримка клімату, розвитку біоекономіки



сільських регіонів [1]. Окрім того, з метою досягнення Цілей сталого розвитку Європейською Комісією в 2019 р. було оголошено про запровадження програми дій ЄС під назвою «The European Green Deal» (Європейський Зелений Курс). Одним із ключових напрямів Європейського Зеленого Курсу (ЄЗК) є «озеленення» аграрної політики.

Зважаючи на стратегічний вектор зовнішньоекономічної політики України в напрямі зближення з ЄС, а також передумови, що склалися в аграрному секторі, постає необхідність вирішення завдання його трансформації на засадах «зеленої економіки». Це дасть змогу гарантувати достатній рівень національної продовольчої безпеки, мінімізувати екологічні ризики у функціонуванні аграрного сектору, задовольнити соціальні запити, забезпечити зміцнення конкурентних позицій на зовнішніх ринках.

**Метою роботи** є здійснення економічної оцінки умов формування «зеленої економіки» та обґрунтування стратегічних пріоритетів її розвитку в аграрній сфері економіки України.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Важливість перетворень в аграрній економіці, спрямованих на її «озеленення», привертає увагу дедалі більшої кількості науковців, як українських, так і іноземних. Особливості формування моделі зеленої економіки в аграрному секторі вивчали Пищенко О.В. [2], Ходаківська О.В. [3; 4], Шпикуляк О.Г., Супрун О.М. [5], Купінець Л.С. [6], Ковальчук С., Кравчук А. [7], Гонта Д., Кирилюк Є. [8], Яцук І.П., Моклярчук Л.І. [9], Палапа Н.В. [10] та ін.

Концептуальні засади впровадження принципів «зеленої економіки» розглядали такі іноземні вчені, як Кругман П. [11], Камерон А. [12]. Екологічні, соціальні та економічні аспекти розвитку «зеленої економіки» в аграрному секторі інших країн досліджуються у працях Селвіна Б. [13], Єзерської-Тьоле О. [14]. Проблема, що порушується в дослідженнях науковців,

відносно нова, тому потребує поглибленого вивчення з метою аналізу існуючих викликів та вироблення стратегічних напрямів політики «озеленення» аграрної економіки.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досягнення поставленої в статті мети реалізувалося за допомогою використання низки загальнонаукових і специфічних методів та підходів, а саме: аналітико-монографічний — для розгляду існуючих досліджень, що стосуються сталого розвитку «зеленої економіки»; комплексний підхід — для аналітичної оцінки тенденцій розвитку «зеленої економіки» в аграрному секторі; причинно-наслідковий аналіз — для визначення перешкод для розвитку «зеленої економіки»; статистико-економічний — для пошуку та обробки статистичних даних та дослідження індикаторів; логічного узагальнення — для формування висновків.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аграрний сектор економіки України має необхідний потенціал для впровадження принципів «зеленої» економіки, однак це потребує подолання значного обсягу невирішених на сьогодні проблем, зокрема виснаження та деградація земель сільськогосподарського призначення, забруднення водних ресурсів, високий рівень викидів в атмосферу через застосування застарілого обладнання. За даними Національного інституту стратегічних досліджень України, стан земельних ресурсів України близький до критичного. Землі сільськогосподарського призначення займають 71%, з них 78% становить рілля. Поширені процеси деградації земель, ерозія ґрунтів охоплює 57% території [15] (рис. 1).

Щороку змивається понад 500 млн т ґрунту. Площа еродованої ріллі сягає близько 11 млн га, а еродованих сільськогосподарських угідь — понад 13 млн га, або близько 32,0% загальної їх площі. Дефляційно небезпечні сільськогосподарські угіддя становлять понад 19 млн га (46,0%



Рис. 1. Типи й орієнтовне поширення деградацій ґрунтів в Україні [15]

усієї площі). Економічний збиток від ерозії перевищує 10 млрд дол. США на рік [16; 17].

Крім того, аграрний сектор економіки є одним із джерел продукування небезпечних видів відходів в Україні. У Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. констатується, що значні обсяги накопичених в Україні відходів та відсутність ефективних заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, утилізацію, знешкодження та видалення, спричиняють загострення несприятливої екологічної ситуації та стримують розвиток національної економіки. Виробництво сільськогосподарської продукції призводить до викидів трьох парникових газів: вуглекислого газу, метану та оксиду азоту. За даними річного звіту Міністерства енергетики та охорони навколишнього середовища України «Запас парникових газів України 1990–2018» [18], у 2018 р. діяльність у сільському господарстві спричинила викиди в обсязі 98 млн т CO<sub>2</sub>, або 29% від загальних викидів, тобто майже кожна третя тонна викидів парникових газів пов'язана із діяльністю у сільському господарстві. Найбільшу частку серед них займають викиди від втрати органічного вуглецю у ґрунтах — 48,2%; викиди від сільськогосподарських ґрун-

тів — 33,5; викиди від кишкової ферментації — 8,3; викиди від споживання пального технікою — 5,3; викиди від поводження з відходами тваринництва — 2; інші джерела викидів — 2,7%.

За даними Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2020 рр. частка викидів в еквіваленті CO<sub>2</sub> агробізнесом у 2020 р. становила майже 13% від загального обсягу викидів парникових газів (табл.).

Отже, не зважаючи на імплементацію світового досвіду та впровадження екологічних технологій аграрного виробництва, агробізнес України досі не характеризується високим рівнем екологізації.

Трансформація аграрного сектору на засадах «зеленої економіки» повинна супроводжуватись виділенням чітких цілей, принципів, напрямів та інструментів реалізації. Ці елементи становитимуть єдину систему перетворень, що матиме своїм результатом збереження, збільшення і відновлення природного капіталу в аграрній сфері як найважливішого економічного активу і джерела суспільних благ (рис. 2).

Основними вигодоотримувачами переходу до концепції «зеленої економіки» в аграрній сфері є:

**Динаміка викидів парникових газів за категоріями джерел парникових газів  
в аграрному секторі України, тис. т в еквіваленті CO<sub>2</sub> [19; 20]**

Роки	Категорії джерел парникових газів в аграрному секторі України						Всього
	у рослинництві				у тваринництві		
	вищування рису	сільсько-господарські угіддя	вапнування	застосування сечовини	внутрішня ферментація	поводження з гноєм	
1990	216,43	35709,95	2592,08	270,14	45924,87	7308,44	92021,91
2000	187,12	15264,85	63,47	82,23	18468,60	2441,46	36507,73
2001	140,86	16769,07	71,47	117,02	18746,74	2399,30	38244,46
2002	140,75	16647,36	53,78	116,91	18926,94	2556,43	38442,17
2003	166,13	13927,54	49,37	191,11	16984,02	2372,71	33690,88
2004	158,16	16962,84	83,33	35,83	16016,58	2179,28	35436,02
2005	158,57	17011,59	90,92	138,32	15719,51	2222,95	35341,86
2006	161,01	16979,44	105,99	171,32	15460,79	2314,25	35192,8
2007	156,72	15731,11	112,35	212,11	13998,08	2244,39	32454,76
2008	146,85	21054,47	124,95	355,18	13241,48	2187,15	37110,08
2009	181,97	19622,78	151,88	175,03	12767,38	2251,10	35150,14
2010	217,31	19348,96	127,46	334,73	12191,90	2334,19	34554,55
2011	219,98	24080,83	127,16	391,52	11784,12	2317,52	38921,13
2012	191,74	22948,71	161,72	351,36	12016,15	2357,81	38027,49
2013	179,32	27008,06	182,25	381,75	12257,78	2407,11	42416,27
2014	75,58	27413,42	156,26	386,03	11681,10	2344,20	42056,59
2015	86,72	25979,33	169,83	372,50	10970,24	2224,99	39803,61
2016	89,07	28876,25	140,09	457,62	10752,01	2126,43	42441,47
2017	94,11	29697,25	168,60	512,07	8597,04	2022,17	41091,24
2018	93,58	33479,29	163,74	201,18	8298,21	2002,73	44238,73
2019	94,83	33004,02	163,23	316,84	7918,02	1958,37	43455,31
2020	82,99	31845,54	131,35	235,51	7447,07	1944,65	41687,11

- виробники аграрної продукції, які зможуть забезпечити поступове підвищення якості, конкурентоспроможності власної продукції та відповідність стандартам; отримати доступ до нових ринків збуту та джерел залучення коштів у агро-виробництво; підвищити результативність діяльності;
- наймані працівники, які беруть участь у виробничих та управлінських процесах за рахунок підвищення стандартів соціально-трудова відносин;
- мешканці сільських територій, для яких забезпечуватиметься проживання в безпечних з екологічної точки зору умовах та збереження природних ресурсів;
- споживачі продовольчої продукції, для яких розширяться можливості екологічно безпечного для здоров'я та якісного харчування;
- окремі регіони, а також держава та суспільство загалом за рахунок досягнення цілей сталого розвитку, подолання багатьох проблемних моментів у сфері продовольчої безпеки, забезпечення економічного зростання в аграрному секторі та підвищення його конкурентоспроможності на міжнародних ринках.

Сукупність цих напрямів охоплює практично всі сфери аграрного сектору економіки України та постає пріоритетами реалізації політики впровадження концеп-

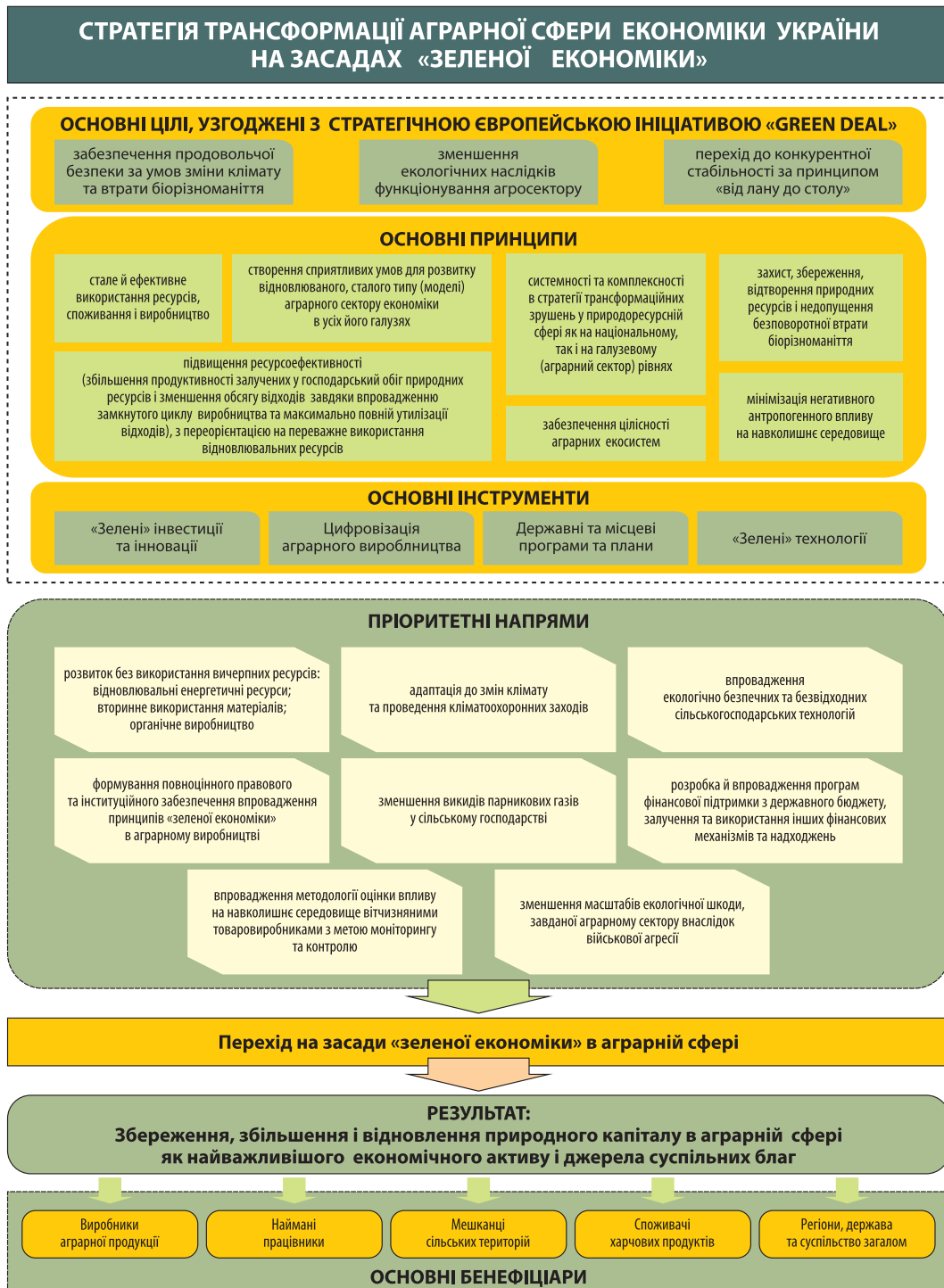


Рис. 2. Стратегія трансформації аграрної сфери на засадах «зеленої економіки»

ції «зеленої економіки» в функціонування галузі.

Вироблення стратегії та контроль за її реалізацією повинні передбачати формування очікуваних результатів за усіма стратегічними пріоритетами. Ця мета передбачає досягнення конкретних цільових показників і виконання певних завдань. Аграрний бізнес повинен враховувати цілі ЄЗК у процесі стратегічного планування свого розвитку, спираючись на національну специфіку розвитку аграрного сектору України та відштовхуючись від існуючих позицій. Орієнтирами екологізації аграрного виробництва має стати підвищення рівня продовольчої безпеки, збільшення ефективності використання ресурсів, як екологічної, так і економічної, зменшення енергетичної залежності, підвищення експортного потенціалу галузі та національної економіки загалом.

На *рис. 3* узагальнено цільові індикатори, визначені стратегічними та програмними документами України, а також Європейським Зеленим Курсом щодо впровадження принципів «зеленої економіки» у сфері аграрного виробництва.

Впровадження концепції «зеленої економіки» у практичну діяльність суб'єктів аграрного сектору потребуватиме залучення значних фінансових ресурсів, за рахунок коштів як державного, так і приватного сектору. В рамках реалізації ЄЗК Європарламентом прийнято рішення щодо спрямування на екологічні програми 30% прямих дотацій фермерам. Окрім того, 35% аграрного бюджету в ЄС буде спрямовано на збереження навколишнього середовища на сільських територіях. Усього за 7 років Євросоюз планує вкласти в «озеленення» агропромислового виробництва 387 млрд євро. Для порівняння, в Україні

### ЦІЛЬОВІ ІНДИКАТОРИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ» ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО КУРСУ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Скорочення використання небезпечних пестицидів	на 50%
Скорочення використання антибіотиків у тваринництві	на 50%
Розширення частки органічного виробництва від загального виробництва	до 25%
Зменшення використання добрив	на 20%
Рекультивация земель	не менше 4,3 тис. га
Збільшення площі заліснення території	до 17%
Частка площі сільськогосподарських угідь екстенсивного використання (сіножатей, пасовищ) у загальній території країни	15,8%
Збільшення обсягів використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії	на 55%
Зменшення викидів парникових газів	<60% обсягу у 1990 р.

**Рис. 3.** Цільові індикатори імплементації принципів «зеленої економіки» та Європейського Зеленого Курсу в аграрному секторі

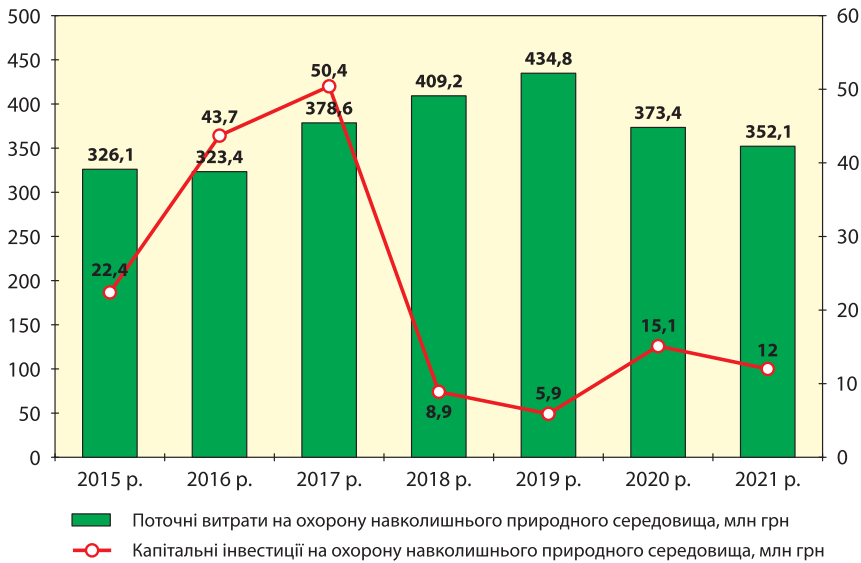
*Примітка:* систематизовано автором.

вся держпідтримка АПК — 4 млрд грн на 2021 р. [21]. Нинішні тенденції фінансування природоохоронних заходів у сільському господарстві демонструють невтішні тенденції (рис. 4).

Разом із тим, за оцінками експертів, обсяг необхідних українському АПК інвес-

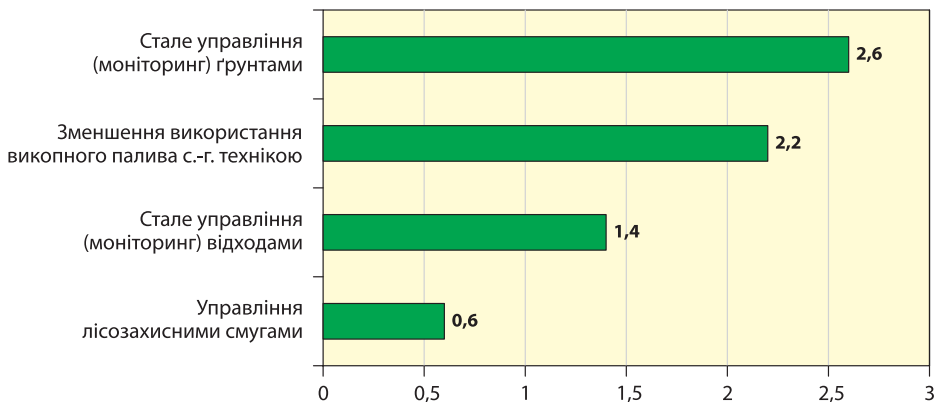
тицій у рамках впровадження «Європейського Зеленого Курсу» є значно більшим (рис. 5).

Система фінансування заходів щодо забезпечення екологізації аграрної економіки формуватиметься за рахунок таких джерел, як Державний бюджет України та місцеві



**Рис. 4.** Динаміка фінансування природоохоронних заходів у сільському господарстві України, млн грн

Примітка: побудовано за даними [22].



**Рис. 5.** Обсяг інвестицій, необхідний для здійснення заходів у рамках впровадження Європейського Зеленого Курсу, млрд грн

Примітка: побудовано за даними [23].

бюджети; екологічні фонди; власні кошти аграрного бізнесу; вітчизняні та іноземні інвестиції; інші позабюджетні кошти.

## ВИСНОВКИ

Засади трансформації аграрного сектору в напрямі «зеленої економіки» слід розглядати в контексті реалізації таких стратегічних пріоритетів: розвиток без використання вичерпних ресурсів; адаптація до змін клімату та проведення кліматоохоронних заходів; впровадження екологічно безпечних та безвідходних сільськогосподарських технологій; зменшення викидів парникових газів у сільському господарстві; формування повноцінного правового та інституційного забезпечення впровадження принципів «зеленої економіки» в аграрному виробництві; розробка й впро-

вадження програм фінансової підтримки з державного бюджету, а також залучення та використання інших фінансових механізмів та надходжень; впровадження методології оцінки впливу на навколишнє середовище вітчизняними товаровиробниками з метою здійснення моніторингу та контролю; зменшення масштабів екологічної шкоди, завданої аграрному сектору внаслідок військової агресії. Сукупність цих напрямів охоплює практично всі напрями розвитку аграрної сфери економіки України та виступає пріоритетом реалізації політики впровадження концепції «зеленої економіки» в функціонування галузі. Окреслені стратегічні орієнтири мають стати в основі обґрунтування й прийняття єдиної стратегії розвитку аграрного сектору і сільських територій України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sustainable development in the European Union. Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. 366 p.
2. Пищенко О.В. Імперативи розвитку «зеленої економіки» в аграрному секторі. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020. № 2. С. 286–290. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5740-2020-280-2-51>
3. Ходаківська О.В. Екологізація аграрного виробництва: моногр. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2015. 350 с.
4. Ходаківська О.В. Екологізація аграрного виробництва: сучасні виклики та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2015. № 5. С. 43–47.
5. Ходаківська О.В., Шпикуляк О.Г., Супрун О.М. Інститути «зеленої економіки» у забезпеченні сталого розвитку агросектору: теоретичний вимір. *Бізнес-Інформ*. 2017. № 7. С. 13–18.
6. Купінець Л.Є. Україна в «зелених» трансформаціях агропродовольчого сектору країн Східного партнерства: виклики та можливості. *Економічні інновації*. 2019. Т. 21. Вип. 2 (71). С. 43–58.
7. Kovalchuk S. and Krawchuk A. The impact of global challenges on «green» transformations of the agrarian sector of the eastern partnership countries. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2019. Vol. 5. N 1. P. 87–97. DOI: [10.30525/2256-0742/2019-5-1-87-95](https://doi.org/10.30525/2256-0742/2019-5-1-87-95).
8. Гонта Д., Кирилюк Є., Прошаликіна А., Риженко Н. Формування складників національної біоекономіки України в умовах прискорення науково-технічного прогресу: моногр. Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2020. 233 с.
9. Яцук І.П., Моклярчук Л.І., Ліщук А.М., Романова С.А. Інноваційний розвиток сільського господарства за використання індикаторів «зеленого зростання». *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174011>
10. Нагорнюк О.М., Палапа Н.В., Темченко В.В. Значення матеріально-технічного забезпечення технологій органічного виробництва для екобезпеки агросфери України. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 4. С. 42–49. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189452>
11. Krugman P. Building a Green Economy. URL: <https://www.nytimes.com/2010/04/11/magazine/11Economy-t.html>
12. Cameron A. and Clouth S. A Guidebook to the Green Economy. *Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development — history, definitions and a guide to recent publications*. 2012. Is. 1. 64 p.
13. Selwyn B. A green new deal for agriculture: for, within, or against capitalism? *The Journal of Peasant Studies*. 2021. N 48 (4). P. 778–806. DOI: [10.1080/03066150.2020.1854740](https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1854740).
14. Jezierska-Thöle A., Gwiaździńska-Goraj M. and Dudzińska M. Environmental, Social, and Economic Aspects of the Green Economy in Polish Rural Areas — A Spatial Analysis. *Energies*. 2022. N 15 (9). P. 3332. DOI: [10.3390/en15093332](https://doi.org/10.3390/en15093332).
15. Державна політика сталого розвитку на засадах «зеленої» економіки: аналітична записка Національного інституту стратегічних досліджень. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1237/>
16. Зайцев Ю.О., Собко В.І., Кожевникова В.Л. та ін. Класифікація процесів, що спричиняють деградацію земельних угідь. *Агроекологічний журнал*. № 3. 2022. С. 150–159. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266420/>

17. Ґрунтові ресурси України: сучасний стан, деградація, охорона. *Agropolit*. URL: <https://agropolit.com/infographics/view/93>
18. Ukraine's greenhouse gas inventory 1990–2018 Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv, 2020. URL: <https://unfccc.int/ru/node/228016>.
19. Національний кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2019 роки. URL: [https://mepg.gov.ua/files/docs/klimatychna\\_polityka/Ukraine\\_NIR\\_2021.pdf](https://mepg.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/Ukraine_NIR_2021.pdf)
20. Проєкт національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2020 роки. URL: [https://mepg.gov.ua/files/docs/klimatychna\\_polityka\\_Ukraine\\_NIR\\_2022\\_draft.pdf](https://mepg.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka_Ukraine_NIR_2022_draft.pdf)
21. Мосій О., Бревус В., Пономар В. Впровадження європейського досвіду використання енергоощадних технологій малими і середніми підприємствами в Україні. *Інноваційні засади управління підприємствами в умовах сталого розвитку*: матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 25 берез. 2016 р.). 2016. С. 73–74.
22. Довкілля України: статистичний збірник / за ред. О.М. Прокопенко. Київ: Державна служба статистики, 2021. 225 с.
23. Кучер М. Імплементация Європейського «зеленого курсу» в інтересах українського аграрного сектору. URL: <https://agropolit.com/blog/458-implementatsiya-yevropeyskogo-zelenogo-kursu-v-interesah-ukrayinskogo-agrarnogo-sektoru>

## REFERENCES

1. Sustainable development in the European Union. (2021). Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context. Luxembourg: Publications Office of the European Union [in English].
2. Pyschenko, O.V. (2020). Imperatyvy rozvytku «zelenoi ekonomiky» v aharnomu sektori [Imperative development of the «green economy» in the agricultural sector]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu — Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 2, 286–290. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5740-2020-280-2-51> [in Ukrainian].
3. Khodakivska, O.V. (2015). *Ekolohizatsiia aharnoho vyrobnytstva [Greening of agricultural production]*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Khodakivska, O.V. (2015). Ekolohizatsiia aharnoho vyrobnytstva: suchasni vykylyky ta perspektyvy rozvytku [Greening of agricultural production: modern challenges and development prospects]. *Ekonomika APK — Economy of agro-industrial complex*, 5, 43–47 [in Ukrainian].
5. Khodakivska, O.V., Shpykuliak, O.H. & Suprun, O.M. (2017). Instytut «zelenoi ekonomiky» u zabezpechenni staloho rozvytku ahrosektora: teoretychnyi vymir [Institutes of «green economy» in ensuring sustainable development of the agricultural sector: theoretical dimension]. *Biznes-Inform — Business-Inform*, 7, 13–18 [in Ukrainian].
6. Kupinets, L.E. (2019). Ukraina v «zelenykh» transformatsiiah ahroproduvalnoho sektoru krain Skhidnoho partnerstva: vykylyky ta mozhlyvosti [Ukraine in the «green» transformations of the agri-food sector of the Eastern Partnership countries: challenges and opportunities]. *Ekonomichni innovatsii — Economic innovations*, 21, 2 (71), 43–58 [in Ukrainian].
7. Kovalchuk, S. & Kravchuk, A. (2019). The impact of global challenges on "green" transformations of the agrarian sector of the eastern partnership countries. *Baltic Journal of Economic Studies*, 5 (1), 87–97. DOI: [10.30525/2256-0742/2019-5-1-87-95](https://doi.org/10.30525/2256-0742/2019-5-1-87-95) [in English].
8. Gonta, D., Kirilyuk, E., Proshchalykina, A. & Ryzhenko, N. (2020). *Formuvannia skladnykiv natsionalnoi bioekonomiky Ukrainy. umovakh pryskorennia nauково-tekhnichnoho prohresu [Formation of the components of the national bioeconomy of Ukraine in conditions of acceleration of scientific and technical progress]*. Cherkasy [in Ukrainian].
9. Yatsuk, I.P., Mokliarchuk, L.I., Lishchuk, A.M. & Romanova, S.A. (2019). Innovatsiyni rozvytok silskoho hospodarstva za vykorystannia indyikatoriv «zelenoho zrostantia» [Innovative development of agriculture using «green growth» indicators]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 6–16. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174011> [in Ukrainian].
10. Nahorniuk, O.M., Palapa, N.V. & Temchenko, V.V. (2019). Znachennia materialno-tekhnichnoho zabezpechennia tekhnolohii orhanichnoho vyrobnytstva dlia ekobezpeky ahrosfery Ukrainy [The importance of material and technical support of organic production technologies for the eco-security of the agricultural sector of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 42–49. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189452> [in Ukrainian].
11. Krugman, P. (2010). Building a Green Economy. URL: <https://www.nytimes.com/2010/04/11/magazine/11-Economy-t.html> [in English].
12. Cameron, A. & Clouth, S. (2012). A Guidebook to the Green Economy. *Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development — history, definitions and a guide to recent publications*, 1, 64 [in English].
13. Selwyn, B. (2021). A green new deal for agriculture: for, within, or against capitalism? *The Journal of Peasant Studies*, 48 (4), 778–806. DOI: [10.1080/03066150.2020.1854740](https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1854740) [in English].
14. Jezierska-Thöle, A., Gwiazdzinska-Goraj, M. & Dudzińska, M. (2022). Environmental, Social, and Economic Aspects of the Green Economy in Polish Rural Areas—A Spatial Analysis. *Energies*, 15 (9), 3332. DOI: [10.3390/en15093332](https://doi.org/10.3390/en15093332) [in English].
15. National Institute of Strategic Studies (2013). *Derzhavna polityka staloho rozvytku na zasadakh «zelenoi» ekonomiky: analitychna zapyska [State policy of sustainable development on the basis of the «green»*



- economy: analytical note*]. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1237/> [in Ukrainian].
16. Zaitsev, Yu.O., Sobko, V.I., Kozhevnikova, V.L. et al. (2022). Klasyfikatsiia protsesiv, shcho sprychyniaut dehradatsiiu zemelnykh uhid [Classification of processes causing land degradation]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal*, 3, 150–159. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266420/> [in Ukrainian].
  17. Gruntovi resursy Ukrainy: suchasnyi stan, dehradatsiia, okhrona [Soil resources of Ukraine: current state, degradation, protection]. (2019). *Ahropolit — Agropolit*. URL: <https://agropolit.com/infographics/view/93> [in Ukrainian].
  18. Ukraine's greenhouse gas inventory 1990–2018. (2020). Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv. URL: <https://unfccc.int/ru/node/228016> [in English].
  19. Natsionalnyi kadastr antropohennykh vykydiv iz dzherel ta absorbtzii pohlynachamy parnykovykh haziv v Ukraini za 1990–2019 roky [National inventory of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases in Ukraine for 1990–2019]. (2021). URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna\\_polityka/Ukraine\\_NIR\\_2021.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/Ukraine_NIR_2021.pdf) [in Ukrainian].
  20. Proiekt natsionalnoho kadastru antropohennykh vykydiv iz dzherel ta absorbtzii pohlynachamy parnykovykh haziv v Ukraini za 1990–2020 roky [Project of the national inventory of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases in Ukraine for 1990–2020]. (2022). URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna\\_polityka/Ukraine\\_NIR\\_2022\\_draft.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/Ukraine_NIR_2022_draft.pdf) [in Ukrainian].
  21. Mosii, O., Brevus, V. & Ponomar, V. (2016). Vprovadzhenia yevropeiskoho dosvidu vykorystannia enerhooshchadnykh tekhnolohii malymy i serednimy pidpriemstvamy v Ukraini [Implementation of European experience in the use of energy-saving technologies by small and medium-sized enterprises in Ukraine]. *Innovatsiyni zasady upravlinnya pidpriemstvamy v umovakh staloho rozvytku: Materialy V Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Innovative principles of enterprise management in conditions of sustainable development: Proceedings of the 5th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]*. (pp. 73–74). Ternopil [in Ukrainian].
  22. Prokopenko, O.M. (Ed.). (2021). *Dovkillya Ukrainy: statystychnyy zbirnyk [Environment of Ukraine: statistical collection]*. Kyiv [in Ukrainian].
  23. Kucher, M. (2021). *Implementatsiia Yevropeiskoho «zelenoho kursu» v interesakh ukrainskoho ahrarnoho sektoru [Implementation of the European «green course» in the interests of the Ukrainian agricultural sector]*. URL: <https://agropolit.com/blog/458-implementatsiya-yevropeyskogo-zelenogo-kursu-v-interesah-ukrayinskogo-agrarnogo-sektoru> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.12.2022

# ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ ЯК ГОЛОВНИЙ КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

О.Я. Маліновська<sup>1</sup>, М.Я. Височанська<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка (м. Львів, Україна)  
e-mail: malinovska\_o@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5820-3896

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

У статті проаналізовано енергетичну безпеку України як головний критерій ефективності функціонування національної економіки сьогодення, реалії та перспективи. Наведено, що станом на лютий 2022 р. українська енергетична галузь була однією з найпотужніших в Європі, і залишається такою наразі, незважаючи на значні пошкодження в результаті російського вторгнення. Зокрема, Україна входить до 10 країн Європи за встановленою потужністю електрогенерації, й посідає третє місце серед видобувників газу, та має найбільші підземні газові сховища в Європі. Визначено, що відсутність системного підходу до забезпечення енергетичної безпеки є основним недоліком чинного законодавства України. Комплекси законодавчих актів розвиваються окремими суб'єктами за неузгодженими між собою напрямками (регулювання енергетичних ринків, безпека постачання, стандартизація, фізична охорона, екологічні вимоги тощо). Обґрунтовано, що нині фактично відсутні інструменти забезпечення «енергетичної безпеки» та захисту українських суб'єктів внутрішнього енергетичного ринку при цілеспрямованому, політично-мотивованому впливі інших держав, особливо з огляду на прийняті Україною міжнародні зобов'язання щодо побудови відкритих, лібералізованих внутрішніх енергетичних ринків. Доведено, що метою впровадження нового ринку електричної енергії є запровадження конкурентних механізмів функціонування ринку, вільний вибір контрагентів та забезпечення права споживача вільно обирати постачальника електричної енергії. Законом передбачені різні механізми купівлі-продажу електричної енергії — двосторонні договори, ринок «на добу наперед» та внутрішньодобовий ринок для забезпечення достатніх обсягів електричної енергії, а для фінансового врегулювання небалансів електричної енергії, передбачений балансу-ючий ринок та ринок допоміжних послуг.

**Ключові слова:** національна безпека, економічна безпека, загрози, еколого-економічна ефективність, механізми.

## ВСТУП

Енергетика України перебуває в стані війни з 2014 р., тому з 24 лютого 2022 р. з повномасштабним вторгненням на територію України певні рішення були вже відпрацьовані на територіях України, де раніше велися активні бойові дії на тимчасово окупованих територіях. Водночас українська енергетика зустрілася з переліком нових, ще більш загрозливих викликів, як-то ядерний тероризм із захопленням АЕС, численні пошкодження критичної інфраструктури — електричних і газових мереж, критичне зниження попиту на енергетичні продукти у зв'язку з виїздом на-

селення і припиненням бізнесу, ще більш критичне зниження рівня оплат в енергетичній системі, та рішення не зважаючи на бойові дії по всій території країни продовжувати синхронізацію енергетичної системи України з енергосистемою Континентальної Європи, паливна криза та ін. Отримання Україною статусу кандидата на вступ до ЄС ставить додаткові виклики для енергетики та регулювання цієї галузі.

Успішний розвиток національного ринку електроенергетики визначається рівнем його конкуренції та входженням у єдиний лібералізований європейський ринок. Саме тому це питання полягає в розробленні стратегічних рішень, що передбачають ви-

сування таких цілей і стратегій поведінки відповідних об'єктів управління, реалізація яких здатна забезпечувати ефективне функціонування підприємств у довгостроковій перспективі та швидку адаптацію до мінливих умов зовнішнього середовища.

Основним показником розвитку національної економіки країни є формування ефективної системи енергетичної безпеки. Вона характеризується таким станом, який забезпечує гарантований захист інтересів суспільства, держави, енергетичну спрямованість політики навіть у несприятливих для розвитку внутрішніх і зовнішніх процесів умовах. Енергетична безпека визначається внеском усіх її складових: екологічної, наукової, інформаційної та інших сфер життя країни чи території, регіону.

**Метою статті** є визначення головного критерію ефективності функціонування енергетичної безпеки України під час військових подій.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні актуальні питання енергетичної безпеки України як головного критерію ефективності функціонування національної економіки знайшли відображення в працях відомих вітчизняних вчених: В. Баранніка, А. Гальчинського, В. Гейця, М. Земляного, Р. Подольця, В. Саприкіна, Б. Стогнія, О. Суходолі, А. Сухорукова, В. Точіліна, А. Шевцова, А. Шидловського. Однак незважаючи на певну кількість наукових досліджень у цій галузі, зокрема таких, що стосуються гарантування енергетичної безпеки як основного важеля функціонування національної економіки, ще не достатньо висвітлені та розроблені. Це ускладнює формування дієвої державної політики в енергетичній сфері та створює складові для виникнення додаткових перешкод національній безпеці.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нині розвиток економіки досяг такого рівня, коли енергетичний сектор відіграє ключову роль у своєму впливі на інші час-

тини розвитку національної економіки. Тому визначення внеску паливно-енергетичного потенціалу країни має вирішальне значення для аналізу та формування енергетичної безпеки. Забезпечення останньої стає одним із основних завдань створення умов для нормального функціонування всіх галузей економіки країни.

Енергетичну безпеку можна трактувати як властивість технічної безпеки енергетичних систем. До того ж, енергетична безпека за визначенням ставить перед собою першочергову мету гарантованого захисту особи, суспільства і держави від дефіциту паливно-енергетичних ресурсів, тобто має ширше значення, ніж поняття надійності, і виступає як економічна, політична та філософська категорія [1–3].

Відповідно до Закону України «Про національну безпеку України» [4], під національною безпекою розуміють захищеність національних інтересів України від реальних та потенційних загроз, а державна політика у сферах національної безпеки і оборони спрямовується на забезпечення воєнної, зовнішньополітичної, державної, економічної, інформаційної, екологічної безпеки, кібербезпеки України тощо (рис. 1). З огляду на зазначене, енергетичну безпеку слід безпосередньо віднести до сфер національної безпеки, що забезпечують реалізацію одного з фундаментальних національних інтересів — сталого розвитку національної економіки, суспільства і держави для забезпечення зростання рівня та якості життя населення [5–7].

Водночас енергетична безпека бере участь також і в забезпеченні інших національних інтересів — державного суверенітету й незалежності, інтеграції України в європейський енергетичний простір тощо.

1 липня 2019 р. в Україні стартувала нова модель ринку електроенергії. Основним кроком на шляху до її впровадження було прийняття 13 квітня 2017 р. Верховною Радою України Закон України «Про ринок електричної енергії». Останній спрямований на імplementацію актів законодавства Енергетичного Співтовариства



Рис. 1. Структурно-функціональна схема національної безпеки України [8]

у сфері енергетики, а саме Директиви 2009/72/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку електричної енергії.

У новому законі передбачені механізми розвитку інфраструктури ринку електричної енергії: створення нових генеруючих потужностей, передбачені стимулювальні заходи для залучення вітчизняних та закордонних інвесторів у галузь енергетики.

Метою введення нового ринку електричної енергії є запровадження конкурентних механізмів функціонування ринку, вільний вибір контрагентів та забезпечення права споживача вільно обирати постачальника

електричної енергії. Законом передбачені різні механізми купівлі-продажу електричної енергії — двосторонні договори, ринок «на добу наперед» та внутрішньодобовий ринок для забезпечення достатніх обсягів електричної енергії, а для фінансового врегулювання небалансів електричної енергії, передбачений балансуєчий ринок та ринок допоміжних послуг.

Суб'єктами ринку електричної енергії на сьогодні є виробники, трейдери, постачальники, оператор системи розподілу, оператор системи передачі, оператор ринку, гарантований покупець електричної енергії та споживач.

Функціонування наведених суб'єктів ринку визначаються нормативно-правовими документами, які регулюють відносини між ними на визначних сегментах ринку електричної енергії, а саме:

1. Закон України «Про ринок електричної енергії» — закон, що регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, купівлею-продажем, постачанням електричної енергії.

2. Правила ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку, які визначають взаємовідносини, що виникають між учасниками ринку та оператором ринку, порядок реєстрації учасників, організації та проведення торгів, визначення ціни на електричну енергію, розрахунків на даних сегментів ринку.

3. Кодекс системи передачі регулює взаємовідносини оператора та користувачів щодо планування, розвитку та експлуатації (у т. ч. оперативного-технологічного управління) системи передачі у складі об'єднаної енергетичної системи України, а також приєднання та доступу до системи передачі.

4. Правила ринку, які визначають порядок та вимоги для виконання зобов'язань за договорами, правила функціонування ринку допоміжних послуг та балансуючого ринку, а також проведення розрахунків.

5. Кодекс комерційного обліку електричної енергії визначає принципи організації комерційного обліку електричної енергії, процеси та процедури для формування даних щодо обсягу, права та обов'язки сторін стосовно організації обліку.

6. Правила роздрібного ринку електричної енергії, що регулюють взаємовідносини, які виникають під час купівлі-продажу електричної енергії між постачальником та споживачем, а також їх взаємовідносини з іншими учасниками роздрібного ринку.

7. Кодекс системи розподілу визначає вимоги та правила, які регулюють взаємовідносини операторів і користувачів систем розподілу та передачі, а також замовників послуг із приєднання щодо оперативного та

технологічного управління системою розподілу, її розвитку та експлуатації, забезпечення доступу та приєднання електроустановок. Кодекс встановлює базові системні вимоги, спрямовані на забезпечення надійного функціонування і розвитку системи розподілу.

8. Ліцензійні умови провадження господарської діяльності з постачання електричної енергії споживачу, які встановлюють вичерпний перелік документів, які додаються до заяви про отримання ліцензії на провадження господарської діяльності з постачання електричної енергії споживачу, а також визначають вичерпний перелік вимог, умов і правил, обов'язкових для виконання під час провадження ліцензованої діяльності.

Відсутність системного підходу до забезпечення енергетичної безпеки є основним недоліком чинного законодавства України. Комплекси законодавчих актів розвиваються окремими суб'єктами за неузгодженими між собою напрямками (регулювання енергетичних ринків, безпека постачання, стандартизація, фізична охорона, екологічні вимоги тощо).

Відомчий підхід створює неузгодженість термінологічної бази у галузевому розрізі та суперечності із законодавством суміжних сфер. Наприклад, у законодавстві, що регулює ринок природного газу, вживається термін «кризова ситуація» для опису загрози припинення газопостачання. Одночасно законодавство електроенергетичної галузі використовує термін «надзвичайна ситуація», не узгоджений із законодавством у сфері цивільного захисту, зокрема організації реагування на «надзвичайні ситуації». До того ж, законодавство визначає, що рішення про запровадження «надзвичайної ситуації» в електроенергетиці ухвалює Кабінет Міністрів України за поданням Міненерго України або НКРЕ [9], а «кризової ситуації» на газовому ринку — Міненерго України за поданням оператора газотранспортної системи з подальшим інформуванням НКРЕ [10].

Відсутність системного бачення та відомчий лобізм призводять до змін законо-

давства, що лише ускладнюють узгодження дій різних суб'єктів для досягнення цілей забезпечення національних інтересів. У процесі таких змін втрачаються окремі завдання центральних органів виконавчої влади у сфері забезпечення енергетичної безпеки. Зокрема, завдання щодо формування балансу природного газу не відображено в Положенні про Міненерго України (чи Мінекономіки України), а передано до суб'єкта господарювання — оператора газотранспортної системи України, хоча подібний баланс електричної енергії закріплено за Міненерго України.

Швидке запровадження нового законодавства без його зіставлення із системним баченням предмета регулювання істотно збільшує суперечливість законодавства та знижує загальну його ефективність. Наприклад, законодавче затвердження незалежного статусу Регулятора енергетичних ринків (Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг) фактично призвело до розриву формального механізму відображення цілей політики держави в діях суб'єктів ринку. Те саме стосується діяльності суб'єктів господарювання на енергетичних ринках, не тільки приватних, а й державних (наприклад, виведення зі сфери управління Міненерго України державних енергетичних компаній НАК «Нафтогаз України», НЕК «Укренерго»). На сьогодні утворився розрив між постановкою цілей державної політики та їх практичним упровадженням у діяльність суб'єктів ринку. У законодавстві не врегульовано питання стосовно врахування завдань державної політики у сфері енергетичної безпеки у практичній діяльності суб'єктів енергетичних ринків та відповідальності за недотримання визначених на рівні законодавства вимог.

Щодо інших аспектів регулювання зберігається «застарілість» законодавчих положень, які не враховують змін, що відбуваються в українському енергетичному секторі, та не передбачають реагування на нові виклики й загрози енергетичній безпеці.

Нині фактично відсутні інструменти забезпечення «енергетичної безпеки» та захисту українських суб'єктів внутрішнього енергетичного ринку при цілеспрямованому, політично-мотивованому впливі інших держав, особливо з огляду на прийняті Україною міжнародні зобов'язання щодо побудови відкритих, лібералізованих внутрішніх енергетичних ринків.

Окремо слід звернути увагу на невідповідність чинного законодавства в частині формування спроможності країни протистояти загрозам функціонування енергетичного сектору, які пов'язані зі зловмисними діями (диверсії фізичного характеру, теракти, кібератаки тощо). Українське законодавство передбачає організацію лише фізичної охорони об'єктів, що не убезпечує від усього спектра сучасних загроз (зокрема, диверсій, кібератак). До того ж, фінансове та матеріально-технічне забезпечення охорони об'єктів забезпечується суб'єктами господарювання, витрати на цю діяльність мають включатись у валові витрати та підлягати погодженню регулятором енергетичних ринків. Регулятор на сьогодні не має законодавчих вказівок щодо рівня врахування таких витрат та, відповідно, не дає можливості сформулювати таке джерело фінансування захисту. Крім того, захист енергетичної інфраструктури врегульовується на відомчому рівні без належної координації та узгодження з іншими пріоритетами забезпечення національної безпеки [11].

Фактично відсутні законодавчі вимоги щодо запровадження системи стратегічного планування; забезпечення стійкості енергетики України; захисту (кібербезпеки) критичної енергетичної інфраструктури; стійкості енергетичного сектору до загроз будь-якого типу; запобігання інформаційним маніпуляціям; здійснення стратегічних комунікацій; захисту внутрішнього ринку в умовах інтеграції України до світового ринку.

Станом на лютий 2022 р. українська енергетична галузь була однією з найпотужніших в Європі, і залишається такою наразі, незважаючи на значні пошкоджен-

ня в результаті російського вторгнення. Зокрема, Україна входить до 10 країн Європи за встановленою потужністю електрогенерації, й посідає третє місце серед видобувників газу, має найбільші підземні газові сховища в Європі. Розгалужені та надійні системи транспортування газу, нафти, нафтопродуктів і передачі електроенергії пов'язують між собою сусідні з Україною країни ЄС та Молдову. Україна має одну з найвищих часток вуглецево-нейтральної генерації в Європі. Близько 70% електроенергії виробляється за рахунок атомної, гідро- і відновлюваної генерації.

Порівняно із 2014 р., Україна позбавилася залежності від російського газу, однак зберігала часткову або повну залежність від імпорту у більшості видів палива. До початку повномасштабного вторгнення у лютому 2022 р. Україна забезпечувала себе власними ресурсами у вугіллі на 75%. Імпорт решти обсягів відбувався на конкурентних умовах у диверсифікованого кола постачальників. Незважаючи на блокаду постачання енергетичного вугілля зі сторони РФ, опалювальний період 2021/2022 проходив стабільно без обмежень і відключень споживачів. Україна диверсифікувала джерела постачання вугілля наступним чином: 1,4 млн т вугілля було доставлено морським шляхом (18 човнів), очікувалося ще 8 човнів з 0,6 млн т вугілля (50% від всього імпорту). Станом на 23.02.2022 на складах знаходилося 701 тис. т вугілля, що вдвічі перевищувало обсяги 2021 р. на цю дату (330 тис. т). Окрім того, були впроваджені заходи з економії вугілля за рахунок нарощування внутрішнього видобутку вугілля та використання інших видів палива (АЕС та ВДЕ). За 2021 р. було побудовано 1,2 ГВт нових потужностей із ВДЕ, що дало можливість істотно зменшити потребу у вугіллі [12].

На ринку газу Україна забезпечувала себе власним ресурсом на 67%, а решту імпортувала з ЄС у диверсифікованого кола постачальників. Енергобезпеку України значно посилюють великі підземні сховища газу. Станом на 23.02.2022 у них знахо-

дилося 10,2 млрд м<sup>3</sup> газу — чого на той час було достатньо для забезпечення потреб українського ринку до кінця опалювального сезону навіть за відсутності імпорту. При цьому оператор газотранспортної системи (ГТС) України забезпечив достатні потужності для імпорту газу з ЄС.

Станом на початок вторгнення найбільша залежність українського енергетичного ринку зберігалася від імпорту російських та білоруських нафтопродуктів. На ці дві країни припадали найбільші обсяги імпорту, а власними ресурсами Україна забезпечувала свої потреби лише на 30%. На початку червня 2022 р. НАЕК «Енергоатом», національна компанія, яка займається атомною генерацією в Україні, підписала угоди про постачання ядерного палива для усіх атомних електростанцій країни з американською компанією Westinghouse Electric Company. Раніше паливо для українських АЕС постачалося з Росії. Незадовго до вторгнення Україна та Молдова від'єдналися від енергосистем Росії та Білорусі. За кілька тижнів українська та молдовська енергосистеми синхронізувалися з мережами Євросоюзу, а наприкінці червня 2022 р. Україна розпочала комерційну торгівлю електроенергією з ЄС [13].

Україна досягла значного прогресу у реформуванні енергетичного сектору відповідно до законодавства ЄС. У 2019–2021 рр. Україна успішно завершила відокремлення операторів газотранспортної мережі та системи передачі, що підтверджено їх сертифікацією. Були впроваджені ключові структурні зміни на ринках газу та електроенергії. Також триває реформа корпоративного управління у держкомпаніях енергетичного сектору. НЕК «Укренерго», як український оператор системи передачі (ОСП), здійснювала заходи із підготовки нашої енергосистеми до синхронізації з ENTSO-E з 2017 р., коли було підписано Угоду про умови майбутнього об'єднання. За цей час проведено тестування енергоблоків українських АЕС, ТЕС, ТЕЦ та ГЕС, створено математичну модель енергосистем України та Молдови, на основі якої Консорціум ОСП ENTSO-E провів дослід-

ження статичної та динамічної стійкості енергосистем України та Молдови під час роботи з мережею континентальної Європи. Результати дослідження довели технічну можливість синхронізації. Україна приєдналася до об'єднаної енергосистеми континентальної Європи ENTSO-E на рік раніше запланованого. Енергосистеми України та Молдови повністю синхронізовано з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E [14].

Війна має істотний негативний вплив на роботу української енергетичної галузі. Через своє економічне, гуманітарне і геополітичне значення об'єкти енергетичної інфраструктури є особливо частими цілями російської агресії. Тим не менш, українська енергосистема демонструє високу стійкість, а енергетики — надзвичайну професійність у забезпеченні стабільної роботи галузі навіть в умовах війни (рис. 2).

Близько 4% генеруючої потужності зруйновано під час бойових дій, ще 35% потужності знаходиться на окупованих територіях. Зокрема, найбільша в Європі

АЕС (Запорізька) працює в енергосистемі України, але знаходиться під постійним тиском російських окупантів. Виробнича потужність цієї станції сягає 6000 МВт, або 43% від загальної потужності усіх українських атомних електростанцій. Загалом зруйновано або знаходяться на окупованих територіях близько 50% теплової генерації, 30% сонячної генерації та понад 90% вітрогенерації. Видобуток газу скоротився на 10–12% за час повномасштабного вторгнення. Не працює жоден НПЗ (власне виробництво забезпечувало близько 30% нафтопродуктів), виникли логістичні складнощі з постачанням нафтопродуктів. Станом на середину червня 2022 р. прямі збитки, завдані інфраструктурі української енергетики та нафтогазового сектору, за попередніми оцінками, становлять 47 млрд грн, або 1,7 млрд дол. США. Загальні непрямі втрати сектору електроенергетики від початку війни оцінюються у 341,8 млрд грн. По сектору видобутку, транзиту та розподілення газу оцінка збитків сягає 61 млрд грн. Для сектору нафтовидобутку та нафтопереробки — 66 млрд грн [14].

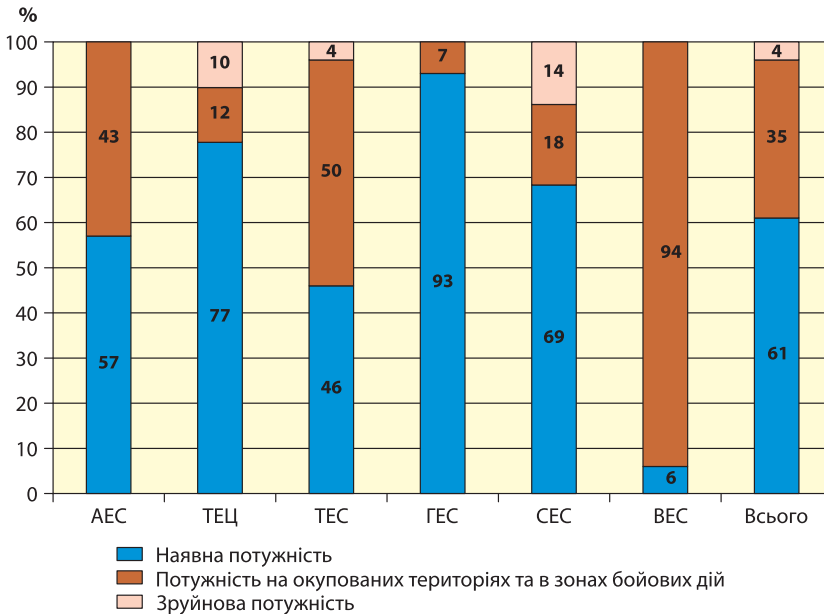


Рис. 2. Розподіл операційної потужності об'єктів електрогенерації, МВт [14]



Внаслідок бойових дій відбулося значне скорочення попиту (на 30–35% порівняно із споживанням 2021 р.), а профіль споживання істотно змінився за рахунок переміщення споживачів у західні області. Станом на кінець червня без постачання електроенергії знаходяться майже 600 тис. споживачів та без газу — близько 180 тис. споживачів.

Істотне зростання цін на енергоносії та паливо ускладнює забезпечення попиту та/або підготовку до ОЗП. Ціни на енергоносії і тарифи на тепло та транспортування енергії для значної частини споживачів залишаються незмінними, що збільшує фінансові дисбаланси в енергосистемі. Так, станом на 1 червня 2022 р. очікуваний дефіцит коштів на ринку електричної енергії сягав близько 35 млрд грн. Через російську агресію існує високий рівень системних обмежень генерації з ВДЕ, джерела компенсації яких наразі невизначені. Падіння рівня розрахунків і загострення проблеми заборгованості навіть при зафіксованих цінах вказує на загрозу енергетичної бідності. Втрата трудових ресурсів через військові дії та виїзд з країни працездатного населення має істотний негативний вплив на галузь.

Російська військова агресія проти України супроводжується також агресивними діями Росії проти покупців її енергоресурсів у ЄС. Так, російський монопольний постачальник вже зупинив постачання газу до Польщі, Болгарії, Нідерландів, Данії, Франції та істотно скоротив постачання газу німецьким та італійським контрагентам. У відповідь на енергетичні ризики ЄС розробив план REpowerEU, основною метою якого є відмова від російських енергоносіїв за рахунок підвищення енергоефективності, диверсифікації постачань палива, створення механізму спільної закупівлі газу та прискорення переходу на відновлювані джерела енергії. ЄС також впровадив санкції щодо російського вугілля та нафти. Певні країни ЄС оголосили про такі антикризові заходи, як відновлення вугільної генерації, збільшення інвестицій в атомну енергетику, стимулювання економії газу. Крім того, у Німеччині ведеться

дискусія щодо можливості продовження терміну експлуатації енергоблоків атомних електростанцій, а також щодо дозволу видобування сланцевого газу. Ці зовнішні зміни істотно впливають на енергобезпеку України, але також створюють нові можливості для українських енергетиків на європейському ринку. Україна має на меті використати свої значні можливості з низьковуглецевої генерації електроенергії, а також потужну інфраструктуру у транспортуванні та зберіганні газу для підтримки ЄС у зменшенні його залежності від зовнішніх джерел енергії.

Було опубліковано безліч коментарів про те, як покращити, модернізувати та декарбонізувати енергетичну галузь в Україні після війни. Головною відправною точкою та початковою базою для всіх таких оцінок має бути стан енергетичних систем в Україні до війни, а також масштаби та поширення шкоди цим системам у результаті війни Росії проти України. Детальне розуміння того, що було та які функції були знищені, зможе допомогти у розумінні підходів до відновлення.

Через значну залежність від інфраструктури радянської епохи житловий фонд України до війни був дуже неефективним щодо споживання енергії. Наприклад, приблизно 40% опалення житла в Україні забезпечується через системи централізованого тепlopостачання; однак ці системи вимагають 250–400 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік, порівняно з менш ніж половиною цього показника в Скандинавії (150 кВт·год) і однією четвертою цього обсягу в будівлях із енергоефективними заходами (60–80 кВт·год). Централізоване тепlopостачання істотно постраждало під час війни, особливо в Донецькій обл. — лише в останній було завдано збитків на суму понад 0,5 млрд дол. США та майже 1 млрд дол. США на відновлення. Національний план відновлення України передбачає 11 млрд дол. США на модернізацію централізованого тепlopостачання по всій Україні. Окремо в плані передбачено, що 59 млрд дол. США буде потрібно на програми енергоефективності житлових будинків,

а також додатково 29 млрд дол. США на енергоефективність соціальної інфраструктури [15].

Що стосується електроенергії, то більшість електроенергії в Україні вироблялася до війни на атомних електростанціях (51,4% у 2020 р.). Відновлювані джерела зробили незначний внесок у виробництво внутрішньої електроенергії: у 2020 р. 5,1% виробництва було отримано від гідроенергії, 4,0 — від сонячної енергії, 2,2 — від вітру та 0,5% від інших відновлюваних джерел енергії. Завдяки привабливій програмі «зелених» тарифів в Україні частка вітрової та сонячної енергетики помітно зросла за останні кілька років, але фінансування такої програми буде під питанням через економічні наслідки війни. Під час війни нова установка для виробництва енергії з відновлюваних джерел, зрозуміло, стагнувала. Крім того, деякі оцінки свідчать про те, що 30–40% сонячних електростанцій було пошкоджено, тоді як інші прогнозують, що 1 ГВт встановленої потужності (близько 15% сонячних електростанцій) було знищено. Інфраструктура передачі електроенергії також зазнала значної шкоди, особливо в Запоріжжі, де швидка оцінка збитків і потреб в Україні становить 0,5 млрд дол. США на потреби у відновленні електроенергії тільки в цьому регіоні [15].

Сьогодні сонячні установки найбільш представлені в Одесі, Миколаєві, Запоріжжі, Херсоні та Дніпрі; саме тут існують найкращі перспективи для виробництва фотоелектричних сонячних батарей. Ці ж п'ять регіонів південної та центральної України мають найвищий потенціал для наземних вітроенергетичних установок; також є перспективи до 250 ГВт потужностей морської вітроенергетики в Україні. Національний план відновлення України передбачає потребу в 15 млрд дол. США для фінансування потужностей відновлюваної енергії потужністю 5–10 ГВт, а також додатково 3,5 ГВт ГЕС і ГАЕС. Крім сонця та вітру, Україна вбачає роль біомаси у своєму енергетичному майбутньому: за оцінками для розробки біопалива з сільськогосподарської продукції та відходів

потрібно близько 4,2 млрд дол. США. У деяких коментарях говориться про великі можливості щодо біомаси через статус України як великого виробника сільськогосподарської продукції.

Хоча ведуться численні розмови про перехід до низьковуглецевих рішень і майбутнього в Україні, країні також необхідно розглянути роль викопного палива в коротко- та середньостроковій перспективі. У 2020 р. Україна виробляла 26% електроенергії з вугілля і 10% з газу. Крім того, газ і вугілля використовуються для виробництва енергії для вищезгаданих неефективних систем централізованого тепlopостачання в Україні. До війни Україна імпортувала 31% своїх газових потреб, що дає змогу Національному плану відновлення визначити, що для розширеної розробки внутрішніх газових родовищ, включаючи обмежені/нетрадиційні ресурси, потрібно приблизно 18 млрд дол. США.

Україна чітко бачить майбутнє у своєму енергетичному балансі за газом, але також має амбіції замінити частину використання газу воднем. Національний план відновлення визначає потужність понад 30 ГВт з відновлюваних джерел енергії, необхідну для виробництва екологічно чистого водню, вартістю 38 млрд дол. США, з окремими 7 млрд дол. США на 15 ГВт потужності електролізера та 2 млрд дол. США на інфраструктуру транспортування водню. «Зелений» водень, вироблений із відновлюваної електроенергії, можна використовувати для декарбонізації житлових і централізованих систем опалення та/або промислової декарбонізації.

Головна мета відбудови — стійка, сучасна та інвестиційно-приваблива енергетична галузь, яка забезпечує українських споживачів чистою, доступною і надійною енергією, покладається на відповідальний розвиток внутрішніх енергоресурсів, а також підтримує ЄС у досягненні його стратегічної автономності. Для реалізації, необхідним є відновлення енергобезпеки — а саме, диверсифікація джерел постачання енергоресурсів, створення резервів, кібербезпека.

На наш погляд, такими джерелами може стати мала гідроенергетика. У 2015 р. Інститут відновлюваної енергетики (ІВЕ) НАН України, оцінив технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок країни у 375 МВт, з яких на 1 січня 2022 р. опановано 102 МВт. У Карпатському регіону цей потенціал сягає 76% загальноукраїнського, а це 275 МВт. На сьогодні використано близько 20 МВт. Таким чином, в Україні цей ресурс задіяний усього на 7%.

18 серпня 2017 р. Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням: «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”» увів у дію документ, який визначає етапи і темпи розвитку малої гідроенергетики в країні. У цій стратегії намічено виконати такі головні завдання: реконструкція і модернізація наявних МГЕС, відновлення станцій зі збереженими гідроспорудами, будівництво нових станцій на р. Тиса, Дністер та будівництво децентралізованих нових МГЕС на малих водотоках для підвищення надійності та якості електрозабезпечення споживачів, віддалених від генеруючих об'єктів великої енергетики [16].

Усі ці заходи спрямовані на посилення маневрових резервів ОЕС України для гарантування роботи у складі ENTSO-E. Це особливо важливо для МГЕС Західної України, які грають важливу роль у налагодженні експортних і транзитних потоків української електричної енергії на європейський континент.

Після того як 24 лютого 2022 р. Росія розпочала війну проти України спорудження МГЕС в Західній Україні набуло особливої актуальності. Цьому сприяло розпорядження Кабміну № 246-р від 25 березня 2022 р., яким уряд затвердив План заходів щодо переміщення виробничих потужностей із районів, де тривають бойові дії або є загроза таких, на безпечні території. Для відновлення економіки держави, запобігання новим руйнуванням промислових об'єктів [17].

На виконання цього розпорядження Міністерство економіки України підготувало програму релокації підприємств у дев'яти областях Західної України. За даними Мін економіки України, станом на 28 травня в рамках держпрограми переміщення завершило 601 підприємство, 390 з них уже відновили роботу. Ще 87 компаній наразі на різних стадіях транспортування, а 151 перебувають на маршрутах або оформляють необхідні документи. Загалом, заявки на переміщення подали понад 1,5 тис. компаній. Найпоширенішими для релокації підприємств є Закарпатська, Львівська та Чернівецька обл. [18].

Отже, електроенергетика Західної України повинна взяти на себе величезний тягар. Це і сотні, тисячі релокаційних підприємств, це і сотні тисяч біженців, які значно збільшили навантаження на використання електроенергії в домогосподарствах.

Ще один чинник грає на користь розвитку малої гідроенергетики у західному регіоні, це те, що за перші місяці війни виробництво у відновлюваній енергетиці в Україні знизилося на 8,4%. У розрізі регіонів найбільші втрати на рівні 70% відбулися у Запорізькій та Херсонській обл., загалом на півдні було втрачено близько 41%. У той самий час на Заході України було реалізовано зеленої енергії, більш ніж на 70%.

Отже, в сучасних умовах, коли через війну діяльність великої кількості маневрових енергоблоків ТЕС, які знаходяться в зоні бойових дій або на тимчасово окупованих територіях вимушено зупинено, виникає необхідність прискорення розвитку малої гідроенергетики на Заході України.

Для реалізації потужних і вкрай важливих інноваційних проектів щодо малої гідроенергетики потрібні великі кошти. І у цьому плані вельми важливо залишається фінансова підтримка Європейським Союзом. За словами голови Єврокомісії Урсули фон дер Ляєн, ЄС має намір покрити більшу частину витрат на повоєнне відновлення України, створивши для цього трастовий фонд солідарності. Програма

«Відновлення України», яку Єврокомісія затвердила 19 травня, стане основним юридичним інструментом підтримки плану реконструкції нашої країни шляхом поєднання грантів і позик [19].

Єврокомісія запропонувала Києву, і вже розпочалися конкретні перемовини про приєднання України до Програми життя для клімату та довкілля. І ще досить цікава насамперед для українських енергетиків ініціатива Європейської комісії. Єврокомісія вже підготувала і планує представити план скорочення залежності Євросоюзу від російських енергоресурсів до 2027 р. У цьому документі поставлено нові амбітні цілі щодо використання відновлюваних джерел енергії. ЄК пропонує підвищити до 45% із нинішніх 40% цільовий показник частки зеленої енергетики в енергобалансі Євросоюзу до 2030 р. [20]. Це, безумовно, відкриває додаткові можливості участі України у проєктах щодо відновлюваної енергетики, у т. ч. пов'язаних із малою гідроенергетикою.

## ВИСНОВКИ

Цивілізований світ знаходиться у початковій точці енергетичного переходу. Через дії Росії на Запорізькій АЕС може статися катастрофа рівня Фукусіми і цього вистачить для того, щоб відкинути кліматичні цілі всього прогресивного світу далеко назад. Міжнародний порядок денний, у т. ч. щодо енергетики, потребує змін, зокрема:

1. Необхідно створити систему захисту від фізичного захоплення чи знищення енергетичних об'єктів. Об'єктів, які забезпечують життєзабезпечення громадян. Ефективний захист об'єктів енергетики має стати таким же важливим аспектом енергетичного переходу, як власне безвуглецева генерація. Система такого захисту має бути

«прошита за замовчуванням» у створення нових енергетичних систем. Можливо такий захист може забезпечити НАТО або інша міжнародна структура. На об'єкти енергетики, незалежно від країни, має розповсюджуватися принцип «екстериторіальності». Їхній захист потрібно перевести під дію міжнародного законодавства.

2. Погодити на міжнародному рівні пакет жорстких колективних санкцій, які також запускаються автоматично у випадку атаки на енергосистему будь-якої країни. Ці санкції потрібно розробити превентивно, а не постфактум. Кожен агресор повинен знати масштаб наслідків, з якими зіткнеться він і його держава після атаки на енергетичний сектор іншої держави. Енергетики, які допомагають агресії, мають бути прирівняні до терористів на персональному рівні. А енергетичні компанії стикатися з широким переліком наслідків: від арешту свого майна і персоналу за кордоном до примусового банкрутства.

3. Потрібна енергетика високого рівня стійкості. Українська енергетична система показала себе такою: в умовах війни ми зберегли її роботу, синхронізувалися з ENTSO-E, розпочали поставки електроенергії до ЄС. Однак жодна система будь-якої країни не витримає постійних масових ракетних обстрілів. На наш погляд, майбутнє за створенням децентралізованої енергетики й енергетично самодостатніх регіонів.

У світовому порядку денному має змінитися ставлення до енергетики. На сучасному рівні розвитку енергетика стала більшим, ніж просто галузь економіки. Майбутнє людства залежить від енергетики. А майбутнє енергетики залежить від того наскільки ми зможемо гарантувати її безпеку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Галущенко І. Проблеми моделювання процесів розвитку регіональної енергетики. *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем: зб. наук. пр.* 2014. С. 102–114.
2. Геєць В. Розвиток соціального капіталу — найбільше багатство у світі. *Віче.* 2011. № 1. С. 22–26.
3. Прохорова В.В., Проценко В.М., Чобіток В.І. Формування конкурентної стратегії підприємств на засадах інноваційно-спрямованого інвестування. Харків: УПА, 2015. 291 с.
4. Про національну безпеку: Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19>

5. Лір В.Е. Імперативи та детермінанти енергетичної політики сталого розвитку: моногр. Київ, 2018. 488 с.
6. Прокіп А.В. Сталість енергетичної безпеки. Теоретико-методологічні засади досягнення. Київ: ВД «Києво-Могилянська академія», 2018. 390 с.
7. Харазішвілі Ю.М. Системна безпека сталого розвитку: інструментарій оцінки, резерви та стратегічні сценарії реалізації: моногр. Київ, 2019. 304 с.
8. Суходоля О.М., Харазішвілі Ю.М., Бобро Д.Г. та ін. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: аналіт. доп. / за ред. О.М. Суходолі. Київ: НІСД, 2020. 178 с.
9. Про затвердження Порядку вжиття тимчасових надзвичайних заходів з подолання наслідків тривалого порушення нормальної роботи ринку електричної енергії: постанова Кабінету Міністрів України від 13.08.2014. № 372. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/372-2014-%D0%BF>
10. Про затвердження Національного плану дій: наказ Міністерства енергетики України від 02.11.2015. № 687. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/en/z1458-15/paran16#n16>
11. Суходоля О.М. Захист критичної інфраструктури в умовах гібридної війни: проблеми та пріоритети державної політики України. *Стратегічні пріоритети*. 2016. № 3. С. 62–76.
12. Розрахунки Центру Разумкова на підставі аналізу структури споживання електроенергії України. Така оцінка співставна із заявою ЄБРР. URL: <https://www.ebrd.com/news/2022/war-in-ukraine-and-inflation-slow-growth-in-ebrd-regions.html>
13. Як «Енергоатом» бореться з ядерним тероризмом РФ на українських атомних станціях, — інтерв'ю з Петром Котиним. URL: <https://forbes.ua/inside/naybilshu-atomnu-stantsiyu-ukraini-okupuvali-orke-a-nad-inshimi-litayut-raketi-yak-aes-prodovzhuyut-viroblyati-elektriku-pid-chas-viyni-intervyu-z-kerivnikom-energoatom-02052022-5736>
14. У Міненерго розказали, які ТЕЦ постраждали через війну в Україні. URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/robota-tec-v-ukrajini-yakitec-postrazhdali-cherез-viynu-v-ukrajini-novini-sogodni-11763043.html>
15. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року: Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
16. План заходів щодо переміщення виробничих потужностей із районів, де тривають бойові дії або є загроза таких, на безпечні території: розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.03.2022. № 246. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/246-2022-%D1%80#Text>
17. Дивна геолокація: переміщення підприємств відбувається вкрай мляво. URL: <https://gmk.center.ua/posts/divna-relokaciya-peremishhennya-pidpriemstv-vidbuvaetsya-vkraj-mlyavo/>
18. Європейська комісія затвердила стратегічний план «Відновлення України». URL: <https://finclub.net/ua/news/yevropeiska-komisiiia-zatverdyla-stratehichniy-plan-vidnovlennia-ukrainy.html>
19. ЄК підготувала план підвищення енергобезпеки Європи вартістю EUR 195 млрд. URL: <https://interfax.com.ua/news/greenddeal/831429.html>
20. Как модернизировать украинскую энергетику в процессе послевоевого восстановления. URL: [https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2022/05/19/6\\_87217/](https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2022/05/19/6_87217/)

## REFERENCES

1. Hlushchenko, I.A. (2014). Problemy modelivannia protsesiv rozvytku rehionalnoi enerhetyky [Problems of modeling the processes of development of regional energy]. *Ekonomiko-matematychne modelivannia sotsialno-ekonomichnykh system: zbirnyk naukovykh prats' — Economic and mathematical modeling of socio-economic systems: a collection of scientific works*, 102–114 [in Ukrainian].
2. Heiets, V. (2011). Rozvytok sotsialnoho kapitalu—naibilshе bahatstvo u sviti [The development of social capital is the greatest wealth in the world]. *Viche — Viche*, 1, 22–26 [in Ukrainian].
3. Prokhorova, V.V., Protsenko, V.M. & Chobitok, V.I. (2015). *Formuvannia konkurentnoi stratehii pid-priemstv na zasadakh innovatsiino-spriamovanoho investuvannia: monohrafiia [Formation of a competitive strategy of enterprises on the basis of innovation-oriented investment: monograph]*. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Pro natsionalnu bezpeku Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 21.06.2018, 2469-VIII [On National Security of Ukraine: Law of Ukraine of 21.06.2018, 2469-VIII]. (2018). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> [in Ukrainian].
5. Lir, V.E. (2018). *Imperatyvy ta determinanty enerhetychnoi polityky staloho rozvytku: monohrafiia [Imperatives and determinants of energy policy of sustainable development: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Prokip, A.V. (2018). *Stalist enerhetychnoi bezpeky. Teoretyko-metodolohichni zasady dosiahnennia [Sustainability of energy security. Theoretical and methodological principles of achievement]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Kharazishvili, Yu.M. (2019). *Systemna bezpeka staloho rozvytku: instrumentarii otsinky, rezervy ta stratehichni stsenarii realizatsii: monohrafiia [Systemic security of sustainable development: assessment toolkit, reserves and strategic implementation scenarios: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Sukhodolia, O.M. (Ed.), Kharazishvili, Yu.M., Bobro, D.H. (2020). *Enerhetychna bezpeka Ukrainy: metodolohiia systemnoho analizu ta stratehichnoho planuvannia [Energy security of Ukraine: methodology of system analysis and strategic planning: analyst]*. Kyiv [in Ukrainian].
9. Pro zatverdzhennia Poriadku vzhytta tymchasovykh nadzvychainykh zakhodiv z podolannia naslidkiv tryvaloho porushennia normalnoi roboty elektrychnoi enerhii: postanovna vid 13.08.2014 [On Approval of the

- Procedure for Taking Temporary Emergency Measures to Overcome the Consequences of a Prolonged Disruption of the Normal Operation of Electric Energy: resolution of 13.08.2014]. *Kabinetu Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers*, 372. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/372-2014-%D0%BF> [in Ukrainian].
10. Pro zatverdzhennia Natsionalnoho Planu dii: nakaz vid 02.11.2015 [On approval of the National Action Plan: Order of 02.11.2015]. *Minenerhovuhillia — Ministry of Energy and Coal*, 687. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/en/z1458-15/paran16#n16> [in Ukrainian].
  11. Cukhodolia, O. M. (2016). Zakhyst krytychnoi infrastruktury v umovakh hibrydnoi viiny: problemy ta priority derzhavnoi polityky Ukrainy [Protection of critical infrastructure in the conditions of hybrid war: problems and priorities of the state policy of Ukraine]. *Stratehichni priorityety — Strategic Priorities*, 3, 62–76 [in Ukrainian].
  12. Rozrakhunky Tsentru Razumkova na pidstavi analizu struktury spozhyvannia elektroenerhii Ukrainy. Taka otsinka spivstavna iz zaiavoiu YeBRR [Calculations by the Razumkov Center based on the analysis of the structure of electricity consumption in Ukraine. This estimate is comparable to the EBRD statement]. (n.d.). URL: <https://www.ebrd.com/news/2022/war-in-ukraine-and-inflation-slow-growth-in-ebrd-regions.html> [in Ukrainian].
  13. Yak «Enerhoatom» boretsia z yadernym teroryzmom RF na ukrainskykh atomnykh stantsiiakh, — interv'iu z Petrom Kotynym [How Energoatom is fighting Russian nuclear terrorism at Ukrainian nuclear plants — interview with Petro Kotin]. (n.d.). URL: <https://forbes.ua/inside/naybilshu-atomu-stantsiyu-ukraini-okupuvali-orki-a-nad-inshimi-litayut-raketi-yak-aes-prodovzhuyut-viroblyati-elektriku-pid-chas-viyni-intervyu-z-kerivnikom-energoatom-02052022-5736> [in Ukrainian].
  14. U Minenerho rozkazaly, yaki TETs postrazhdaly cherez viynu v Ukraini [The Ministry of Energy told which CHP plants were affected by the war in Ukraine]. (n.d.). URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/robo-ta-tec-v-ukrajini-yaki-tec-postrazhdali-cherez-viynu-v-ukrajini-novini-sogodni-11763043.html> [in Ukrainian].
  15. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku: rozporiadzhennia vid 18.08.2017 [On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035: decree of 18.08.2017]. *Kabinetu Ministriv Ukrainy — Cabinet Ministers of Ukraine*, 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
  16. Plan zakhodiv shchodo peremishchennia vyrobnychych potuzhnosti iz raioniv, de tryvaiut boiovi dii abo ye zahroza takykh, na bezpechni terytorii: rozporiadzhennia vid 25.03.2022 [Action plan for moving production facilities from areas where hostilities are ongoing or there is a threat of hostilities to safe areas: decree of 25.03.2022]. *Kabinetu Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers of Ukraine*, 246. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/246-2022-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
  17. Dyvna heolokatsiia: peremishchennia pidpriemstv vidbuvaietsia vkrai mliavo [Strange geolocation: the movement of enterprises is extremely sluggish]. (n.d.). URL: <https://gmk.center.ua/posts/divna-relokaciya-peremishhennya-pidpriemstv-vidbuvaietsya-vkrajmlyavo/> [in Ukrainian].
  18. Yevropeiska komisiia zatverdyla stratehichni plan «Vidnovlennia Ukrainy» [The European Commission approved the strategic plan "Recovery of Ukraine"]. (n.d.). URL: <https://finclub.net/ua/news/yevropeiska-komisiia-zatverdyla-stratehichni-plan-vidnovlennia-ukrainy.html> [in Ukrainian].
  19. YeK pidhotuvala plan pidvyshchennia enerhobezpeky Yevropy vartistiu EUR 195 mlrd. [The EC has prepared a plan to increase Europe's energy security worth EUR 195 billion.]. (n.d.). URL: <https://interfax.com.ua/news/greendea/831429.html> [in Ukrainian].
  20. Kak modernizirovat' ukrainskuju jenergetiku v processe poslevoennogo vosstanovlenija [How to modernize the Ukrainian energy sector in the process of post-war reconstruction]. (n.d.). URL: [https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2022/05/19/6\\_87217/](https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2022/05/19/6_87217/) [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 20.12.2022

## СОЦІАЛЬНА СКЛАДОВА ЯК ЧИННИК ТА ІНДИКАТОР ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Л.А. Райчук<sup>1</sup>, Г.М. Чоботько<sup>1</sup>, О.Г. Мусич<sup>2</sup>, В.В. Коніщук<sup>1</sup>

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

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

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

e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4115-5642

<sup>2</sup> ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» (м. Київ, Україна)

e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3874-741X

У статті висвітлено результати дослідження ролі соціальної складової у реалізації збалансованого розвитку радіоактивно забруднених територій Українського Полісся з урахуванням як багаторічних комплексних еколого-економічних і соціальних викликів, так і потенційних наслідків російської воєнної агресії. В основу методології досліджень покладено системний підхід, у межах якого використовували сучасні та класичні наукові прийоми проведення досліджень: загальнонаукові методи (аналіз та синтез даних); ретроспективний і порівняльний аналіз (виявлення причинно-наслідкових зв'язків); аналітико-синтетичний (вивчення наукових і статистичних даних, фондових матеріалів, законодавчих та установчих документів тощо); математичний (математична обробка отриманих результатів). Інформаційну основу дослідження становлять офіційні статистичні дані головних управлінь статистики у Волинській, Житомирській, Київській, Рівненській, та Чернігівській обл. Проаналізовано існуючі тенденції та наявні результати досліджень взаємозв'язку радіоекологічної і соціальної складових. Розглянуто соціальні індикатори життя мешканців Українського Полісся (загальні доходи, рівень заробітної плати, структура витрат населення тощо), демографічні показники (чисельність населення, статеві-вікова структура, приріст/скорочення населення), рівень зайнятості, захворюваність, споживчий кошик для сільських та міських населених пунктів досліджуваних областей. З'ясовано, що показники стану соціальної сфери регіону Українського Полісся можуть слугувати додатковими критеріями оцінки поточної соціально-економічної ситуації та її динаміки. Встановлено, що соціальний чинник є невід'ємною складовою і водночас критерієм збалансованого розвитку радіоактивно забруднених територій. Доведено необхідність реалізації цілої низки заходів, спрямованих на підвищення ефективності державної політики зайнятості населення і системи професійної освіти, беручи до уваги прогнози щодо потреби регіональних підприємств у кадрах певної кваліфікації у розрізі професій і спеціальностей за рівнями професійної освіти й переліку найбільш затребуваних і перспективних професій та спеціальностей. Для кожного регіону перелік таких професій індивідуальний.

**Ключові слова:** радіоактивно забруднені території, демографічний стан, комплексне відродження регіону, рівень якості життя, екологічна освіта, екологічна відповідальність.

### ВСТУП

Офіційні міжнародні організації стверджують, що існуючі уявлення про залежність між скороченням тривалості життя і зменшенням чисельності населення у постраждалих регіонах є наслідком впливу радіоактивних викидів від вибуху на ЧАЕС є суперечливими. Зокрема, це було

опубліковано ще у 2002 р. у звіті, підготовленому П. Греєм на замовлення ПРООН та ЮНІСЕФ за підтримки Управління ООН із гуманітарних питань і Всесвітньої організації охорони здоров'я (Гуманітарні наслідки аварії на ЧАЕС. Стратегія відродження) [1], що свідчить лише про необхідність продовження дослідження відповідного спрямування. З огляду на те, що не зважаючи на наявність слабого зв'язку

між рівнем радіоактивного забруднення та динамікою чисельності населення у досліджуваних областях, на радіоактивно забруднених землях рівень природного скорочення сільського населення є значно вищим порівняно з рештою територій [2].

**Метою дослідження** є з'ясувати соціальне підґрунтя реалізації збалансованого розвитку радіоактивно забруднених територій Українського Полісся.

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

Соціальні індикатори життя мешканців Українського Полісся (загальні доходи, рівень заробітної плати, структура витрат населення тощо) є низькими ще за радянських часів. Так, станом на 2019 р. за рівнем середньомісячної заробітної плати Чернігівська обл. посіла 23-тє місце серед областей України, Житомирська — 20-те, Волинська — 18-те місце. Порівняно кращою ситуація з рівнем заробітної плати є в Рівненській обл. — вона посіла 13-тє місце в загальнодержавному рейтингу. Тотальне безробіття, спричинене відсутністю робочих місць, а отже і низькі доходи населення сприяли розвитку незаконного промислу бурштину, особливо на території Рівненської та Житомирської обл. [3]. Київська обл. традиційно характеризується набагато кращими показниками, оскільки зовнішні та внутрішні інвестиції тут традиційно доволі високі. Рівень доходів тісно пов'язаний із демографічною ситуацією, причому остання виступає як наслідком, так і індикатором економічного розвитку [4]. Сучасні демографічні процеси значною мірою залежать від соціально-економічних параметрів, що визначають зміни у тривалості життя. Статеві-вікова структура населення як України загалом, так і радіоактивно забруднених районів сформувалася під впливом основних груп чинників: природних змін внаслідок законмірного зниження народжуваності та зростання смертності в процесі демографічної модернізації і деструктивних впливів, демографічних катастроф, спричинених соціальними потрясіннями радянських часів,

та впливом Чорнобильської катастрофи, а також трансформаційних перетворень за роки незалежності України [5].

Питанням ролі суспільної складової в комплексному збалансованому розвитку регіонів присвячено наукові праці багатьох вчених [6–8]. Водночас залишається нерозкритим коло питань щодо специфіки саме зони Полісся України, зважаючи на унікальний комплекс місцевих екологічних і пов'язаних із ними викликів.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

В основу методології досліджень покладено системний підхід, у межах якого використовували сучасні та класичні наукові прийоми проведення досліджень: загальнонаукові методи (аналіз та синтез даних); ретроспективний і порівняльний аналіз (виявлення причинно-наслідкових зв'язків); аналітико-синтетичний (вивчення наукових та статистичних даних, фондових матеріалів, законодавчих та установчих документів тощо); математичний (математична обробка отриманих результатів). Інформаційну основу дослідження становлять офіційні статистичні дані Головних управлінь статистики у Волинській [9], Житомирській [10], Київській [11], Рівненській [12] та Чернігівській [13] обл.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

На території радіоактивно забруднених районів Українського Полісся зменшується чисельність населення, кількість смертей перевищує кількість народжень. Для всіх областей регіону, крім Київської, характерний від'ємний як природний (*рис. 1*), так і міграційний (*рис. 2*) прирости населення. Причому швидкість скорочення сільського населення більша, ніж міського, для усіх досліджуваних регіонів [9–13]. Однак, не зважаючи на загальнопоширену думку про те, що кількість сільських мешканців зменшується значно швидшими темпами, ця версія не підтверджується офіційними статистичними даними: загалом, для всіх





Рис. 1. Природний приріст/скорочення населення Українського Полісся, 1991–2021 рр., тис. осіб

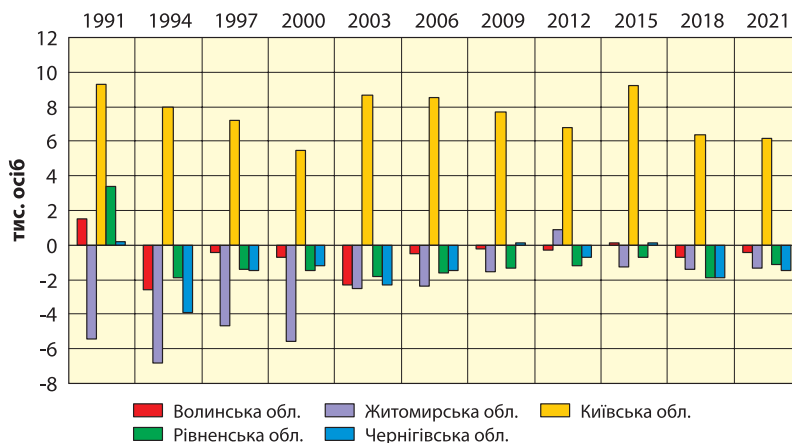


Рис. 2. Міграційний приріст/скорочення населення Українського Полісся, 1991–2021 рр., тис. осіб

областей Полісся динаміка кількості селян і містян приблизно однакова. Варто зазначити, що для Рівненської та Волинської обл. простежувався деякий позитивний приріст населення з 2009 по 2017 рр., у Київській обл. чисельність населення почала зростати з 2012 р.

Якщо проаналізувати міграційну активність населення за 2019–2021 рр., то у всіх досліджуваних областей, крім Київської, простежується відтік як сільських, так і міських мешканців [9–13]. У 2020 та

2021 рр. спостерігався міграційний приріст міського населення в Житомирській обл., а також міського і сільського населення — на Волині. Однак це жодним чином не вплинуло на загальну негативну динаміку. В цьому аналізі ми не брали до уваги Київську обл., оскільки тут міграція населення не є репрезентативною для загальної ситуації в Українському Поліссі.

Причому найбільша частка відтоку населення в цих областях простежується у віковій категорії 15–19 років, приросту міг-

рації — для категорії 20–24 роки [9–13]. Найімовірнішою причиною цього є від'їзд молоді на навчання в інші регіони країни чи за кордон із наступним поверненням додому. Однак, як свідчать статистичні дані, починаючи з наступної вікової категорії, тобто з 25 років, молодь намагається залишити регіон, тобто знайти роботу на підприємствах та в установах, розташованих поза межами регіону. Знову-таки, для Київської обл. характерна інша ситуація — міграційний приріст починається з вікової категорії 15–19 років, тоді як регіон активно акумулює робочу силу (в т. ч. за рахунок відтоку із сусідніх областей Полісся), починаючи з вікової категорії 20 років.

З моменту аварії на ЧАЕС минуло понад 30 років — це період її віддалених наслідків. Віддалені наслідки для здоров'я — це насамперед онкологічні захворювання, а також деякі непухлинні — серцево-судинні (цереброваскулярні ураження судин серця, мозку), хвороби дихальної системи, інші неспецифічні захворювання, які можуть бути наслідками не лише дії власне радіації, але й усього спектра комбінованого впливу чинників Чорнобильської аварії. Аналіз медичних причин смертності населення досліджуваного регіону засвідчив переважання хвороб системи кровообігу та новоутворень (рис. 3) — найпоширеніших віддалених медичних наслідків катастрофи.

Варто зазначити, що прямих доказів зв'язку між аварією на Чорнобильській АЕС і вказаними хворобами немає навіть

для більшості ліквідаторів, що частково спричинено приховуванням радянською владою реальних доз опромінення, отриманих причетними до ліквідації наслідків катастрофи особами. Однак дослідження спеціалістів із радіаційної медицини свідчать про пряму чи опосередковану залежність виникнення вище перелічених та деяких інших патологій від радіаційного чинника Чорнобильського походження.

Отже, станом на 1 січня 2022 р. населення досліджуваних областей Українського Полісся становило 15% від загального по державі (рис. 4).

Слід наголосити, що внаслідок повномасштабної російської агресії проти України, кількість населення вказаних регіонів різко скоротилась. Зважаючи на руйнування інфраструктури і рівень замінування території, ці області залишатимуться доволі депресивними в соціально-економічному плані. Однак ситуація значною мірою залежатиме від іноземних інвестицій і безпекового чинника.

Зважаючи на несприятливу економічну ситуацію, рівень безробіття населення всіх без винятку досліджуваних областей за останні три роки (2019–2021 рр.) зростає (рис. 5). До того ж, рівень безробіття серед жінок вищий, аніж серед чоловіків — удвічі для Волинської обл., в 1,2 — для Житомирської і Київської обл. і в 2,4 раза — у Рівненській обл. Для Чернігівщини рівень безробіття жінок на 20% менший від аналогічного показника для чоловічого населення [9–14].

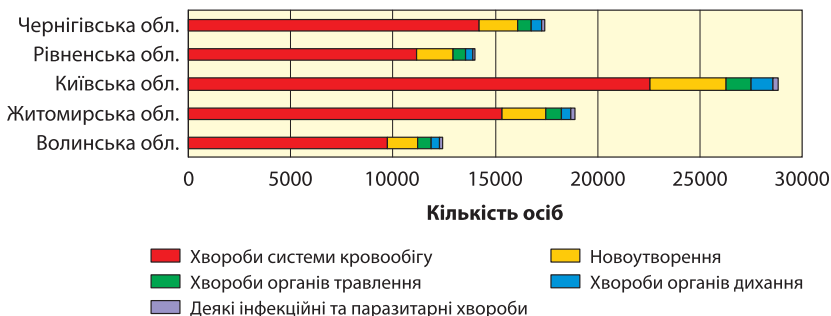
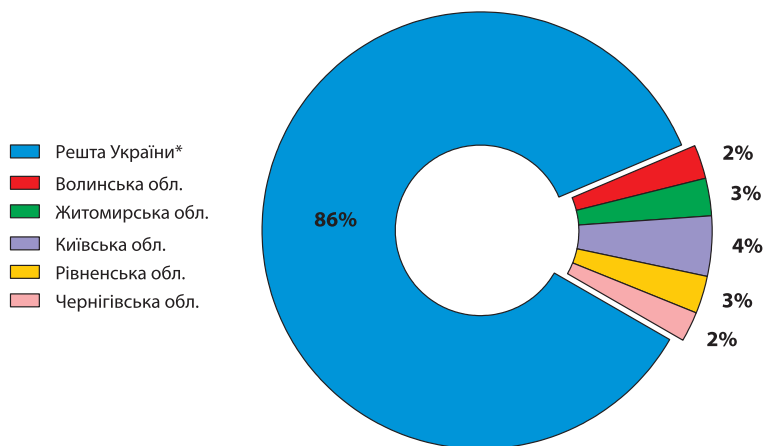
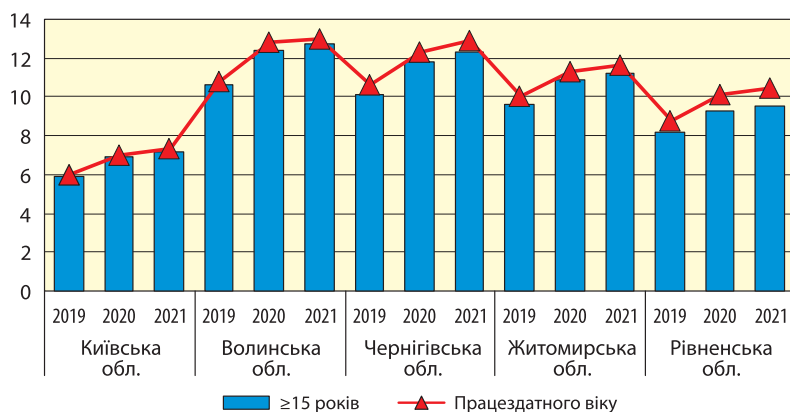


Рис. 3. Аналіз смертності населення Українського Полісся від основних груп хвороб, 2021 р., осіб



**Рис. 4.** Чисельність населення по регіонах Українського Полісся на 1 січня 2022 р., %

*Примітка:* \* – без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя.



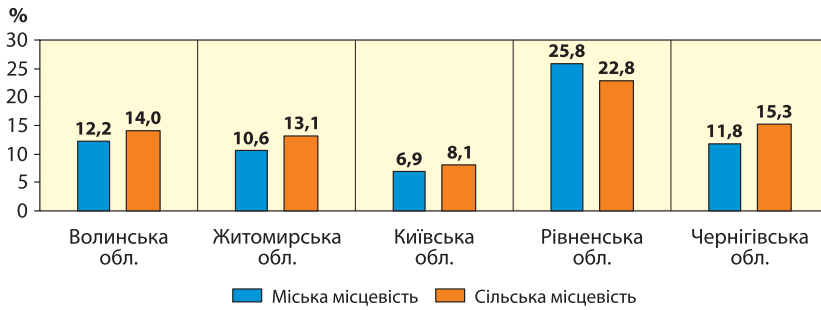
**Рис. 5.** Рівень безробіття населення за регіонами Українського Полісся у 2019–2021 рр., % до робочої сили відповідного віку

Аналіз за типом місцевості засвідчив, що безробіття в сільській місцевості всюди, крім Рівненської обл., вищий, ніж у містах (рис. 6). Це дещо пояснюється статистикою безробіття за статтю, адже у найпоширеніших на Рівненщині галузях зайнятості (сільське і лісове господарство) зайняте переважно чоловіче населення.

Несприятливі умови зайнятості в області (відсутність достатньої кількості вакансій із гідною оплатою праці) також підтверджується зростанням частки містян серед мешканців, які полишають регіон.

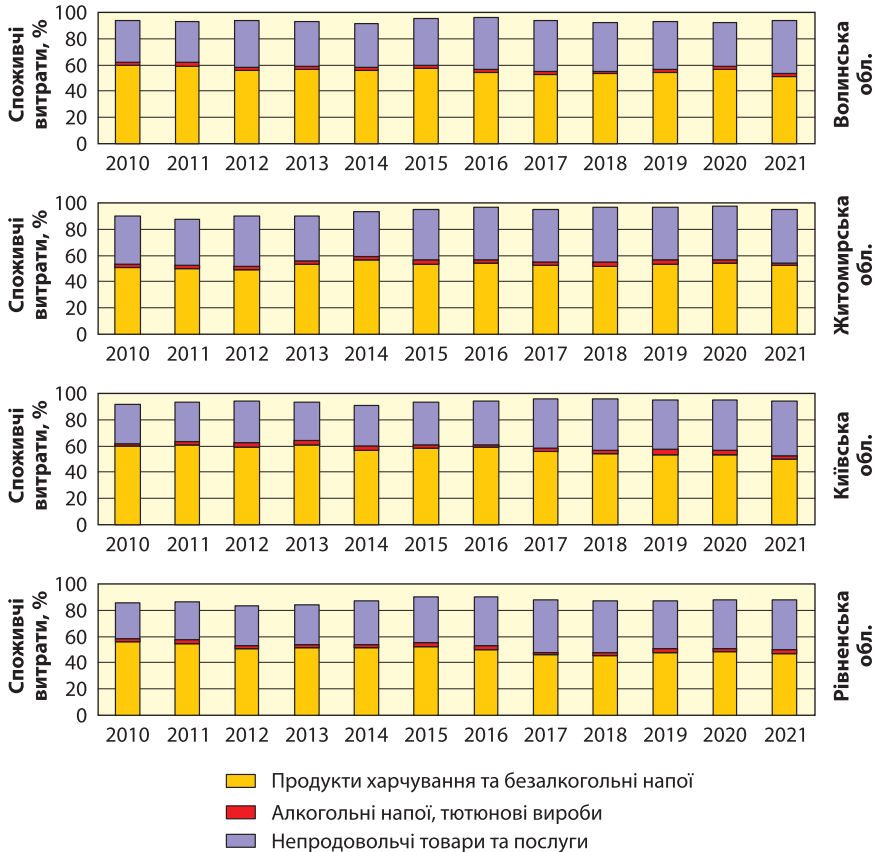
І ще одним показником рівня благополуччя регіону є структура сукупних витрат (рис. 7).

Загалом, практично у всіх областях регіону впродовж останніх десяти років у структурі споживчих витрат простежується зростання частки непродовольчих товарів і зменшення витрат на харчові продукти. Це свідчить про незначне, але стабільне зростання доходів населення і покращення соціально-економічної ситуації. Цікавою є частка витрат на алкогольні напої і тютюнові вироби, середній показник



**Рис. 6.** Рівень безробіття працездатного\* населення Українського Полісся у 2021 р., у % до робочої сили вікової групи

Примітка: \* – 15–59 років.



**Рис. 7.** Споживчі сукупні витрати (у середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство, %)

якої за десятиліття в Рівненській та Житомирській обл. найвищий у регіоні (2,7 і 2,8% відповідно). В поєднанні з рештою наведених вище показників ці статистичні дані станом на 01.01.2022 р. дають змогу сформулювати більш повне уявлення про стан соціальної сфери. Окремо слід відзначити показник державних витрат на освіту (рис. 8). Зміна старої парадигми освіти на сучасну (за прикладами кращих світових аналогів) вимагає зміни у поведінці українців (включно зі споживчою, що є особливо важливим для радіоактивно забруднених територій) та стимулює удосконалення навиків, включаючи освоєння й удосконалення екологічно дружніх виробництв, товарів і провідних природоощадних технологій. Розвиток людського капіталу — це основний рушій ефективного економічного і суспільного зростання. Рівень витрат на освіту відображає інвестиції держави у людський капітал.

За останнє десятиліття витрати на освіту дещо зросли лише у Рівненській та Чернігівській обл. (на 0,4 і 0,6% відповідно). Чернігівщина також лідує за цим показником — 1,6% у середньому за останнє десятиліття.

Ще одним важливим індикатором соціального добробуту регіону є споживчий кошик місцевого населення. Загалом, аналізуючи рівні споживання харчових продуктів у домогосподарствах Полісся України (у перерахунку в первинний продукт) у середньому за місяць у розрахунку на одну особу, можна помітити, що споживання більшості основних харчових продуктів зменшилось, за винятком фруктів та овочів,

споживання яких зросло на 10–20% [9–13]. Ситуація з іншими складовими споживчого кошика варіює залежно від області. Так, на Волині додатково збільшилось споживання м'яса і м'ясних продуктів, а також яєць (15 і 11% відповідно порівняно з 2010 р.). На Чернігівщині, крім м'яса і м'ясних продуктів, місцеве населення стало більше споживати молока і молочної продукції. Це можна пояснити тим, що рівень радіоактивного забруднення території тут був не настільки високим, а постраждали території — не такими значними, як у решти областей. Тому галузь молочного скотарства постраждала менше і змогла дещо відновитись. У Рівненській обл. простежувалось зниження рівнів споживання усіх основних складових споживчого кошика. Загалом, по Українському Поліссю в раціоні місцевих мешканців переважають молоко та молочні продукти, овочі, хліб та хлібні продукти, картопля. Саме ці продукти (крім хліба і хлібних виробів) можуть належати до критичних із погляду рівнів радіоактивного забруднення. Особливо зважаючи на те, що часто населення споживає переважно продукцію власного виробництва. Відносно низькою залишається частка споживання м'яса та риби. Також слід зазначити, що в офіційні статистичні дані не входить інформація про споживання м'яса дичини, оскільки воно пов'язане з браконьєрством, а також споживання дикорослих грибів та ягід. Однак саме ці продукти (поряд із молоком) є джерелом найбільшої частки дози внутрішнього опромінення населення. Що також може свідчити про низьку екологічну освіченість і свідомість, або ж

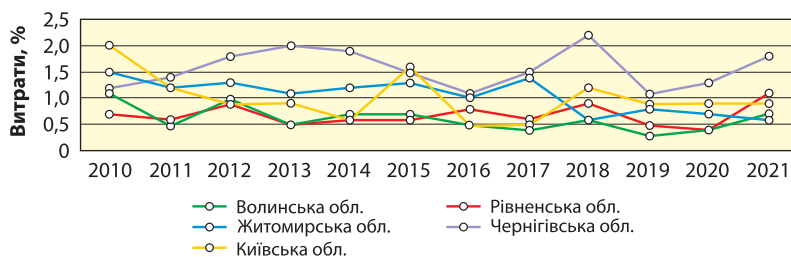


Рис. 8. Рівень витрат на освіту (% від сукупних витрат у середньому за місяць у розрахунку на одне домогосподарство) в регіонах Полісся України

безвідповідальність, населення, яке мешкає у досліджуваному регіоні.

## ВИСНОВКИ

Отже, показники стану соціальної сфери регіону Українського Полісся можуть слугувати додатковими критеріями оцінки поточної соціально-економічної ситуації та її динаміки. Соціальний чинник є невід'ємною складовою і водночас критерієм збалансованого розвитку радіоактивно забруднених територій. З огляду на це, необхідно реалізувати цілу низку заходів, спрямованих на підвищення ефективності державної політики зайнятості населення і системи професійної освіти, беручи до

уваги прогнози щодо потреби регіональних підприємств у кадрах певної кваліфікації у розрізі професій і спеціальностей за рівнями професійної освіти й переліку найбільш затребуваних і перспективних професій та спеціальностей. Для кожного регіону перелік таких професій індивідуальний. Однак спільною для всього регіону є потреба в кваліфікованих спеціалістах у сільському і лісовому господарствах, а також працівниках сфери торгівлі та послуг. Як уже зазначалось, прямого зв'язку між радіоактивним забрудненням території Чорнобильською походження і станом здоров'я місцевих мешканців виявлено не було.

## ЛІТЕРАТУРА

1. United Nations Development Programme (UNDP), New York, NY (United States). The human consequences of the Chernobyl nuclear accident A strategy for recovery A report commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO Final — 250102 (INIS-XU--019). United Nations (UN). Jan. 2002. URL: [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:36065775](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:36065775).
2. Барановський М.О. Внутрішньорегіональні відмінності Українського Полісся: підходи до визначення, типи районів. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 10–11 лют. 2022 р.). Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 142–146.
3. Барановський М.О. Українське Полісся в пострадянську добу: проблеми розвитку, економічні трансформації, особливості сьогодення. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 1–2 берез. 2021 р.). Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2021. С. 86–89.
4. Zhukova E. Chronic crisis and nuclear disaster humanitarianism: recuperation of Chernobyl and Fukushima children in Italy. *Global Discourse*. 2022. Vol. 12. No 3–4. P. 616–637. DOI: <https://doi.org/10.1332/204378921X16320401719127>.
5. Лібанова Е.М. Демографічні зрушення в контексті соціального розвитку. *Демографія та соціальна економіка*. 2014. № 1. С. 9–23.
6. Нерсесян Г.А. Сталий розвиток починається в головах людей: соціально-філософські аспекти інтерпретації поняття. *Вісник НТУУ «КПІ». Сер.: Політологія. Соціологія. Право*. 2013. № 4 (20). С. 68–75.
7. Nour Chams and Josep García-Blandón. On the importance of sustainable human resource management for the adoption of sustainable development goals. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 141. P. 109–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.006>.
8. Kharazishvili Y., Kwilinski A., Grishnova O. and Dzwigol H. Social Safety of Society for Developing Countries to Meet Sustainable Development Standards: Indicators, Level, Strategic Benchmarks (with Calculations Based on the Case Study of Ukraine). *Sustainability*. 2020. No 12 (21). 8953. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12218953>.
9. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Волинській області. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/>.
10. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Житомирській області. URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/>.
11. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Київській області. URL: <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua/>.
12. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Рівненській області. URL: <http://www.gusrv.gov.ua/>.
13. Офіційний веб-сайт Головного управління статистики у Чернігівській області. URL: <https://www.chernigivstat.gov.ua/>.
14. Furdychko O., Drebort O., Vysochanska M. et al. Forestry of Ukraine: problems and way of solutions. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12, Is. 3. P. 365–378. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.346>

## REFERENCES

1. United Nations Development Programme (UNDP), New York, NY (United States). (Jan. 2002). The human consequences of the Chernobyl nuclear accident A strategy for recovery A report commissioned by

- UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO Final — 250102 (INIS-XU--019). United Nations (UN). URL: [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:36065775](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:36065775) [in English].
2. Baranovsky, M.O. (2022). Vnutrishnoregionalni vidminnosti ukrainskoho polissia: pidkholdy do vyznachennia, typy raioniv [Intra-regional differences of Ukrainian polissia: approaches to definition, types of districts]. *Ukrainske Polissia: problemy ta trendy suchasnoho rozvytku: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Ukrainian Polissia: problems and trends of modern development: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference]*. (pp. 142–146). Nizhin: NSU named after Gogol [in Ukrainian].
  3. Baranovsky, M.O. (2021). Ukrainske Polissia v post-radiansku dobu: problemy rozvytku, ekonomichni transformatsii, osoblyvosti sohodennia [Ukrainian Polissia in the post-Soviet era: development problems, economic transformations, current features]. *Ukrainske Polissia: problemy ta trendy suchasnoho rozvytku: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Ukrainian Polissia: problems and trends of modern development: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference]*. (pp. 86–89). Nizhin: NSU named after Gogol [in Ukrainian].
  4. Zhukova, E. (2022). Chronic crisis and nuclear disaster humanitarianism: recuperation of Chernobyl and Fukushima children in Italy. *Global Discourse*, 12 (3–4), 616–637. DOI: <https://doi.org/10.1332/204378921X16320401719127> [in English].
  5. Libanova, E.M. (2014). Demohrafichni zrushennia v konteksti sotsialnoho rozvytku [Demographic changes in the context of social development]. *Demohrafiia ta sotsialna ekonomika — Demography and social economy*, 1, 9–23 [in Ukrainian].
  6. Nersesyan, G.A. (2013). Stalyi rozvytok pochynaietsia v holovakh liudei: sotsialno-filosofski aspekty interpretatsii poniattia [Sustainable development begins in the minds of people: socio-philosophical aspects of the interpretation of the concept]. *Visnyk NTUU «KPI»*. Seriya: Politolohiia. Sotsiolohiia — *Bulletin of NTUU «KPI». Series: Politicalogy. Sociology. Law*, 4 (20), 68–75 [in Ukrainian].
  7. Nour, Chams & Josep, García-Blandón (2019). On the importance of sustainable human resource management for the adoption of sustainable development goals. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 109–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.006> [in English].
  8. Kharazishvili, Y., Kwilinski, A., Grishnova, O. & Dzwigol, H. (2020). Social Safety of Society for Developing Countries to Meet Sustainable Development Standards: Indicators, Level, Strategic Benchmarks (with Calculations Based on the Case Study of Ukraine). *Sustainability*, 12 (21), 8953. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12218953> [in English].
  9. Ofitsiinyi veb-sait Holovnoho upravlinnia statystyky u Volynskii oblasti [Official website of the Main Department of Statistics in the Volyn region]. (n.d.). URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  10. Ofitsiinyi veb-sait Holovnoho upravlinnia statystyky u Zhytomyrskii oblasti [Official website of the Main Department of Statistics in the Zhytomyr region]. (n.d.). URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  11. Ofitsiinyi veb-sait Holovnoho upravlinnia statystyky u Kyivskii oblasti [Official website of the Main Department of Statistics in the Kyiv region]. (n.d.). URL: <http://kyivobl.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  12. Ofitsiinyi veb-sait Holovnoho upravlinnia statystyky u Rivnenskii oblasti [Official website of the Main Department of Statistics in the Rivne region]. (n.d.). URL: <http://www.gusrv.gov.ua/> [in Ukrainian].
  13. Ofitsiinyi veb-sait Holovnoho upravlinnia statystyky u Chernihivskii oblasti [Official website of the Main Department of Statistics in the Chernihiv region]. (n.d.). URL: <https://www.chernigivstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  14. Furdychko, O., Drebot, O., Vysochanska, M. et al. (2022). Forestry of Ukraine: problems and way of solutions. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 12 (3), 365–378. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec12.346> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 18.01.2023

# ПОЛЬОВІ ЛІСОСМУГИ СЕРЕДНЬОГО ЛІСОСТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я ЯК СИРОВИННІ УГІДДЯ ДЛЯ БДЖІЛЬНИЦТВА

І.В. Соломаха<sup>1</sup>, Д.М. Постоєнко<sup>2</sup>, В.А. Соломаха<sup>1,2</sup>

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

e-mail: [i\\_solo@ukr.net](mailto:i_solo@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8853-2973

e-mail: [v.sol@ukr.net](mailto:v.sol@ukr.net); ORCID: 0000-0003-3975-5366

<sup>2</sup> ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича НААН» (м. Київ, Україна)

e-mail: [dmytroiap@gmail.com](mailto:dmytroiap@gmail.com); ORCID: 0000-0002-8551-5809

Дослідження забезпеченості бджолярської галузі спектром нектаро- та пилконосних рослин є досить важливим для зростання кількісного насичення бджолосім'ями певних територій. Для цього необхідно проаналізувати все фіторізноманіття штучно створених насаджень, спонтанних та природних лісових угруповань, які широко поширені на території Середнього Лісостепового Придніпров'я. До цього нами було попередньо досліджено участь цих сировинних рослин зі списку деревних і чагарникових видів лісових насаджень досліджуваної території, а в цій роботі нами проаналізовано повну участь наявних видів рослин в угрупованнях полезахисних лісових смуг. Аналіз поширення нектаро- та пилконосних видів дав можливість виявити 91 вид рослин, які мають різноманітну представленість у цих рослинних угруповань. Найціннішими сировинними видами є *Tilia cordata* Mill. та *Robinia pseudoacacia* L., які переважають у частині досліджених угруповань і перспективні для головного продуктивного медозбору. Також у цих насадженнях є деякі види з доволі високим значенням сировинної цінності, але вони переважно мають незначне поширення. Крім того, відмічено значну групу рослин, які широко розповсюджені, але не належать до гарних медоносів. Досліджені насадження в сукупності наявних у них деревних, чагарникових та трав'янистих видів рослин можуть також активно використовуватися бджолами як джерело підтримуючого взятку практично впродовж усього періоду їхньої льотної активності. Особливо важливим є застосування полезахисних лісових смуг як сировинних угідь, внаслідок чого частого їх виявлення біля населених пунктів, де зазвичай розміщені пасіки, а також можливого використання захисних лісових насаджень для розташування пасік при кочів'ях. Окрім того, виконано часткову корекцію значень нектарної і пилкової активності окремих видів та загальної сировинної цінності частини з цих видів.

**Ключові слова:** нектаро- та пилконосні рослини, фіторізноманіття полезахисних лісових смуг.

## ВСТУП

Масове розорювання лук та степів у масштабах Лісостепу та Степу України викликало потребу в захисті розораних земель від вітрової та водної ерозій ґрунту, для затримання та збереження вологи на полях. Для формування захисту сільськогосподарських угідь від несприятливих кліматичних умов відбувалося створення полезахисних лісових смуг, із використанням широкого спектра деревних та чагарникових видів. Штучні полезахисні лісові смуги стали істотним ландшафтним компонентом лісостепової та степової зон. Оскільки після їх формування пройшов

тривалий період (у середньому від 70 до 90 років), відбулося утворення своєрідних угруповань, які є більш-менш наповненими різноманітними видами трав'янистих і навіть деревних та чагарникових видів.

Як елемент лісових насаджень, лісові смуги є досить специфічними та мають виключно штучне походження. Зважаючи на тривалу історію їх створення та розвитку, протягом майже останнього століття, вони перебувають на різноманітних етапах екогенезу, що робить їх цікавим об'єктом досліджень та моніторингу. Штучні насадження полезахисних лісових смуг, віком 30–40 років, мають різну конфігурацію,



крім насаджених дерев і можливо кущів, вони містять сеgetальні, рудеральні, лучні та степові види, занесені в них із поряд розташованих яружно-балкових систем. Надалі під пологом дерев можуть повсюдно з'являтися різноманітні рослини, так звані «лісові бур'яни», які більш-менш зберігаються в подальшому циклі існування цих насаджень. Однак у насадженнях віком понад 60 років починаються процеси сільватизації за рахунок занесення різних лісових видів. Вони скрізь розвиваються і розширюють свій видовий спектр.

Полезахисні лісові смуги досить поширені на території Середнього Придніпров'я, де вони формуються на ділянках із доволі багатими ґрунтами та достатнім зволоженням. Вони представлені 2–6-рядними міжпольовими та придорожніми лісовими смугами, зрідка трапляються до 8-рядних, дуже зарослих підростом деревних і чагарникових видів, завширшки 5–20 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги характеризується від задовільного до відмінного. У багатьох із них дерева зростають рідко, вони всихають або були випиляні. Висота їх становить від 12 до 30 м, вік — 40–90 років, діаметр стовбурів — 15–100 см.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В основу проведеної роботи було покладено результати фітоценотичного дослідження фіторізноманіття полезахисних лісових смуг Середнього Лісостепового Придніпров'я [1] та екологічних особливостей виділених синтаксонів [2]. У наших попередніх дослідженнях було проаналізовано представленість сировинних рослин для бджільництва в угрупованнях лісової рослинності Середнього Придніпров'я [3] та Північно-Східного Лісостепу України [4; 5]. Таким чином, в останніх публікаціях, де проводилося визначення участі нектаро- і пилконосних рослин у складі деревних та чагарникових угруповань, було використано матеріали щодо їхньої цінності для бджільництва [6; 7]. Крім того, для території Середнього Придніпров'я було

проаналізовано поширення та продуктивність *Robinia pseudoacacia* L. як медоносною рослини [8].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали в 2019 р. маршрутним методом у семи експедиційних виїздах по полезахисних лісових смугах Середнього Придніпров'я в межах Лісостепу України, де було виконано 190 геоботанічних описів. У цьому дослідженні були використані фітоценотичні таблиці, отримані при здійсненні класифікаційної обробки цих описів. Назви таксонів наведено згідно із чеклістом [9]. З флористичного списку видів фітоценотичних таблиць були відібрані види, які мають значення для бджільництва як нектароносні, або пилконосні рослини (*табл.*) [3; 6; 7]. Для аналізу отриманих даних було застосовано методику визначення категорій сировинних угідь для бджільництва за відпрацьованою раніше методикою [10].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В основу роботи покладено матеріали фітоценотичного дослідження, при якому зі 190 використаних геоботанічних описів було отримано 15 рангових синтаксонів [1], які нами були трансформовані в таку саму кількість типів деревно-чагарникових насаджень (див. *табл.*).

Стосовно кожного типу насаджень наведено кількість віднесених до нього геоботанічних описів, здійснено підрахунок загальної кількості видів у типі (синтаксоні) та наявна кількість сировинно-цінних для бджільництва видів рослин.

Наступним інформаційним розділом є блок про нектаро- та пилконосну цінність певних видів, а також здійснено обрахунки їх загальної сировинної цінності в балах (див. *табл.*). Відносно всіх цих оцінок у примітках таблиці є розшифровки. Остання оцінка в *табл.* є комплексною, вона формується з врахуванням цінності виду по нектару і пилку, доступності цієї сировини для бджіл, а також вплив кліма-

**Нектаро- та пилконосні рослини польових лісосмуг  
Середнього Лісостепового Придніпров'я**

Кількість видів	58	38	63	53	45	31	65	42	26	47	83	77	71	102	70	* Нектароносні власливості	** Пилконосні власливості	*** Оцінка медоноса
Кількість сировинних видів	21	20	24	24	16	11	31	21	9	20	34	34	32	38	24			
Кількість описів	14	6	5	12	7	4	13	8	4	11	12	8	30	28	20			
Номер типу угідь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
<i>Robinia pseudoacacia</i>	10	1		1			1			1		1	I	1	1	3	2	12
<i>Acer negundo</i>	1	10	1	1	1		1	1	1							1	1	1
<i>Humulus lupulus</i>		2														0	2	1
<i>Pinus sylvestris</i>			10													+	+	1
<i>Gypsophila paniculata</i>			3								1					2	1	2
<i>Rubus nessensis</i>			2										1	1		2	1	2
<i>Medicago procumbens</i>			2													3	2	2
<i>Acer platanoides</i>				10			1	1								2	1	3
<i>Betula pendula</i>				2												+	3	1
<i>Tilia cordata</i>				1	10											3	1	12
<i>Fraxinus excelsior</i>							10									0	1	1
<i>Ulmus laevis</i>		1						10								1	1	1
<i>Lamium maculatum</i>								2								3	1	5
<i>Ulmus minor</i>									9							2	1	2
<i>Acer tataricum</i>									7							1	1	1
<i>Crataegus pseudokyrstostyla</i>										3						2	2	3
<i>Cynoglossum officinale</i>											3					2	1	2
<i>Viola arvensis</i>											2					1	+	1
<i>Agrimonia eupatoria</i>												5				1	+	1
<i>Veronica chamaedrys</i>							1					3				1	1	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>												2				2	+	2
<i>Hypericum perforatum</i>						1					2	4				0	2	1
<i>Asparagus officinalis</i>											2	3				1	0	1
<i>Tragopogon major</i>	1		1				1				2	2				2	1	2
<i>Quercus robur</i>	2	1	3	2	2	2	3	3		10	10	10	10	10	10	+	1	1
<i>Ballota nigra</i>	3	4	4	3	3	2	4	5	2	4	5	2	3	4	3	2	+	2
<i>Sambucus nigra</i>	7	6	2	3	3	3	3	5	5	2	6	3	6	6	8	1	1	1
<i>Geum urbanum</i>	2	6				5	5	3	1	2	3	5	3	5	3	2	1	2
<i>Populus nigra</i>	1	2			1		1			1				1	1	0	2	1
<i>Juglans regia</i>							1			1		1	1	1		0	1	1
<i>Glechoma hederacea</i>		1		1			1				1	1				2	2	2
<i>Amorpha fruticosa</i>					1	1		2		1			1			2	2	4
<i>Anthriscus sylvestris</i>	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	4	1	5	5	2	1	4
<i>Anthriscus longirostris</i>	2				1			1	1		1		1	1		2	1	1
<i>Leonurus villosus</i>	1			1			1	2			2	1	1	1		3	2	2
<i>Pyrus communis</i>	2	1	2	1		3	1	1		1	1	4	2	2	1	2	2	3

Продовження таблиці

Кількість видів	58	38	63	53	45	31	65	42	26	47	83	77	71	102	70	* Нектароносні власливості	** Цілючі власливості	*** Оцінка медоноса	
Кількість сировинних видів	21	20	24	24	16	11	31	21	9	20	34	34	32	38	24				
Кількість описів	14	6	5	12	7	4	13	8	4	11	12	8	30	28	20				
Номер типу угідь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
<i>Cerasus avium</i>	1	1		1			1	1					2	1	1	2	2	2	3
<i>Acer campestre</i>	1			1			1						1	1	1	2	1	3	
<i>Morus nigra</i>	1	1	3	1	1		1	1		2	3	1	2	3	2	1	1	1	
<i>Caragana arborescens</i>	2			1		2	2	3				1		2	2		3	2	4
<i>Rhamnus cathartica</i>	1	1	2									2		1	1	1	2	2	3
<i>Sæida sanguinea</i>		1	1	1				1		1	1	3	1	3			3	2	4
<i>Prunus spinosa</i>	1					1				1	1	1	1	1	1	2	2	4	
<i>Armeniaca vulgaris</i>			1				1	1					1	1	1	2	3	4	
<i>Cerasus vulgaris</i>			1				1			1			1	1	1	2	2	3	
<i>Prunus divaricata</i>								1		1	1		1	1		2	3	4	
<i>Sorbus aucuparia</i>							1						2	1	1		3	2	4
<i>Linaria vulgaris</i>			3		1		1				3			1		3	2	4	
<i>Achillea millefolium</i>			2								3					1	+	1	
<i>Taraxacum officinale</i>		1	3	2	2	1	2			1	3	3				3	3	4	
<i>Fallopia convolvulus</i>	2		1		2		2	1	3	2	2		1	1	1	+	+	1	
<i>Consolida regalis</i>											1					+	+	1	
<i>Gleditsia triacanthos</i>		1											1			3	3	8	
<i>Populus tremula</i>				1												0	2	1	
<i>Acer saccharinum</i>													1			2	1	3	
<i>Grossularia reclinata</i>					1							1	1	1		3	1	3	
<i>Ribes nigrum</i>							1						1		1	3	1	3	
<i>Viburnum opulus</i>		1											1		1	2	1	3	
<i>Malus sylvestris</i>											1	1		1		2	2	3	
<i>Acer pseudoplatanus</i>		1		1										1		2	1	3	
<i>Frangula alnus</i>										1					1	3	1	4	
<i>Sambucus racemosa</i>			1	1												1	1	1	
<i>Rosa canina</i>												1		1		1	1	1	
<i>Padus serotina</i>														1	1	2	1	3	
<i>Syringa vulgaris</i>														1		2	2	2	
<i>Ligustrum vulgare</i>					1											2	1	2	
<i>Lonicera tatarica</i>										1						2	2	2	
<i>Cotinus coggygia</i>															1	2	1	2	
<i>Ajuga genevensis</i>												1		1		2	1	2	
<i>Arctium lappa</i>				1									1	1		3	2	4	
<i>Asclepias syriaca</i>														1		3	2	8	
<i>Cirsium arvense</i>											1					3	2	8	
<i>Cirsium setosum</i>			1													3	2	8	

Кількість видів	58	38	63	53	45	31	65	42	26	47	83	77	71	102	70	* Нектароносі власливості	** Пилконосі власливості	*** Оцінка медоноса			
Кількість сировинних видів	21	20	24	24	16	11	31	21	9	20	34	34	32	38	24						
Кількість описів	14	6	5	12	7	4	13	8	4	11	12	8	30	28	20						
Номер типу угідь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
<i>Eryngium planum</i>							1				1					3	2	6			
<i>Galium verum</i>			1									1		1	1	3	2	4			
<i>Hieracium umbellatum</i>							1					1				1	1	1			
<i>Lavatera thuringiaca</i>												1				3	2	4			
<i>Leonurus cardiaca</i>											1					3	2	5			
<i>Melissa officinalis</i>											1					3	3	5			
<i>Pastinaca sativa</i>											1					3	2	4			
<i>Pimpinella saxifraga</i>														1	1	2	2	3			
<i>Polygonatum odoratum</i>												1	1			2	1	3			
<i>Pulmonaria obscura</i>	1															2	1	2			
<i>Rubus caesius</i>				1									1	1	1	3	3	7			
<i>Rumex confertus</i>											1					0	1	1			
<i>Sambucus ebulus</i>													1			1	1	1			
<i>Sisymbrium altissimum</i>							1									1	1	1			
<i>Stellaria media</i>	1			1				1						1		2	1	2			
<i>Thalictrum simplex</i>												1				1	1	1			
<i>Vicia cracca</i>			1				1									3	2	3			
<i>Vincetoxicum hirsutum</i>					1						1	1				3	1	4			
Сума балів повна	185	96	117	120	166	57	120	103	45	87	159	174	134	180	121						
Сума балів скорочена	158	60	87	64	142	44	69	77	40	49	98	134	59	98	73						
Категорія угідь	VI	II	III	II	V	I	II	III	I	I	III	V	II	III	II						

Примітка: \* Нектароносі власливості: + – рослина має нектароносі власливості, але вони не оцінені; 1 – рослина виділяє незначну кількість нектару; 2 – має середні значення нектаропродуктивності; 3 – рослина має високу нектаропродуктивність і нектар легкодоступний.

\*\* Пилконосі власливості: + – рослина є пилконосом, але можливості його використання бджолами не оцінені; 1 – з рослини збирається бджолами незначна кількість пилку; 2 – має середні значення пилкопродуктивності; 3 – рослина має високу пилкову продуктивність і він легкодоступний для бджіл.

\*\*\* Шкала наявності виду в синтаксоні: 1 – вид наявний (до 20% від загальної кількості описів); 2 – наявний (від 21 до 40%); 3 – наявний від 41 до 60%; 4 – наявний від 61 до 80%; 5 – вид постійно представлений (від 81 до 100%); 6 – постійно представлений і має домінування до 10–15%; 7 – постійно представлений і має домінування до 25%; 8 – постійно представлений і переважає до 40%; 9 – постійно представлений і переважає до 60%; 10 – абсолютне переважання (понад 60%).

тичних чинників та поширеності певного виду на його сировинну цінність.

Як ми вже зазначали, в табл. наведено перелік сировинних видів, виявлених у матеріалах фітоценотичних досліджень по-

льових лісосмуг Середнього Придніпров'я [1]. Номерами позначено такі угіддя:

1. Штучні деревні насадження *Robinia pseudoacacia* на багатих на поживні речовини сірих лісових та чорноземних ґрун-

тах виявлені у 3–5-рядних міжпольових і придорожніх полезахисних лісових смугах, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 8–15 м. Загальний стан лісосмуги задовільний або добрий, у деяких дерев всихають верхівки або вони взагалі випадають.

2. Спонтанні угруповання польових лісосмуг з переважанням *Acer negundo* L. виявлені у 2–5-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, завширшки 6–15 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги різний, у деяких дерев всихають верхівки внаслідок сильного загущення заростей *Acer negundo*.

3. Штучні насадження *Pinus sylvestris* L. поширені у 3–5-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, завширшки 8–12 м, на сірих лісових ґрунтах. Загальний стан лісосмуги задовільний, дерева в ній покручені, рідкуваті, часто випадають.

4. Штучні насадження широколистих деревних порід на сірих лісових та чорноземних ґрунтах із переважанням *Acer platanoides* L., які використовуються як полезахисні лісові смуги. Виявлені у 3–6-рядних придорожніх та міжпольових полезахисних лісових смугах, більшість зарослі підростом дерев і чагарниками.

5. Насадження з переважанням *Tilia cordata* Mill. поширені у 3–5-рядних придорожніх, міжпольових та прирічкових продувних полезахисних лісових смугах, завширшки 5–10 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги добрий, у деяких вирізано дерева.

6. Польові лісосмуги з переважанням *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. виявлені у 3-рядних придорожніх та міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 7–10 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги задовільний або добрий, всихають гілки й цілі дерева.

7. Штучні насадження з *Fraxinus excelsior* L. виявлені у 2–6-рядних придорожніх та міжпольових продувних полезахисних

лісових смугах, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 4–20 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги добрий або відмінний, у деяких всихають гілки й дерева.

8. Лісосмуги з переважанням *Ulmus laevis* Pall. виявлені у 3–5-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, які дуже зарослі чагарниками, завширшки 8–15 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах, які краще забезпечені вологою завдяки поверхневому стоку дощових та талих вод. Загальний стан лісосмуг різний від задовільного до відмінного, у багатьох всихає гілля й дерева.

9. Насадження створені з *Ulmus carpini-folia* Rupp. ex G. Suckow виявлені у 4–6-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, переважно на південних схилах або дещо піднятих і добре дренованих та освітлених ділянках терас, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 10–20 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги різний від задовільного до відмінного, у багатьох всихають дерева.

10. Дубові насадження з *Ptelea trifoliata* L. виявлені у 3–5-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах із різко змінним режимом вологозабезпечення у різні сезони (достатнім зволоженням навесні та досить високим дефіцитом вологи влітку), які дуже зарослі підростом кущів, завширшки 6–12 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги добрий або відмінний, у деяких всихає гілля і дерева.

11. Насадження глухокропиво-дубового типу поширені у 3-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах, завширшки 8–12 м, на чорноземних або сірих лісових ґрунтах. Загальний стан лісосмуги добрий, дерева в ній зростають рідкувато.

12. Штучні насадження гравілатово-дубового типу виявлені у 3–5-рядних міжпольових продувних полезахисних лісових смугах у умовах дещо гіршого освітлення поверхні ґрунту, завширшки 10–20 м, на сірих лісових або чорноземних ґрунтах.

Загальний стан лісосмуги добрий (дерев зростають рідкувато) або відмінний.

13. Насадження бузиново-дубового типу поширені у 3–5-рядних міжпольових і придорожніх полезахисних лісових смугах, у яких добре забезпечений світлом чагарниковий і трав'яний яруси, та дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 7–15 м, на сірих лісових та чорноземних досить багатих на мінеральне живлення ґрунтах. Загальний стан лісосмуги добрий або відмінний, у деяких дерева зростають рідко, вони були випиляні.

14. Штучні деревостани бугилово-дубового типу виявлені у 2–5-рядних міжпольових і придорожніх полезахисних лісових смугах, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 6–15 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги від задовільного до відмінного, у багатьох дерева зростають рідко, вони всихають або були випиляні.

15. Насадження з переважанням дуба звичайного поширені у 3–6-рядних міжпольових і придорожніх полезахисних лісових смугах, які дуже зарослі підростом дерев і чагарниками, завширшки 8–20 м, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах. Загальний стан лісосмуги від задовільного до відмінного, у багатьох дерева зростають рідко, вони всихають або місцями випиляні.

Сировинну оцінку виду для збору продуктів бджільництва виконано в балах від 1 до 12, залежно від того яке значення має вид, тобто від незначного підтримуючого взятку через середній видобуток сировини до промислового збору. Оцінка 1–3 означає нижчі значення за рахунок незначного виділення нектару та пилку, поганої доступності цих продуктів та обмеженого поширення виду в досліджених угіддях. Оцінка 4–7 має середні показники й може заповнювати певні періоди розвитку бджолосімей незначними, але постійними зборами. Оцінка 8–12 означає цінність виду за рахунок значного виділення сировини, її доступності та оптимальної представленості його в угіддях.

Під час проведення цього дослідження ми декілька разів змінювали градацію шкали цінності сировини рослини від найвищої в 3 бали спочатку до 10 балів, а в результаті зупинилися на 12 балах. Це дало змогу поліпшити градаційний розподіл у межах наведених нами шести категорій угідь. Окрім того, було вирішено в кінцевому підсумку не враховувати за всіма типами угідь градацію в 1 бал, що також оптимізувало загальну оцінку сировинних угідь. Отримані нами результати показують, що за залученні наступних об'єктів для аналізу сировинної цінності рослинного покриву, можливе коректування градацій та зміна оцінок для визначення сировинної цінності певних угідь.

Категорії угідь визначені, з огляду на кількість балів набраних видами в певних типах угідь, зважаючи на їх участь та величину оцінки як сировини рослини: I категорія (бали – менше 50) – угіддя мають дуже низьку сировинну цінність, внаслідок відсутності або незначної участі сировинно-цінних видів рослин; II категорія (бали – 50–75) – угіддя з невисокою сировинною цінністю; III категорія (бали – 76–100) – угіддя можуть давати підтримуючий взяток для бджіл; IV категорія (бали – 101–125) – угіддя при сприятливих погодних умовах і їх значному поширенню можуть мати незначний промисловий ефект; V категорія (бали – 126–150) – промислові сировинні угіддя; VI категорія (бали – понад 150) – промислові сировинні угіддя, причому з участю декількох сировинно-цінних видів.

Отримані в цьому дослідженні результати дають можливість стверджувати про значне розмаїття сировинних для бджільництва угідь від дуже збіднених (типи угідь № 2–4, 6–7, 9–10, 13, 15) до тих, які мають підтримуюче значення (8, 11, 12, 14) та до промислово-цінних (1, 5). Цінність усіх цих угідь як сировинних для бджільництва легко пояснити, але найцінніші потребують окремого розгляду. Так, угіддя з переважанням *Tilia cordata* та *Robinia pseudoacacia* не потребують ніяких коментарів, тоді як угіддя, сформовані штучними

насадженнями гравілатово-дубового типу мають також високу сировинну оцінку без участі цінних сировинних видів зі значною участю (IV категорія). Це пояснюється тим, що насадження гравілатово-дубового типу мають у своєму складі багато цінних сировинних видів, з яких потрібно відзначити *Pyrus communis* L., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Sida sanguinea* (L.) Oriz або видів менш цінних, але з більш значною участю (*Agrimonia eupatoria* L., *Geum urbanum* L.).

Дослідження виконано з огляду на наші попередні напрацювання з категоризації сировинних рослин [10], але ми зважаємо на те, що потрібно розширити спектр подібного розгляду до різноманітних типів рослинності з метою уніфікації методичних підходів. Також потрібно зважати на те, що використаний методичний підхід застосований до аналізу участі видів у синтаксонах, тобто певних екологічно та флористично єдиних комплексах, які в наших попередніх дослідженнях розглядалися як асоціації флористичної класифікації [1] з трансформацією в наведену сукупність типів деревно-чагарникових насаджень. Цей методичний підхід можна використовувати і до конкретних ділянок рослинного покриву, тобто геоботанічних описів, але це потребуватиме застосування зміненої шкали участі видів за збереження кількості градацій.

## ВИСНОВКИ

Аналіз поширення нектаро- та пилюконосних видів у складі рослинних угруповань полезахисних лісових смуг дав змогу виявити поширення 91 виду, які мають різноманітну участь у цих насадженнях. Поряд із найціннішими сировинними видами — *Tilia cordata* та *Robinia pseudoacacia*, які мають представленість у досліджених угрупованнях і перспективні для головного продуктивного медозбору, є і ряд видів із досить високим значенням, але, на жаль, вони трапляються зрідка. Відмічена група видів, які мають значне поширення (наприклад, *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior*, *Ulmus minor* Mill., *U. laevis*, *Acer platanoides*, *Populus tremula* L. та ін.), але вони не є продуктивними для медозбору. Однак їх насадження в сукупності з наявними в них чагарниковими та трав'янистими видами рослин можуть також активно використовуватися бджолами як джерела підтримуючого взятку практично впродовж усього періоду їхньої льотної життєдіяльності. Особливо важливим є можливість використання польових лісо-смуг як сировинних угідь внаслідок досить частого розташування їх близько до населених пунктів, де зазвичай розташовані пасіки, а також для розташування пасік при кочівлях.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Соломаха І.В., Шевчик В.Л. Синтаксономія полезахисних лісових смуг Середнього Придніпров'я. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2020. № 16 (1). С. 40–54. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-1-2>
2. Goncharenko I. et al. A phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2022. Vol. 10 (2). P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/envirop-2022-0009>
3. Соломаха І.В., Тимочко І.Я., Постоєнко В.О., Соломаха В.А. Нектароносні та пилюконосні рослини у лісових насадженнях Середнього Лісостепового Придніпров'я. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 38–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257124>
4. Тимочко І.Я. Особливості розподілу нектароносних та пилюконосних рослин у лісових насадженнях Північно-Східного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252953>
5. Тимочко І.Я., Постоєнко Д.М., Соломаха І.В. Деревні та чагарникові нектароносні та пилюконосні рослини насаджень польових лісо-смуг Північно-східного Лісостепу України. *Сучасне бджільництво: проблеми — досвід — нові технології: матеріали наук.-практ. конф. з міжнародною участю* (м. Київ, 18 серп. 2022 р.). С. 67–71.
6. Боднарчук Л.І., Соломаха Т.Д., Ілляш А.М. та ін. Атлас медоносних рослин України. Київ: Урожай, 2011. 272 с.
7. Соломаха В.А., Сенчило О.О., Постоєнко В.О. Особливості створення реєстру нектаро- та пилюконосних рослин як складового елемента кадастру медоносних ресурсів України. *Бджільництво України*. 2020. № 1 (4). С. 62–67.
8. Шевчик В.Л., Борисенко М.М., Соломаха І.В., Соломаха В.А. Особливості використання лісо-

вих насаджень Середнього Придніпров'я з участю *Robinia pseudoacacia* як сировинних угідь для бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317>

9. Mosyakin S. and Fedoronchuk M. Vascular plants of

Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv, 1999. 345 p.  
10. Соломаха В.А., Ілляш А.М., Соломаха Т.Д. Оцінка рослинних ресурсів за аналізом участі медоносних рослин. *Український ботанічний журнал*. 1993. № 50 (2). С. 116–121.

## REFERENCES

- Solomakha, I. & Shevchuk, V. (2020). Syntaksonomiia polezakhysnykh lisovykh smuh Serednoho Prydniprov'ia [Syntaxonomy of Middle Dnieper windbreak forest strips]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal — Chornomorski botanical journal*, 16 (1), 40–54. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-1-2> [in Ukrainian].
- Goncharenko, I. et al. (2022). Phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 10 (2), 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2022-0009> [in English].
- Solomakha, I., Tymochko, I., Postoienko, V. & Solomakha, V. (2022). Nektaronosni ta pylkonosni roslyny u lisovykh nasadzheniakh Serednoho Lisostepovoho Prydniprov'ia [Nectariferous and pollonous plants in forest plantations of the Middle Forest-Steppe of Prydniprov'ia]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 38–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257124> [in Ukrainian].
- Tymochko, I. (2021). Osoblyvosti rozpodilu nektaronosnykh ta pylkonosnykh roslyn u lisovykh nasadzhenyakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of the distribution of nectar-bearing and pollen-bearing plants in forest stands of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 31–36. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252953> [in Ukrainian].
- Tymochko, I., Postoienko, D. & Solomakha, I. (2022). Derevni ta chaharnykovy nektaronosni ta pylkonosni roslyny nasadzen polovykh lisosmuh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Tree and shrub nectar-bearing and pollen-bearing plants of plantations of field forest strips of the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Suchasne bdzhilnytstvo: problemy — dosvid — novi tekhnologii: Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu [Modern beekeeping: problems — experience — new technologies: Materials of the scientific and practical conference with international participation]*. (pp. 67–71). Kyiv [in Ukrainian].
- Bodnarchuk, L.I., Solomakha, T.D., Ilyash, A.M. et al. (2011). *Atlas medonosnykh roslyn Ukrainy [Atlas of honey plants of Ukraine]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
- Solomakha, V., Senchylo, O. & Postoienko, V. (2020). Osoblyvosti stvorennia reiestru nektaro- ta pylkonosnykh roslyn yak skladovoho elementa kadastru medonosnykh resursiv Ukrainy [Aspects of creation of the nectariferous and pollen plants registry as a constituent element of the cadastre of meliferous resources of Ukraine]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy — Beekeeping of Ukraine*, 1 (4), 62–67 [in Ukrainian].
- Shevchuk, V., Borysenko, M., Solomakha, I. & Solomakha, V. (2022). Osoblyvosti vykorystannya lisovykh nasadzheny Serednioho Prydniprov'ia z uchastyu *Robinia pseudoacacia* yak syrovynnykh uhidy dlya bdzhilnytstva [Peculiarities of the use of forest plantations of the Middle Dnieper region with the participation of *Robinia pseudoacacia* as raw land for beekeeping]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317> [in Ukrainian].
- Mosyakin, S. & Fedoronchuk, M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv [in English].
- Solomakha, V., Ilyash, A. & Solomakha, T. (1993). Otsinka roslynnykh resursiv za analizom uchasti medonosnykh roslyn [Assessment of plant resources based on the analysis of the participation of honey plants]. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 50 (2), 116–121 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.01.2023



## ВИДИ РОСЛИН ШКОЛИ САДІВНИЦТВА м. ОДЕСИ (XIX–XX ст.) (ЗА МАТЕРІАЛАМИ MSUD)

О.Ю. Бондаренко, Ю.С. Назарчук

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова (м. Одеса, Україна)

e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2383-6615

e-mail: bio\_july@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-7046-958X

Озеленення півдня України є актуальним питанням і велику роль у цьому процесі виконують і аматори, і, історично — професійні установи (розплідники, дендрарії, ботанічні сади тощо). Інформацію про їх роботу можна отримати, у т. ч. і на основі колекційних зборів, зокрема — гербаріїв. Об'єктом дослідження у Гербарії ОНУ імені І.І. Мечникова (MSUD) були гербарні аркуші, на етикетках яких містився напис «Школа садівництва». Цей заклад існував у м. Одеса до (за непрямыми відомостями) 1929 р. Знайдено 116 гербарних аркушів для 88 видів. Колекторами були Г.Й. Потапенко (збори 1917, 1923 рр.) та А. Кратінов (1919, 1920 рр.). За авторства Г.Й. Потапенка представлено 101 г.а. (78 видів, 36 родин). За кількістю видів і родів переважають родини: Rosaceae, Fabaceae, Salicaceae, Aceraceae, Pinaceae. Серед життєвих форм представлено: 49 фанерофітів, 22 хамефіти, чотири види з перехідними формами, три види — трав'янисті рослини. Созофітами нині є *Ginkgo biloba*, *Taxus baccata*. Адвентивних — 19 видів (24,36%); за хронотипом переважають кенофіти (16 видів). За частотою трапляння нині у флорі м. Одеси, види розподілено: 13 видів зустрічаються «поодинокі»; 14 — «зрідка», 24 — «часто», 18 — «масово». Збори А. Кратінова представлено 15 г.а. та 13 видами з 11 родин. Лише дві родини (Oleaceae і Vitaceae) включають по два види та роди. У спектрі життєвих форм — три фанерофіти, один вид із перехідною формою, чотири хамефіти, п'ять видів трав'янистих рослин. Синантропними видами є 30,80% видів.

**Ключові слова:** гербарні збори, професійні заклади, садове господарство.

### ВСТУП

Проблеми існування деревно-чагарникових рослин в урбанофлорах півдня України, загальні питання озеленення, зокрема Одеського регіону, тривалий час залишаються актуальними. Науковці вивчали і вивчають аспекти біорізноманіття, перспективи і наслідки збагачення флори населених пунктів новими видами (і трав'янистими, і деревно-чагарниковими) різного господарського призначення, особливості просторового розміщення зелених насаджень для оптимізації впливу на організм людини тощо [1–3]. Зелені насадження є інструментом вирішення багатьох господарських та екологічних проблем, частина з яких актуальна і донині, зокрема і в Одеському регіоні [4; 5].

Багато видів, які свого часу використовували для озеленення поселень — натуралізувалися та стали елементами ділянок із

природною флорою [6–8]. У різноманітних історичних зведеннях, гербарних колекціях подекуди зберігаються нотатки та зауваження, що певний культивований вид трапляється на узбіччях залізничних колій, автомобільних шляхів, на смітниках, присадибних ділянках як бур'ян, а також — на цілком природних ділянках [7; 9; гербарні колекції MSUD].

Гербарій Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (MSUD) отримав статус національного надбаня у 2004 р.; він започаткований (1865 р.) на гербарних матеріалах Рішельєвського ліцею. Наразі включає декілька історичних колекцій різного об'єму, а також колекції сучасних зборів із території Одеської обл., України. За офіційними даними у Гербарії ОНУ міститься понад 50000 гербарних аркушів [10]. Є значний об'єм зборів, яким до цього часу не приділялося уваги, вони перспективні для наукових наробок, а та-

кож є важливими для доповнення сучасних колекцій MSUD.

Нашу увагу привернули збори, які б могли висвітлити питання поповнення флори м. Одеси та регіону новими видами. **Метою** був пошук та аналіз гербарних зборів із видами, які вирощували на спеціалізованих ділянках. Ключовим словом стало «садівництво».

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Як правило, історичні колекції не завжди містять детальні описи екоотопів; часто сухо вказують назву населеного пункту. Багато залежить і від колектора. Наприклад, в околицях м. Одеса проводив збори П.С. Шестериков і на їх основі у 1912 р. ним було створено визначник околиць м. Одеси [9; 11]. Однак точних локалітетів, для більшості гербарних аркушів, він на етикетках не вказував. На етикетках авторів колекцій, які є не лише колекціонерами гербарних матеріалів, але й активними дослідниками, колекторами — інформації про екотопи, як правило, міститься більше. Інколи навіть вказано частоту трапляння. Наприклад, як у історичній колекції Й.К. Пачоського (MSUD) [12].

Гербарна колекція зборів Одеської обл. наразі активно поповнюється студентськими зборами, матеріалами викладачів кафедри, а також гербарними аркушами з папок, що досі були нерозібрані. Саме тут знайдено певну кількість видів, зібрано на ділянках, де здійснювалася професійна діяльність із вирощування нових для регіону видів рослин, які поставляли якісний та кількісний матеріал для озеленення населених пунктів [13]. Утім, інколи такі ділянки були осередками появи та подальшого поширення нових адвентивних видів рослин [9; 14].

Колекторами для відмічених гербарних зборів стали дві особи: Г.Й. Потепенко та А. Кратінова. На етикетках з їх матеріалами є написи: «Школа садівництва».

Георгій Йосипович Потепенко (1889–1982 рр.) — учень Г.І. Танфільєва. Професор, завідувач кафедри систематики рос-

лин (1928 р.). У 1939–1943 рр. директор ботанічного саду в м. Одеса. Докторська робота (1943 р.): «Растительность Северо-Западного побережья Чёрного моря». (Почвы, растительность и пути растениеводственного освоения пересыпей) [15].

Інформація про колектора А. Кратінова відсутня. Папка з його матеріалами була віднайдена у фондах MSUD відносно недавно. До папки додано записку (1923 р.), де містилося прохання до завідувача кафедри морфології і систематики рослин Одеського університету Свиренка Д.О. (1923–1928 рр.) подбати про ці матеріали, оскільки автор має швидко виїхати.

Свого часу, у 1886 р., Школу садівництва та городництва побудовано та відкрито на ділянці, яка належала міському голові Григорію Маразлі. На той час — це були околиці Одеси, нині — район Французького бульвару (№ 52).

Ділянки проєктовано за участі відомого садовода Г.Г. Штапельберга, та міського садівника Н.В. Орликова. Тут же заклали розплідники та сад, побудували низку супутніх будівель, систему зрошення. Спонсорами виступили Одеське, Ананьївське, Тираспольське земства Херсонської губернії, Одеське Міське управління та Міністерство Державного Майна. При Школі діяли безкоштовні курси по садівництву. Однак через боргові зобов'язання, ділянку, разом із всіма будівлями повернули попередньому власнику вже у 1900 р.

З огляду на важливість існування такого закладу, Міська Дума ініціювала перенесення Школи у район Тираспольського шосе [16].

У 1903 р., за участі одеського відділу Товариства садівництва та городництва і низки небайдужих меценатів почалися роботи із передачі ділянки міської землі (12 десятин) в оренду на 24 роки. Деталі роботи Школи садівництва у цьому районі не відомі. Однак посадки поблизу Овідіопільської дороги та залізничних колій на топографічних картах 1929 р. відмічено як такі, що належать цьому закладу [17].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналізували гербарну колекцію з фондів MSUD, а саме флори Одеської обл. Латинські назви, синоніміку, а також розподіл видів у родинях прийнято за [18]. У разі, якщо вид був відсутній у зведенні [18] – залишено авторські назви видів (\*). Так, наприклад, у колекції Й. Потапенка є екземпляр, визначений як *Halimodendron argenteum* Fisch. За даними сайту [19], рослина може бути ідентифікована як *Halimodendron halodendron* (Pall.) Voss., як сучасна назва для *H. argenteum* DC. За даними сайту [20], рослина може бути ідентифікована як *Halimodendron argenteum* Fisch. ex DC., Prodr. [A. P. de Candolle] 2: 269 (1825), nom. Illeg. При цьому тут існує декілька варіантів *Halimodendron halodendron*: *H. halodendron* (Pall.) Voss ex D. Fairchild, Invent. Seeds U.S.D.A. Bur. Pl. Industr. 34: 14 (1915) та *H. halodendron* Voss, Vilm. Blumenhärtn., ed 3. 1: 215 (1894),

nom inval. Ми вважаємо, що у колекції Г.Й. Потапенка може бути неправильне (неуважне) написання елементів видової назви, що призводить до деякої плутанини у сучасній ідентифікації виду. Для точного встановлення видової назви необхідні додаткові опрацювання гербарних матеріалів спеціалістами з певних родів, які для деяких екземплярів провести неможливо (втрачені певні морфологічні ознаки через неналежну збереженість елементів гербарного екземпляру).

Життєву форму наводимо відповідно до схеми К. Раункієра [21] за літературними даними [7].

Сучасну частоту трапляння деревно-чагарникових видів рослин у м. Одеса (табл. 1, 2) наводимо за виданням В.В. Немерцалова [22]. Інвазійність видів встановлювали за літературними даними В.В. Протопопової [23]. Наведено созофіти, внесені до Переліку рідкісних рослин Одеської обл. [24].

Таблиця 1. Перелік видів рослин, зібраних Г.Й. Потапенком

Латинські назви родин та видів	Порядковий № г.а.	Життєва форма	Частота трапляння
<b>Aceraceae</b>			
<i>Acer campestre</i> L.	366	фанерофіт	3
<i>Acer monspessulanum</i> L.	384	фанерофіт	3
<i>Acer negundo</i> L.	407, 408	фанерофіт	4
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	457	фанерофіт	3
<i>Acer trautvetteri</i> Medw.	469	фанерофіт	—
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	685		
<b>Aristolochiaceae</b>			
<i>Aristolochia Siphon</i> L.	728	фанерофіт	1
<b>Berberidaceae</b>			
<i>Berberis vulgaris</i> L.	2717	хамефіт	2
<b>Betulaceae</b>			
<i>Betula pendula</i> Roth (* <i>Betula alba</i> L. var. <i>pendula</i> )	2732	фанерофіт	3
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	2774	хамефіт	3
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	2780	фанерофіт	3

Латинські назви родин та видів	Порядковий № г.а.	Життєва форма	Частота трапляння
<b><i>Buxaceae</i></b>			
<i>Buxus sempervirens</i> L.	3989	хамефіт	3
<b><i>Cactaceae</i></b>			
* <i>Opuntia Ficus Indica</i> Mil.	3722	трава	—
<b><i>Caesalpiniaceae</i></b>			
<i>Gymnocladus dioicus</i> (L.) K.Koch.	3745	фанерофіт	2
<b><i>Cannabaceae</i></b>			
<i>Humulus lupulus</i> L.	3857	трава	3
<b><i>Caprifoliaceae</i></b>			
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	3863	хамефіт	2
<i>Viburnum lantana</i> L.	3947	хамефіт	2
<i>Viburnum opulus</i> L.	3965	хамефіт	3
<b><i>Celastraceae</i></b>			
<i>Euonymus europaea</i> L.	4305	хамефіт	1
<i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	4316	фанерофіт	1
<b><i>Cornaceae</i></b>			
<i>Cornus mas</i> L.	4691	хамефіт/фанерофіт	3
<b><i>Corylaceae</i></b>			
<i>Corylus avellana</i> L.	4727	хамефіт	2
<b><i>Cupressaceae</i></b>			
* <i>Thuja filiformis</i> Henk. et Hochst.	8704, 13788	хамефіт /фанерофіт	4
<b><i>Elaeagnaceae</i></b>			
<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.	5126	фанерофіт	3
<b><i>Fabaceae</i></b>			
<i>Colutea arborescens</i> L.	5612	хамефіт	2
<i>Cytisus sessilifolius</i> L.	5620	хамефіт	—
* <i>Halimodendron argenteum</i> Fisch.	5648	хамефіт	1
<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	5652	хамефіт/фанерофіт	3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	6155	фанерофіт	4
<i>Sophora japonica</i> L.	6261	фанерофіт	4
<b><i>Fagaceae</i></b>			
* <i>Castanea sativa</i> Mill.	6480	фанерофіт	1
<i>Quercus pubescens</i> Willd., nom. cons. prop.	6489	фанерофіт	1
<i>Quercus robur</i> L. (* <i>Q. pedunculata</i> Ehrh.)	6496	фанерофіт	3
<b><i>Ginkgoaceae</i></b>			
<i>Ginkgo biloba</i> L.	6713	фанерофіт	2

Продовження таблиці 1

Латинські назви родин та видів	Порядковий № г.а.	Життєва форма	Частота трапляння
<b>Grossulariaceae</b>			
<i>Grossularia uva-crispa</i> (L.) Mill	6732	хамефіт	2
<i>Ribes aureum</i> Pursh.	6738	хамефіт	3
<i>Ribes rubrum</i> L.	6769	хамефіт	1
<b>Hydrangeaceae</b>			
<i>Philadelphus coronarius</i> L.	6911	хамефіт	3
<b>Juglandaceae</b>			
<i>Juglans regia</i> L.	7046	фанерофіт	4
<b>Magnoliaceae</b>			
<i>Liriodendron tulipiferum</i> L.	8171	фанерофіт	1
<b>Moraceae</b>			
<i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C.K.Schneid.	8324	фанерофіт	3
<i>Morus alba</i> L.	8326	фанерофіт	4
<b>Oleaceae</b>			
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	8400	фанерофіт	4
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	8424	хамефіт	4
<i>Syringa vulgaris</i> L.	8438	хамефіт	4
<b>Pinaceae</b>			
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst. (* <i>P. excelsa</i> Link.)	8671, 8672	фанерофіт	2
<i>Pinus austriaca</i> Hull.	8682	фанерофіт	2
<i>Pinus montana</i> Mill. (* <i>P. pumila</i> Haenka ( <i>montana</i> Mill.))	8684	фанерофіт	1
<i>Pinus strobus</i> L.	8683	фанерофіт	2
<b>Platanaceae</b>			
<i>Platanus orientalis</i> L.	8913	фанерофіт	3
<b>Polygonaceae</b>			
<i>Rheum rhaponticum</i> L. (* <i>Rheum undulatum</i> L.)	10416	трава	—
<b>Rosaceae</b>			
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	11056	фанерофіт	3
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	11101	фанерофіт	4
<i>Cerasus mahaleb</i> (L.) Mill.	11116	фанерофіт	—
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.	11168	фанерофіт	—
<i>Laurocerasus officinalis</i> M. Roem.	11423	фанерофіт	1
* <i>Malus pumila paradisiaca</i> ( <i>Pirus Malus</i> L. <i>paradisiaca</i> )	11327	фанерофіт	1
<i>Mespilus germanica</i> L.	11333	хамефіт/фанерофіт	2

Латинські назви родин та видів	Порядковий № г.а.	Життєва форма	Частота трапляння
<i>Persica vulgaris</i> Mill.	11353	фанерофіт	3
<i>Prunus divaricata</i> Ledeb.	11402	фанерофіт	4
* <i>Prunus Pissardii</i> Hort.	11416	фанерофіт	2
<i>Pyrus communis</i> L.	11644	фанерофіт	3
<i>Rosa canina</i> L.	11661	хамефіт	4
<i>Spiraea</i> × <i>vanhouttei</i> (Briot) Zabel	11852	хамефіт	4
<b><i>Salicaceae</i></b>			
<i>Populus bolleana</i> Lauche	12152	фанерофіт	3
<i>Populus deltoides</i> Marshall	12142	фанерофіт	3
<i>Populus tremula</i> L.	12145	фанерофіт	1
<i>Salix alba</i> L.	12206	фанерофіт	4
<i>Salix babylonica</i> L.	12223	фанерофіт	1
* <i>Salix Salomoni</i> L.	12203	фанерофіт	—
<b><i>Scrophulariaceae</i></b>			
* <i>Paulownia imperialis</i> Sieb.et Z.	12404	фанерофіт	2
<b><i>Tamaricaceae</i></b>			
* <i>Tamarix gallica</i> L.	13024	хамефіт	—
<b><i>Taxaceae</i></b>			
<i>Taxus baccata</i> L.	13049	фанерофіт	3
<b><i>Tiliaceae</i></b>			
<i>Tilia cordata</i> Mill.	13115	фанерофіт	4
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	13121	фанерофіт	3
<b><i>Ulmaceae</i></b>			
<i>Celtis australis</i> L.	13215	фанерофіт	4
<i>Ulmus minor</i> Mill.	13177	фанерофіт	4
<b><i>Vitaceae</i></b>			
<i>Vitis vinifera</i> L.	13438, 13439, 13440, 13441, 13442, 13443, 13444, 13445, 13446, 13447, 13448, 13449, 13450, 13452, 13453, 13454, 13455, 13456, 13457, 13458	хамефіт	4

Примітка: \* — авторські назви видів; г.а. — гербарний аркуш.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Інформація про збір із ділянок, які належали до територій Школи садівництва стосувалася 116 гербарних аркушів (г.а.),

для 88 видів (щоправда, наведено дані про два види, рослини яких зібрано тими самими колекторами, але у садівництвах поза межами Школи).

Етикетка за авторства Г.Й. Потапенка

Таблиця 2. Перелік видів рослин, зібраних А. Кратіновим

Латинські назви родин та видів	Порядковий № г.а.	Життєва форма	Частота трапляння
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	694	фанерофіт, кущ	3
<b>Asteraceae</b>			
<i>Crepis tectorum</i> L.	14426	трава	
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Euphorbia sequierana</i> Neck.	14645	трава	
<b>Fagaceae</b>			
<i>Castanea sativa</i> Mill.	13809	фанерофіт	1
<b>Hemerocallidaceae</b>			
<i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L.	13773	трава	
<b>Hydrangeaceae</b>			
<i>Deutzia scabra</i> Thunb.	13765	хамефіт	3
<b>Oleaceae</b>			
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	13692	фанерофіт	3
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	13652	хамефіт	4
<b>Roaceae</b>			
<i>Melica transsilvanica</i> Schur	9733, 9977–9977.a	трава	
<b>Primulaceae</b>			
<i>Anagallis foemina</i> Mill.	13587	трава	
<b>Sapindaceae</b>			
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	12259	фанерофіт	4
<b>Vitaceae</b>			
<i>Parthenocissus vitaceae</i> (Knerr.) Hitchc.		хамефіт	–
<i>Vitis vinifera</i> L.	13432	хамефіт	4

Примітка: \* – авторські назви видів; г.а. – гербарний аркуш.

містить такий напис: «Одесская губерния, Одесский уезд, училище Садоводства, суглинистый чернозём. [дата]. Г.И. Потапенко».

На 101 гербарному аркуші розміщено 78 видів з 36 родин (див. табл. 1). Чотири види (*Acer negundo* L., *Corylus avellana* L., *Thuja filiformis* Henk. et Hochst., *Picea abies* (L.) H. Karst.) представлені по два гербарні аркуші (г.а.).

Вид *Vitis vinifera* L. показано у вигляді сортів на 20 г.а. – представлені різними сортами (лат., рос.): «Кабернэ Керменер»; «Отелло, американский гибрид»; «Граннуар де ла Кальмет»; «Карабурнул белый»; «Гамбургский чёрный мускат»; «Изабелла Фроммеля», «Изабелла Лидия»; «Изабелла белая ранняя»; «Chasselas rose»; «Зайбель № 209»; «Алиготя»; «Сэнсо чёрный»; «Альма чёрный»; «Muscat Blanc–Александрийский»

ск.»; «Жемчуг Соби; венгерск.»; «Chasselas Muscat»; «Chasselas Napoleon, Бикан»; «Chasselas dore»; «Chasselas petroselinum»; «Изабелла Labrusca».

Виділені екземпляри Г.Й. Потапенка датовано двома періодами: 1917 р. (три г.а.) та 1923 р. (всі ін.). Терміни збору рослин, звичайно, впливають на визначення. Екземпляри 1917 р. зібрані з різницею у місяць (15.06; 22.06. та 22.07). Екземпляри за 1923 р., у спектрі дат збору, представлено як поодинокі (21.03; 23.04; 17.06; 19.06; 14.07) так і більш-менш значними зібутками: від трьох (24.03) до дев'яти (17.05), 15 (12.06) та 19 (23.08). Отже, збори за 1923 р. з 14 різними датами представлені різною кількістю екземплярів. Можливо, така частота пов'язана із професійною цікавістю науковця, близькістю до місця проживання або екскурсіями, які могли проводити тут. Більшість видів зібрано у строки, коли візуалізована більшість морфологічних ознак.

Види віднесено до 36 родин. Найбільша кількість видів і родів міститься у родин: *Rosaceae* (13 видів; 11 родів), *Fabaceae* (6; 6), *Salicaceae* (6; 2), *Aceraceae* (5; 1), *Pinaceae* (4; 2). Також 22 родини є моновидовими.

Серед життєвих форм наведених видів: 49 фанерофітів, 22 хамефіти, чотири види, які можуть бути представлені як у вигляді хамефітів, так і у вигляді фанерофітів. Лише три види представляють трав'янисті рослини (терофіти, або гемікриптофіти).

Два гербарні аркуші репрезентують созофіти, які мають категорію «екзот» та внесені у Список рідкісних рослин Одеської обл.: *Ginkgo biloba* L., *Taxus baccata* L. [26].

Встановлено, що лише 19 видів (24,36%) є адвентивними [23], 1991. З них — один евапофіт (*Fraxinus excelsior* L.), два ефемерофіти (*Morus alba* L., *Celtis australis* L.), п'ять — агріофіти (*Laburnum anagyroides* Medik., *Prunus divaricata* Ledeb., *Berberis vulgaris* L. та ін.). Найбільше представлена група ергазіофітів (*Juglans regia* L., *Ligustrum vulgare* L., *Robinia pseudoacacia* L. та ін.) — 11 видів. Все це види, доволі

поширені як у м. Одеса, так і у Одеському регіоні [7; 22]. За хронотипом переважають кенофіти — 16 видів (*Berberis vulgaris* L., *Lonicera caprifolium* L., *Hippophaë rhamnoides* L. та ін.).

Для більшості знайдених видів проаналізовано частоту трапляння у м. Одеса нині [22]. Так, 13 видів (*Castanea sativa* Mill., *Halimodendron halodendron* (Pall.) Voss., *Liriodendron tulipiferum* L., *Ribes rubrum* L. та ін.) зустрічаються «поодинокі». Ще 14 видів (*Lonicera caprifolium* L., *Viburnum lantana* L. та ін.) зустрічаються «зрідка». «Часто» можна знайти 24 види (*Viburnum opulus* L., *Ribes aureum* Pursh., *Philadelphus coronarius* L. та ін.). Категорію «масово» мають 18 видів (*Sophora japonica* L., *Juglans regia* L., *Morus alba* L. та ін.). Ще шість деревно-чагарникових видів відсутні у «Конспекті...» [Немерцалов]. Це: *Acer trautvetteri* Medw., *Cytisus sessilifolius* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Crataegus laevigata* (Poir.) DC., \**Salix Salomoni* L., \**Tamarix gallica* L.

Серед видів є також два гербарні аркуші з видом *Acer negundo* L., який має високий інвазійний потенціал [25; 26]. За висновками В.В. Немерцалова [22], рослини цього виду зустрічаються у м. Одеса всюди: у зеленому поясі навколо міста, сміттєзвалищах, приморських схилах, схилах лиманів балок.

Збори А. Кратінова представлено 15 г.а. та 13 видами з 11 родин (див. табл. 2). На етикетці для 11 видів написано: «Окрестности Одессы, школа Садоводства. [дата]. А. Кратінов». На ще двох етикетках для двох видів (*Anagallis foemina* Mill., *Parthenocissus vitaceae* (Kern.) Hitchc.) значиться: «Херсонская губерния, в одном из садов Преображенского посёлка, близ Одессы; почва чернозёмная. [дата]. А. Кратінов».

Вид *Parthenocissus vitaceae* (Kern.) Hitchc. колектором був визначений як *Parthenocissus quinquefolia*, втім, перевизначений 27.11. 2017. М. Peregrum, O.V. Fomin Botanical Garden of the National Taras Schevchenko University of Kyiv.

Вид *Melica transsilvanica* Schur представлений трьома гербарними аркушами.



Лише дві родини (*Oleaceae* і *Vitaceae*) представлені по два види і два роди. Інші родини є моновидовими.

Два гербарні аркуші зібрано у 1919 р. з різницею у місяць (у травні та червні). Також по одному екземпляру рослин зібрано 15.07.1920 р. Найбільше екземплярів (п'ять) зібрано 14.05.1920 р.

Серед життєвих форм представлених видів — три фанерофіти, один вид має перехідну форму (фанерофіт/хамефіт), чотири хамефіти та п'ять видів трав'янистих рослин (і гемікриптофіти, і терофіти).

Два види деревно-чагарникових рослин (*Deutzia scabra* Thunb., *Fraxinus lanceolata* Borkh.) відсутні у зборах Г.Й. Потапенка. Рослини першого виду нині зустрічаються в м. Одеса «поодинокі»; другого виду — зустрічаються «часто» [22].

Серед трав'янистих та деревно-чагарникових видів рослин, зібраних А. Кратіновим — 30,80% видів є синантропними рослинами. З них — один агріофіт (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), два ергазіофіти (*Castanea sativa* Mill., *Cotinus coggygia* Scop.), один евапофіт (*Crepis tectorum* L.).

## ВИСНОВКИ

Інформація щодо збору з територій Школи садівництва стосувалася 116 г.а., для 88 видів.

Збори Г.Й. Потапенка датовано 1917 та 1923 рр. На 101 гербарному аркуші представлено 78 видів із 36 родин. Найбільша

кількість видів і родів присутня у родинях: *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Salicaceae*, *Aceraceae*, *Pinaceae*. Виявлено два созофіти регіонального рівня охорони з категорією «екзот»: *Ginkgo biloba*, *Taxus baccata*. Адвентивними видами рослин є 24,36%. Присутній інвазійний вид *Acer negundo* L. (2 г.а.). За частотою трапляння наразі у м. Одеса ці види переважно добре представлені. Збори Й.Г. Потапенка стосуються культивованих рослин, переважно деревно-чагарникових.

Збори А. Кратінова (1919, 1920 рр.) представлено 15 г.а. та 13 видами з 11 родин. У спектрі життєвих форм — три фанерофіти, один вид має перехідну форму (фанерофіт/хамефіт), чотири хамефіти, п'ять видів трав'янистих рослин. Синантропними видами рослин є 30,80% видів.

Практично всі аналізовані нами види зі зборів Г. Потапенка і А. Кратінова і через 100 років актуальні для вирощування в межах м. Одеси і Одеської обл. та зустрічаються тут доволі часто. Гербарні матеріали містять цінну інформацію, зокрема, для інтродукції видів у регіонах. Також допомагають, з огляду на історичну ретроспективу, більш точно прогнозувати аспекти існування нових синантропних видів у регіоні. У наукових роботах варто більше уваги приділяти регіональним гербарним фондам, які є основою для виявлення локалітетів, аналізу появи або вирощування інвазійних видів рослин, а також — созофітів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимюк Н.В. Декоративні рослини приватного сектора міста Одеси. *Таєрійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80. Ч. 2. С. 67–71. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80-2\\_2012/80-2\\_2012.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80-2_2012/80-2_2012.pdf)
2. Крыжантовская О.А., Гаврилюк А.В., Керечанина К.В. Вертикальное озеленение как элемент зелёного каркаса города. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2020. № 14. С. 68–75. DOI: 1.31650/2707-403X-2020-14-68-75
3. Кохно М.А. Історія інтродукції деревних рослин в Україні (короткий нарис) / за ред. С.І. Кузнецова. Київ: Фітосоціоцентр, 2007. 67 с.
4. Немерцалов В.В., Коваленко С.Г., Васильєва Т.В. Деревно-кушові рослини американського походження у флорі м. Одеси. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.5. С. 133–139.
5. Стратегія розвитку Одеської області на період 2021–2027 рр. Одеса, 2019. URL: <https://oda.od.gov.ua/statics/pages/files/5e4e655ff2e7e.pdf>
6. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високоактивних видів. *GEO&BIO*. 2019. Vol. 17. С. 116–135. URL: <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>
7. Бондаренко О.Ю. Конспект флори пониззя межи річчя Дністер–Тилігул. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 332 с.
8. Шевченко Т.Л. Еколого-економічна ефективність заходів з контролю інвазійних видів-інтродуцентів. *Агроєкологічний журнал*. 2019. № 2. С. 96–100. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174077>
9. Шестериков П.С. Определитель растений окрес-

- ностей. Одеса: Комерч. типографія Сапожнікова Б., 1912. 539 с.
10. Шиян Н.М. Гербарії України. Index Herbariorum Ucrainicum / за ред. Н.М. Шиян. Київ, 2011. С. 222–233.
  11. Коваленко С.Г., Немерцалов В.В., Бондаренко О.Ю., Васильєва Т.В. Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція П.С. Шестерикова. Одеса: Освіта України, 2014. 196 с.
  12. Коваленко С.Г., Бондаренко О.Ю., Васильєва Т.В. Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція Й.К. Пачоського. Одеса: Освіта України, 2013. 331 с.
  13. Бондаренко О.Ю., Назарчук Ю.С. Види рослин розплідників м. Одеси та м. Роздільна у I половині XX сторіччя (за матеріалами MSUD). *Рослини та урбанізація*: матер. XII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 1 лют. 2023 р.). Дніпро, 2023. С. 14–16.
  14. Myronov S.L. and Bondarenko O.Yu. About the finding of *Oxybaphus nyctagineus* (Michx.) Sweet on the Dniester residence. In: *Modern research in world science: 1st International scientific and practical conference* (April 17–19, 2022). SPC «Sci-conf.com.ua», Lviv, Ukraine. 2022. P. 82–85.
  15. Коваленко С.Г. та ін. Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція Г.Й. Потапенка. Одеса: Освіта України, 2014. 112 с.
  16. Волнорез. Новини з Одеси. URL: <http://surl.li/fvhac>
  17. PhotoBuildings. Одеса. Дальницьке шоссе. URL: <http://surl.li/fvhdb>
  18. Mosyakin S.L. and Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev. 1999. 345 p.
  19. Ботанічний сад ПНПУ ім. В.Г. Короленка. Черемш серебристий. URL: <http://surl.li/fvheq>
  20. International Plant Names Index. URL: <https://www.ipni.org/>
  21. Тищенко О.В. Флора України: навч. посіб. Київ: 2021. С. 109. URL: <https://drive.google.com/file/d/1QPuHV7jqwVY-yCVFWauIoImx3DTo3RpH/view>
  22. Немерцалов В.В. Конспект дендрофлори Одеси. Одеса: Альянс Юг, 2007. 95 с.
  23. Протопопова В.В. та ін. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.
  24. Андрієнко Т.Л., Перегрим М.М. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання). 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. Herasymiuk, N.V. (2012). Dekoratyvni roslyny pryvatnoho sektora mista Odesy [Decorative plants of the private sector of the city of Odessa]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 80, 2, 67–71. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80-2\\_2012/80-2\\_2012.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80-2_2012/80-2_2012.pdf) [in Ukrainian].
2. Kryzhanovskaya, O.A., Gavrylyuk, A.V. & Kerechaniina, K.V. (2020). Vertikalnoye ozeleneniye kak element zelenogo karkasa goroda [Vertical gardening as an element of the green frame of the city]. *Rehionalniy problem arkhitektury ta mistobuduvannia — Regional problems of architecture and urban planning*, 14, 68–75. DOI: 1–.31650/2707–403X–2020–14–68–75 [in Russian].
3. Kokchno, M.A. (2007). *Istoria introduktsii derevnykh roslin v Ukraini (korotkyi narys) [The history of the introduction of woody plants in Ukraine (brief essay)]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
4. Nemertsalov, V.V., Kovalenko, S.H. & Vasylyeva, T.V. (2016). Derevno–kushchovi roslyny amerykanskooho pokhodzhennya u flori mosta Odesy [Tree and scrub plants of American origin in the flora of the city of Odessa]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayny — Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 26.5, 133–139 [in Ukrainian].
5. Stratehiia rozvytku Odeskoi oblasti na period 2021–2027 roky [Strategy for the development of the Odessa region for the period 2021–2027]. (2019). Odessa. URL: <https://oda.od.gov.ua/statics/pages/files/5e4e655ff2e7e.pdf> [in Ukrainian].
6. 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].
7. Bondarenko, O.Yu. (2009). *Konspekt flory ponyzzyia mezhirichcha Dniester–Tiligul [A summary of the flora of lower Dniester–Tiligul interfluvial]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
8. Shevchenko, T.L. (2019). Ekolohe-ekonomichna efektyvnist zakhodiv z kontroliu invaziinykh vydiv-introduktsentiv [Ecological and economic effectiveness of measures to control invasive species-introducers]. *Ahrokolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 96–100. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174077> [in Ukrainian].
9. Shesterikov, P.S. (1912). *Opredelitel rastenyi okresnoshtey Odessy [Key to plants in the environs of Odessa]*. Odessa: Komerch. tipografiya Sapozhnikova B. [in Russian].
10. Shyian, N.M. (Ed.). (2011). *Herbarii Ukrainy. Index Herbariorum Ucrainicum [Herbariums of Ukraine. Index Herbariorum Ucrainicum]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Kovalenko, S.H., Nemertsalov, V.V., Bondarenko, O.Yu. & Vasylyeva, T.V. (2014). *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna kolektsiia P.S. Schesterykova [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of P.S. Schesterykov]*. Odessa: Osvitа Ukrainy [in Ukrainian].
12. Kovalenko, S.H., Bondarenko, O.Yu. & Vasylyeva, T.V. (2013). *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna kolektsiia Y.K. Pachoskoho [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of Y.K. Pachoskyi]*. Odessa: Osvitа Ukrainy [in Ukrainian].

13. Bondarenko, O.Yu. & Nazarchuk, Yu.S. (2023). Vydy roslin rozplidnykiv m. Odesy ta m. Rozdilna u I polovyni XX storichchia (za materialamy MSUD) [Plant species of nurseries in Odesa and Rozdilna in the first half of the 2-th century (based on MSUD materials)]. *Roslyny ta urbanizatsiia: Materialy XII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Plants and Urbanization: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference]*. (pp. 103–108). Dnipro [in Ukrainian].
14. Myronov, S.L. & Bondarenko, O.Yu. (2022). About the finding of *Oxybaphus nyctagineus* (Michx.) Sweet on the Dniester residence. *Modern research in world science: 1<sup>st</sup> International scientific and practical conference* (pp. 82–85). Lviv, Ukraine [in English].
15. Kovalenko, S.H. et al. (2014). *Skarby herbariiu ONU (MSUD). Herbarna kolektsiia H.I. Potapenko [Treasures of the ONU herbarium (MSUD). Herbarium collection of G.Y. Potapenko]*. Odesa: Osvita Ukrainy [in Ukrainian].
16. Volnerez. Novyny z Odesy [Breakwater. News from Odesa]. (n.d.). URL: <http://surl.li/fvhac> [in Russian].
17. PhotoBuildings. Odessa. Dalnytskoe shosse [Odessa. Dalnytskoe Shosse]. (n.d.). URL: <http://surl.li/fvhdb> [in Russian].
18. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist*. Kiev [in English].
19. Botanichnyi sad PNPU im. V.H. Korolenka. Cheremysh silvery [Botanic garden of the PNPU named after V.G. Korolenka. Cheremysh silvery]. (n.d.). URL: <http://surl.li/fvheq> [in Russian].
20. International Plant Names Index. (n.d.). URL: <https://www.ipni.org/> [in English].
21. Tyshchenko, O.V. (2021). *Flora Ukrainy [Flora of Ukraine]*. Kyiv. URL: <https://drive.google.com/file/d/1QPuHV7jqwVY-yCVFWauIoImx3DTo3RpH/view> [in Ukrainian].
22. Nemertsalov, V.V. (2007). *Konspekt dendroflory Odesy [Synopsis of the dendroflora of Odesa]*. Odesa: Alians Yuh [in Ukrainian].
23. Protopopova, V.V. et al. (2009). *Invasiini vydy u flori Pynichnogo Prychornomyra [Invasive species in the flora of the Northern Black Sea coast]*. Kyiv: Fito-sotsiosentr [in Ukrainian].
24. Andriienko, T.L. & Peregrym, M.M. (2012). *Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisykh roslin administratyvnykh terytorii Ukrainy (dovidkove vydannia) [Official list of regionally rare plants of the administrative territories of Ukraine (reference edition)]*. Kyiv. URL: [https://www.botany.kiev.ua/doc/of\\_reg\\_sp.pdf](https://www.botany.kiev.ua/doc/of_reg_sp.pdf) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.12.2022

## ФУРАЖНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ В АГРОФІТОЦЕНОЗАХ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛ.

Т.Ю. Сенчук<sup>1,2</sup>, С.М. Шакалій<sup>3</sup>, А.М. Атарщикова<sup>1,2</sup>, В.І. Діденко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: senchuktanya.bee@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5272-8947  
e-mail: Anniatara@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3343-5612

<sup>2</sup> ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» (м. Київ, Україна)  
e-mail: vitaliidadidenko14@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5947-2307

<sup>3</sup> Полтавський державний аграрний університет (м. Полтава, Україна)  
e-mail: shakaliysveta@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4568-1386

*Висвітлені основні результати встановлення оцінки цукристості і нектарності гібридів соняшнику звичайного (*Helianthus annuus* L.) Дует, Ясон та Авалон в умовах Лівобережного Лісостепу України за запилення медоносними бджолами української степової породи (*Apis mellifera scossimai* Engel) типу Гадяцький, оригінатором якого є Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». Досліджувані гібриди соняшнику включені до Державного реєстру сортів рослин і рекомендовані для вирощування в лісостеповій зоні України. Досліджувані бджолині сім'ї української степової породи типу Гадяцький за результатами оцінювання екстер'єру відповідали вимогам стандарту породи. Підбір їх для дослідження здійснювали методом аналогів, враховуючи рівність їх за силою, кількістю розплоду, запасів корму, походженням та вік маток. Догляд за бджолиними сім'ями проводили уніфіковано. Показано залежність нектаровиділення від погодних умов. Максимальні значення нектаровиділення досліджуваних гібридів соняшнику зафіксовані при температурі повітря в межах 28–30 °С та відносній вологості 67–70%. Показано, що за цих умов максимальний літ бджіл становив 182 шт. і спостерігався зранку до 12:00 год без пилкового обніжжя та 51 шт. з пилковим обніжжям (за тих самих умов). Зафіксовані такі значення нектарності гібридів соняшнику: для гібриду Ясон значення нектарності становили 0,28–0,43 мг/добу; Авалон — 0,47–0,59 мг/добу; Дует — 0,40–0,47 мг/добу. Цукристість гібриду Ясон становила 45,9–50,5%; Авалон — 35,9–39,7; Дует — 50,1–54,5%. Показано, що відвідуваність бджолами посівів гібридів соняшнику залежить від їх цукристості: відвідуваність бджолами посівів гібридів Ясон і Дует була вищою, ніж Авалон, через більший вміст цукру в нектарі цих двох гібридів. Бджоли української степової породи типу Гадяцький віддають перевагу рослинам із більшою цукристістю. Подальші дослідження продуктивності сортів та гібридів соняшнику від бджолозапилення є необхідними для забезпечення отримання сільськогосподарської продукції належної якості.*

**Ключові слова:** українська степова порода, тип Гадяцький, запилення, нектаровиділення, *Apis mellifera*, *Helianthus annuus*.

### ВСТУП

Важливим питанням у реалізації вирішення глобальної продовольчої проблеми є проблема якості харчових продуктів. Безпечність і якість продукції є ключовою складовою захисту та збереження здоров'я і збільшення тривалості життя людства. Безпечність продукції — це гарантія того,

що продукти не нашкодять споживачеві та навколишньому середовищу при їх виробництві, приготуванні або споживанні відповідно до їх призначення. Це стосується наявності залишків мікотоксинів, пестицидів та інших забруднень. Наявність шкідливих домішок у продукції викликane порушенням технології виробництва, недотриманням термінів обробки, вирощування на забруднених площах. Якість — це

гарантія певних властивостей товару, його характеристик і властивостей, наявність у продукції відповідних білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мікроелементів. Нестача останніх у продукції спричинена дефіцитом мікроелементів під час вирощування, неправильним протіканням фізіологічних процесів у рослин, порушення технології виробництва [1; 2].

Наразі багато уваги приділяється вивченню питань щодо отримання еколого-безпечної сільськогосподарської продукції та практичних аспектів виробництва соняшнику [1; 3]; функціонуванню ринку насіння соняшнику та продуктів його переробки [4–5]; підвищенню врожайності й якості насіння, дотриманню сівозмін, скороченню втрат соняшнику на стадіях збирання та переробки, експорту насіння, попиту на продукцію [6–8].

За останні роки Україна стала стійким виробником та експортером соняшникового насіння та олії. Вирощування та експорт олійних культур і продуктів їх переробки є одним із головних джерел прибутку для сільськогосподарських підприємств різних форм власності. Однією з головних завдань на сучасному етапі сільськогосподарського виробництва є збільшення валового збору соняшнику без розширення посівних площ, а за рахунок підвищення врожайності соняшнику, застосування енергоощадних та ґрунтозберігаючих технологій [4].

**Мета досліджень** — встановити екологічні взаємозв'язки *Apis mellifera* та *Heliánthus ánnuus* L. на прикладі гібридів Дует, Ясон та Авалон в умовах Лісостепу України. Дослідити й порівняти цукристість і нектарність гібридів соняшнику.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченням питання запилення бджолами соняшнику та визначенням цукропродуктивності різних гібридів та сортів соняшнику також займалися такі вчені: В.М. Блонська, М.О. Шамро, С.О. Петренко, М. Stejskalová [9–13]. Ними було встановлено, що якість запилення та вро-

жайність соняшнику знаходиться в прямій залежності від насиченості масиву медоносними бджолами, а на виділення нектару квітками соняшнику і його цукропродуктивність впливають сортові особливості. Також було встановлено, що насіннева продуктивність соняшнику за запилення бджолами збільшується на 35%.

Соняшник — перехреснозапильна культура, пилок якої переноситься з квітки на квітку комахами, переважно бджолами, а також вітром. Найбільше виділення квітками нектару, завдяки якому бджоли їх частіше відвідують, відбувається за достатніх запасів вологи у ґрунті і температурі повітря 20–25°C. Бджоли є найпоширенішими запилювачами соняшнику. Відвідування бджолами рослин і поведінка бджіл значною мірою залежать від метеорологічних чинників, таких як вітер, опади, температура та відносна вологість. Науковці стверджують, що менша нектарна продуктивність спостерігається у квітці в суху погоду, внаслідок чого бджоли витрачають більше часу на кожний кошик соняшнику, повертаються у вулик рідше, отже, відвідують більше рослин у польоті [14–17].

Підвищення якості отриманої насіннєвої продукції та її кількості за участі бджолозапилення неодноразово висвітлювалося в наукових публікаціях [18–20]. Однак фуражні особливості поведінки медоносних бджіл в агрофітоценозах соняшнику в умовах Полтавської обл., трофічні зв'язки нових сортів та гібридів *Heliánthus ánnuus* L. та *Apis mellifera* вивчені не достатньо.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювалися на базі фермерського господарства «Ваці» (с. Ваці, Полтавська обл.) на посівних масивах гібридів *Heliánthus ánnuus* L. за участі 50 бджолиних сімей *Apis mellifera sossimai* (українська степова порода бджіл) тип Гадяцький ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». Поставлені в роботі завдання вирішували за допомогою зоотехнічних та статистичних методів дослідження [15; 17].

Висівали занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні і рекомендовані для вирощування в лісостеповій зоні.

Гібрид Дует — виробник фірма Май Агро. Напрямок використання олійний (52–54%). Вегетаційний період сягає 110–120 діб. Має середні темпи росту на перших етапах розвитку. Добра запиленість кошика. Висока стабільна врожайність та олійність.

Гібрид Ясон — виробник компанія Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Середньоранній, тривалий вегетаційного періоду 110–114 діб. Висота рослини — 210 см; кошик злегка випуклої форми діаметром 19–20 см. Має високу стійкість до вилягання, осипання. Лущинність — до 21,0%; маса 1000 насінин до 55,5–56,0 г; вміст олії в насінні 50,6%.

Гібрид Авалон — оригінатор: Institute of Field and Vegetable Crops Novi Sad (Serbia). Високоврожайний класичний гібрид соняшнику. Відрізняється стійкістю до 7+ рас вовчка соняшнику. Характеризується високими показниками посухостійкості, що дає можливість вирощувати гібрид в умовах посухи на півдні України.

Бджоліні сім'ї української степової породи тип Гадяцький відповідали вимогам стандарту української степової породи, що підтверджено результатами оцінювання екстер'єру. Підбір бджолиних сімей здійснювали за методом аналогів, враховуючи рівність їх за силою, кількістю розплоду, запасів корму, походженням та віком маток. Утримували бджоліні сім'ї у вуликах-лежаках на 20 стандартних рамок (розмір рамки — 435×300 мм). Догляд за бджолиними сім'ями проводили однаково, згідно з загальноприйнятою методикою [14; 16–17].

Нектарність квіток рослин визначали за кількістю виділеного цукру в нектарі. Врожайність культури залежить від комах-запилювачів, які відвідують рослини. Тому підвищене нектаровиділення сприяє поліпшенню запилення квіток.

Льотна активність бджіл визначалася в погожий день о 8:00, 12:00 та 15:00 год.

Цей показник визначається по кількості бджіл, що прилетіли до льотка впродовж 3 хв (трьохразова повторність з інтервалом 5 хв). Надалі по кожній сім'ї визначають середню кількість прилетілих бджіл за 1 хв [15; 17].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розрізняють поняття нектарність квіток та нектарна продуктивність рослин. Під нектарністю квіток розуміють кількість секретованого нектару (мг на 1, або 100 квіток) за всі дні функціонування. Нектарна продуктивність рослин показує кількість виділеного ними нектару для 1 га (в кг) при суцільному вирощанні за період цвітіння. Нектарність квіток залежить від біологічних особливостей рослин, природно-кліматичних, метеорологічних та інших зовнішніх умов, а нектарна продуктивність, крім того, від кількості квіток, що утворюються, на рослинах і загалом на 1 га масиву.

Під час вивчення умов нектаровиділення гібридів соняшнику Дует, Ясон та Авалон нами було виявлено, що максимальне нектаровиділення спостерігалось в ті дні, коли температура повітря була в межах 28–30 °С, а відносна волога — 67–70%. Нектаровиділення та цукристість гібридів наведено в *табл. 1*.

Незважаючи на високу нектарність гібриду Авалон, його цукристість була найнижчою і бджоли гірше відвідували ці посіви. Цукристість Ясон і Дует була вищою, тому відвідуваність бджолами-збиральницями цих двох сортів також була вищою, ніж Авалон. Окрім того, визначили відвідуваність бджолами квіток соняшнику на різній відстані в радіусі продуктивного льоту. Ці дані наведені в *табл. 2*.

Облік відвідування бджолами квіток соняшнику здійснювався тричі на день у сприятливі для льоту бджіл дні і дні відбору проб нектару.

Отримані дані дають підставу вважати, що бджоли української степової породи тип Гадяцький віддають перевагу рослинам із більшою цукристістю.

Таблиця 1. Нектаровиділення та цукристість соняшнику

Ряд цвітіння	Ясон		Авалон		Дует	
	нектарність, мг/доба	цукристість нектару, %	нектарність, мг/доба	цукристість нектару, %	нектарність, мг/доба	цукристість нектару, %
1	0,43±0,0002	50,5±0,03	0,59±0,0003	39,7±0,06	0,47±0,0004	54,5±0,04
2	0,38±0,0004	49,6±0,02	0,57±0,0002	38,5±0,05	0,45±0,0003	52,7±0,03
3	0,35±0,0005	48,5±0,03	0,55±0,0004	37,9±0,04	0,44±0,0002	51,7±0,02
4	0,30±0,0003	47,3±0,02	0,49±0,0002	37,0±0,02	0,42±0,0002	50,5±0,04
5	0,28±0,0002	45,9±0,03	0,47±0,0003	35,9±0,03	0,40±0,0003	50,1±0,04

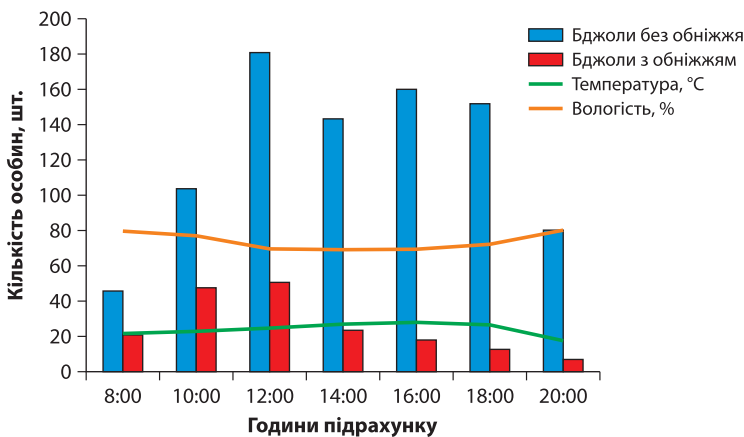
Таблиця 2. Середня кількість бджіл на 100 м<sup>2</sup> квітучих масивів соняшнику

Години відвідування	Ясон		Авалон		Дует	
	200 м	400 м	200 м	400 м	200 м	400 м
8:00	32±1,8	26±1,4	25±1,6	20±1,1	47±2,5	42±2,2
12:00	140±7,3	124±5,7	73±3,8	67±3,1	180±8,8	152±6,8
15:00	152±8,4	138±5,9	85±2,9	73±3,4	155±4,2	142±3,6

У сприятливий, за погодними умовами, день проводили обрахунок льотної діяльності бджолиних сімей. Одночасно рахували кількість бджіл, які поверталася з поля до вулика, а також бджіл, які поверталися із пилковою обніжкою. На рис. представлений графік льотної активності бджіл та показників температури й відносної вологості повітря.

У період цвітіння соняшнику перші бджоли починають вилітати за взятком о

5:00–6:00 год ранку. Масова ж активація бджіл починається від 7:00 год і продовжується до 9:30–10:00 год. У такому темпі бджоли продовжують працювати до 12:00–13:00 год. Потім діяльність бджіл зменшується і відновлюється вже після 15:00. Збільшення загальної кількості льотних бджіл пояснюється збільшенням температури та зниженням відносної вологості повітря, що збільшує секрецію нектару квітками соняшнику.



Льотна активність бджолиних сімей

## ВИСНОВКИ

На фоні зростаючого антропогенного впливу на навколишнє середовище, змін клімату, появи нових сортів та гібридів сільськогосподарських культур медоносна база зазнає критичних змін. У межах виду *Helianthus annuus* L. було досліджено цукристість, нектаровиділення та вплив температури навколишнього середовища й вологості під час цвітіння Ясон, Авалон та Дуєт.

Одним із важливих чинників відвідуваності соняшнику медоносними бджолами, є інтенсивність виділення нектару. Зі збільшенням кількості нектару збільшується кількість бджіл на квітках. Отже, було встановлено, що Дуєт має найвищі

показники з цукристості та відвідуваності бджолами, а Авалон має нижчі показники з цукристості та з відвідуваності бджолами. Однак при цьому, відбувається компенсація цукристості за рахунок високих показників нектаровиділення. Максимальне нектаровиділення спостерігалось за температури повітря в межах 28–30 °C та відносній вологості – 67–70%. Льотна активність бджіл також залежить від температури та вологості повітря. Максимум льотної активності бджіл впродовж світлового дня припадає на 12:00–13:00 та 16:00–18:00 год. Активність бджіл на збиранні бджолоїної обніжки (пилку) була не високою і проявлялася лише в першій половині дня.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кудріна В.С. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Миколаїв, 2021. 175 с.
2. Сенчук Т.Ю., Гречка Г.М., Рак Т.М. Апімоніторинг як фактор агроекологізації. *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження: кол. моногр. / за ред. Т.О. Чайки*. Полтава: Видавництво ПП «Астрая», 2021. С. 106–114.
3. Коковіхін С.В., Нестерчук В.В., Рудий О.Е. Основні напрями оптимізації елементів технологій вирощування гібридів соняшнику в різних екологічних пунктах Степу України. *Онтогенез — стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах*: матеріали Міжнар. конф. (м. Херсон, 10-11 черв. 2016 р.). Херсон, 2016. С. 128–129.
4. Bergonzoli S., Romano E., Beni C. et al. Nectar Dynamics and Pollinators Preference in Sunflower. *Insects*. 2022. Vol. 13. № 8. P. 717. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13080717>
5. Федоряка В.П., Бахчиванжи Л.А., Почколіна С.В. Ефективність виробництва і реалізації соняшнику в Україні. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2011. № 41 (2). С. 139–144.
6. Кулинич І.М., Соловійова Т.М. Вплив бджолозапилення на насінневу продуктивність соняшнику. *Науково-виробничий журнал «Бджільництво України»*. 2021. Вип. 1 (6). С. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.07>
7. Марков Р.В., Балдик Д.О. Вплив бджолозапилення соняшнику на фінансову безпеку сільськогосподарських виробників. *Стан та проблеми функціонування підприємницьких структур в умовах перманентної економіки / за ред. Ю.О. Нестерчук* Умань: Видавець «Сочінський», 2016. С. 179–185.
8. Chabert S., Sénéchal C., Fougereux A. et al. Effect of environmental conditions and genotype on nectar secretion in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *OCL*. 2020. Vol. 27. № 51. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020040>
9. Шакалій С.М. Вплив бактеріальних препаратів та мікродобрива на посівні якості насіння соняшнику. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 24. С. 127–135.
10. Євчук Л.А. Напрями підвищення ефективності вирощування соняшнику та виробництва соняшникової олії. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2005. С. 42–46.
11. Петренко С.О., Петренко І.О. Кормова база бджільництва. Київ: Кондор. 2018. 236 с.
12. Stejskalová M., Konradová V., Suchanová M. et al. Is pollinator visitation of *Helianthus annuus* (sunflower) influenced by cultivar or pesticide treatment? *Crop Protection*. 2018. Vol. 114. P. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.018>
13. Zajác E., Zaják Á., Szalai EM. et al. Nectar production of some sunflower hybrids. *Journal of Apicultural Research*. 2006. Vol. 50 (2). P. 109–113.
14. Шамро М.О., Кошова Л.М., Кулинич І.М. Продуктивні якості гібрида соняшника Атланта при вирощуванні його на фоні пожнивних залишків фацелії пижмолистої. *Бджільництво України*. 2017. Вип. 2. С. 171–174.
15. Шакалій С.М., Сенчук Т.Ю., Шевченко В.В. та ін. Формування урожайного потенціалу гібридів соняшнику залежно від породи бджіл. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 121. С. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.16>
16. Cerrutti N. and Pontet C. Differential attractiveness of sunflower cultivars to the honeybee *Apis mellifera* L. *OCL*. 2016. Vol. 23 (2). P. 204. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2016005>
17. Броварський В.Д., Бріндза Я., Отченашко В.В.



- та ін. Методика дослідної справи у бджільництві: навч. посіб. Київ: «Вініченко», 2017. 166 с.
18. Адамчук Л.О. Ефективне використання бджіл для запилення садів та ягідників: метод. реком. Київ: СТ-Друк, 2020. 130 с.
19. Aizen M.A., Garibaldi L.A., Cunningham S.A. et al. How much does agriculture depend on pollinators?

- Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of botany*. 2009. Т. 103. №. 9. С. 1579–1588. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>
20. Saleh M., Bashir M.A., Khan K.A. et al. Onion flowers anthesis and insect pollinators preferences on onion (*Allium cepa* L.) crop. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2021. Vol. 30 (3). P. 2580–2585.

## REFERENCES

1. Kudrina, V.S. (2021). Formuvannya produktyvnosti soniashnyku zalezchno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannya v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy [The formation of sunflower productivity depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Mykolaiv [in Ukrainian].
2. Senchuk, T., Hrechka, H., Rak, T. & Chaika, T. (Ed.). (2021). Apimonitorynh yak faktor ahroekologizatsii [Apimonitoring as a factor of agroecologization]. *Stiykyy rozvytok sil's'kykh terytoriy u konteksti realizatsiyi derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky ta enerhozberezhennya: monohrafiya [Sustainable development of rural areas in the context of implementation of state environmental policy and energy conservation: monograph]*. (pp. 106–121). Poltava [in Ukrainian].
3. Kokovikhin, S.V., Nesterchuk, V.V. & Rudyi, O.E. (2016). Osnovni napriamy optymizatsii elementiv tekhnologii vyroshchuvannya hibrydiv soniashnyku v riznykh ekolohichnykh punktakh Stepu Ukrainy [The main directions of optimization of the elements of technologies for growing sunflower hybrids in various ecological points of the Steppe of Ukraine]. *Ontohenez — stan, problemy ta perspektyvy vyvchennia roslyn v kulturnykh ta pryrodnykh tsenozakh: materialy mizhnarodnoyi konferentsiyi [Ontogeny — the state, problems and prospects of the study of plants in cultural and natural coenoses: materials of the international conference]*. (pp. 128–129). Kherson [in Ukrainian].
4. Bergonzoli, S., Romano, E., Beni, C. et al. (2022). Nectar Dynamics and Pollinators Preference in Sunflower. *Insects*, 13 (8), 717. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13080717> [in English].
5. Fedoriaka, V.P., Bakhchivanzhy, L.A. & Pochkolina, S.V. (2013). Efektyvnist vyrobnytstva i realizatsii soniashnyku v Ukraini [Efficiency of sunflower production and sale in Ukraine]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen — Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, 41 (2), 139–144 [in Ukrainian].
6. Kulynych, I.M. & Soloviova, T.M. (2021). Vplyv bdzholozapylennia na nasinnievu produktyvnist soniashnyku [The effect of bee pollination on sunflower seed productivity]. *Naukovo-vyrobnychiy zhurnal «Bdzhilnytstvo Ukrainy» — Scientific and production journal «Beekeeping of Ukraine»*, 1 (6), 44–47. DOI: <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.07> [in Ukrainian].
7. Markov R.V., Baldyk, D.O. & Nesterchuk, Yu.O. (Ed). (2016). Vplyv bdzholozapylennia soniashnyku na finansovu bezpeku silskohospodarskykh vyrobnykiv [The influence of bee pollination of sunflower on the financial security of agricultural producers]. *Stan ta problemy funktsionuvannya pidpriemnytskykh struktur v umovakh permanentnoi ekonomiky [The state and problems of the functioning of business structures in the conditions of a permanent economy]*. (pp. 179–185). Uman [in Ukrainian].
8. Chabert, S., Sénéchal, C., Fougeroux, A. et al. (2020). Effect of environmental conditions and genotype on nectar secretion in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *OCL*, 27, 51. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020040> [in English].
9. Shakalii, S.M. (2018). Vplyv bakterialnykh preparativ ta mikrodobryva na posivni yakosti nasinnia soniashnyku [The effect of bacterial preparations and microfertilizers on sowing qualities of sunflower seeds]. *Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti — Bulletin of the Center for Scientific Support of APV of Kharkiv Region*, 24, 127–135 [in Ukrainian].
10. Yevchuk, L.A. (2005). Napriamy pidvyschennia efektyvnosti vyroshchuvannya soniashnyku ta vyrobnytstva soniashnykovoii olii [Directions for improving the efficiency of sunflower cultivation and sunflower oil production]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomorja — Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 42–46 [in Ukrainian].
11. Petrenko, S.O. & Petrenko, I.O. (2018). *Kormova baza bdzhilnytstva [Fodder base of beekeeping]*. Kyiv [in Ukrainian].
12. Stejskalová, M., Konradová, V., Suchanová, M. et al. (2018). Is pollinator visitation of *Helianthus annuus* (sunflower) influenced by cultivar or pesticide treatment? *Crop Protection*, 114, 83–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.018> [in English].
13. Zajác, E., Zaják, Á., Szalai, E.M. et al. (2006). Nectar production of some sunflower hybrids. *Journal of Apicultural Research*, 50 (2), 109–113 [in English].
14. Shamro, M.O., Koshova, L.M. & Kulynych I.M. (2017). Produktyvni yakosti hibryda soniashnyka Atlanta pry vyroshchuvanni yoho na foni pozhnyvnykh zalyshkiv fatselii pyzhmolystoi [Productive qualities of the Atlanta sunflower hybrid when growing it against the background of the harvest residues of Phacelia tansy]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy — Beekeeping of Ukraine*, 2, 171–174 [in Ukrainian].
15. Shakalii, S.M., Senchuk, T.Yu., Shevchenko, V.V. et al. (2021). Formuvannya urozhainoho potentsialu hibrydiv soniashnyka zalezchno vid porody bdzhil [Formation of yield potential of sunflower hybrids depending on the breed of bees]. *Tavriiskyyi naukovyyi visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 121, 115–121. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.16> [in Ukrainian].

16. Cerrutti, N. & Pontet, C. (2016). Differential attractiveness of sunflower cultivars to the honeybee *Apis mellifera* L. *OCL*, 23 (2), 204. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2016005> [in English].
17. Brovarskiy, V.D., Brindza, Ya., Otchenashko, V.V. et al. (2017). *Metodyka doslidnoi spravy u bdzhlnytstvi [Methodology of a test case in beekeeping]*. Kyiv [in Ukrainian].
18. Adamchuk, L.O. (2020). *Efektivne vykorystannia bdzhl dlia zapylennia sadiv ta yahidnykiv: metodychni rekomendatsii [Effective use of bees for pollination of gardens and berries: methodical recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
19. Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A. et al. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of botany*, 103 (9), 1579–1588. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076> [in English].
20. Saleh, M., Bashir, M.A., Khan, K.A. et al. (2021). Onion flowers anthesis and insect pollinators preferences on onion (*Allium cepa* L.) crop. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30 (3), 2580–2585 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 13.12.2022

---

## ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ СІРЧАНИХ КАР'ЄРІВ

В.П. Оліферчук<sup>1</sup>, І.В. Шукель<sup>1</sup>, О.Т. Кузярін<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, Україна)  
e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2800-2254  
e-mail: shukel@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9331-1523

<sup>2</sup> Державний природознавчий музей НАН України (м. Львів, Україна)  
e-mail: kuzyarin@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7728-3665

Проаналізовано особливості флористичної структури девастрованих земель Яворівського і Подорожненського сірчаних кар'єрів за еколого-ценотичною, трофічною, біоморфологічною структурами. За результатами польових досліджень (2019–2022 рр.) на території Яворівського сірчаного кар'єру ідентифіковано 187 таксонів вищих рослин, які належать до 125 родів 49 родин. На території Подорожненського сірчаного кар'єру ідентифіковано 160 видів вищих рослин, які належать до 116 родів 40 родин. Вивода структура рослинних угруповань у межах девастрованих земель сірчаних кар'єрів є доволі різноманітна, що підтверджує строкатість едафічних умов ембріоземів. На території Яворівського сірчаного кар'єру провідними родинами є Asteraceae (28 видів, 24 родів), що є типовим для голарктичних флор, Poaceae Barnhart (24 види, 18 родів і Fabaceae Lindl. (21 вид, 9 родів). На території Подорожненського сірчаного кар'єру аналогічно провідними родинами є Asteraceae (28 видів, 24 родів), Poaceae Barnhart (20 видів, 13 родів), Fabaceae Lindl. (16 видів, 8 родів). Перші шість родин об'єднують 111 видів (59,35%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 88 видів (56,05%) — на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. В екологічній структурі флори Яворівського сірчаного кар'єру за відношенням рослин до вологості домінують мезофіти 53 види (або 28,34%), до живлення — мезотрофи (62 види, або 33,16%), до освітлення — геліофіти (184 види, або 98,4%). Подібне фіксували і для Подорожненського сірчаного кар'єру — за відношенням рослин до вологості домінують мезофіти (67 видів, або 41,88%), до живлення — мезотрофи (59 видів, або 36,88%), до освітлення — геліофіти (158 видів, або 98,75%). Структура флороценокомплексів спонтанної флори на девастрованих землях сірчаних кар'єрів представлена 14 групами, серед яких найбільшу частку мали лісо-чагарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9 і 22,46%, для Подорожненського — 45,63 і 20,63%. Незначна частка сеgetальної рослинності свідчить про певну стабілізацію демутаційних процесів. За класифікацією Серебрякова у досліджуваних ценофлорах сірчаних кар'єрів переважають трав'яні рослини: Яворівського — 158 видів (84,49%), Подорожненського — 140 видів (87,5%). При цьому частка багаторічників становить 53,48 і 55% відповідно. За способом дисемінації спонтанна флора на девастрованих землях сірчаних кар'єрів переважно представлена аллохорами: відповідно до кар'єрів від 74,74 до 72,62%. На девастрованих землях сірчаних кар'єрів визначено чотири види рослин, які занесені до Червоної книги України.

**Ключові слова:** рослинність, екологічна структура флори, життєві форми, деградовані ландшафти, біорізноманіття.

### ВСТУП

Девастровані землі притаманні багатьом країнам світу, промисловість яких зосереджена на видобутку корисних копалин і приносить значну економічну вигоду. Водночас такий вид діяльності має негативний вплив на навколишнє природне середовище, спричиняє деградацію ландшафтів,

втрату їх екологічних та естетичних функцій, становить серйозну та дуже специфічну загрозу для біорізноманіття [1–4].

Ця проблема актуальна також для України, оскільки порушення балансу між природом запасів і видобутком мінеральної сировини (перероблення якої формує понад 30% ВВП і 50% експортних надходжень) у багатьох регіонах проявило себе

як чинник територіальних екологічних небезпек і національної економічної загрози [5–7].

Серед низки важливих об'єктів гірничодобувної промисловості України, що зазнали інтенсивної експлуатації, є Передкарпатський сірконосний басейн. Упродовж 60–90-х років ХХ ст. сировинною базою для добування самородної сірки в цьому регіоні серед інших були Подорожненське і Яворівське родовища, що входили до Роздільсько́го і Яворівського державних гірничохімічних підприємств (ДГХП) «Сірка». Видобуток сірки було припинено на початку 90-х років ХХ ст., але внаслідок відкритих гірничих робіт відбулися значні антропогенні зміни ландшафтів: було фактично знищено всю рослинність, родючий шар ґрунту був захоронений на днищах відвалів чи змішаний у процесі гідромеханізації з четвертинними суглинками та супісками і складований у гідровідвалах, забруднення навколишнього середовища сполуками сірки тощо [8]. У таких умовах найбільшу небезпеку для екологічного стану ландшафтів становлять намівні техноґрунти сірчаних розробок, які є непридатними для заселення більшістю видів біоти, тому їх освоєння можливе лише після проведення особливого типу рекультивациі [9].

Території сірчаних кар'єрів – це нерівноважені, природно-технічні системи, в яких проходять активні геодинамічні, гідрохімічні, біологічні процеси. З екологічної точки зору важливо встановити закономірності процесів самовідновлення різних компонентів природного середовища, зокрема відродження флори та формування біоценозів.

**Мега досліджень** – проаналізувати особливості флористичної структури девастованих земель Яворівського і Подорожненського сірчаних кар'єрів за екологоценотичною, трофічною, біоморфологічною структурами.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження екологічного стану та фітомеліорації девастованих ландшафтів

активно проводяться багатьма вченими. Особлива увага приділяється посттехногенному періоду розвитку відвалів, агро-екологічним особливостям техногенних ґрунтосумішей, флористичної, просторової та екологічної структури рослинних угруповань і мікробіому девастованих ландшафтів, зміною мікробіому, сукцесійним змінам рослинного покриву, структури комплексів ґрунтової мезофауни тощо.

Низку робіт присвячено екологічній деградації, зокрема втраті біорізноманіття, та фітомеліорації девастованих ландшафтів [10; 11], проте ця тема є не достатньо вивченою, оскільки кожен такий ландшафт має специфічні характеристики й природні умови регіону, в якому знаходиться. Водночас міжнародна спільнота визначає втрату біорізноманіття внаслідок гірничодобувної діяльності як глобальний процес, що пов'язано з деградацією середовища існування, розмноженням інвазивних видів та забрудненням [2; 4; 13; 14].

Після припинення видобування корисних копалин, постає питання рекультивациі кар'єрів як частини гірничопромислових ландшафтів для їх подальшого використання. Ці території можуть стати перспективними структурними елементами екологічної мережі як відновлювальні ділянки. Вони є потенційним резервом для розширення екологічної мережі і можуть виконувати роль осередків зонального біорізноманіття [13; 15].

Природне відновлення деградованих земель і ландшафтів може відбуватися впродовж тривалого часу або не проходити загалом, оскільки новоутворений техногенний комплекс відмінний від фонових природних умов. Формування природного рослинного покриву різних екологічних груп на техногенних субстратах стає об'єктивним підтвердженням адаптації рослин, які долають обмежуючі їх чинники техногенного середовища, сформовані за впливу гірничовидобувної діяльності [13; 16].

Нині у більшості випадків відновлення девастованих земель та рослинних угруповань на відвалах відбувається шляхом

самозаростання. Роботи з рекультивациі таких територій виконуються недостатньо. Тому відновлення екосистем, наближених до природних, на ембріоземах є дуже тривалим процесом. Дослідження самозаростання відвалів розкривних порід дає можливість об'єктивно оцінити здатність рослинного покриву на ембріоземах до самовідновлення. Використання біологічних особливостей рослин, які самовідновлюються в умовах значної трансформації умов зростання та забруднення сполуками сірки дасть змогу змінити стратегію рекультивациі відвалів, сприяючи природному самовідновленню наявної та створюваної на відвалах спонтанної рослинності.

Важливе значення має дослідження фітоценотичної структури рослинності різних типів відвалів та вплив екологічних чинників на розвиток рослинного покриву [12; 13; 16–18].

Природні рослинні угруповання є складними самовідновлювальними і стійкими у просторі та часі врівноваженими екологічними системами, які у процесі становлення проходять тривалий шлях адаптації до умов існування. Для них характерна специфічна будова, видова структура, генетичне та еколого-біологічне різноманіття, своєрідний тип внутрішньовидових та міжвидових зв'язків і обмін речовин із навколишнім середовищем.

Природне самовідновлення відіграє важливу роль у рекультивациі девастрованих сірчаними виробітками земель. Слід відмітити, що самовідновлення є важливим для всіх компонентів і ярусів фітоценозу. Лише за таких умов слід стверджувати про часткове відновлення природної системи. Повне самовідновлення до початкового стану, як до проведення розробок, не лише неможливе, але у більшості небажано як з екологічної, так і господарської доцільності. Тому без втручання людини у рекультивацию девастрованих ландшафтів важко передбачити всі аспекти процесів відновлення.

Враховуючи специфіку техногенних новостворень сірчаних родовищ, важливим є дослідження процесів формування і

подальший розвиток рослинного покриву з позиції первинної сукцесії. Так, тривалі дослідження засвідчили, що у межах відвалів сіркодобувних родовищ Передкарпаття за рахунок перебігу первинної екологічної сукцесії та пов'язаного з нею процесу формування ґрунту, відбувається поступове відновлення порушених територій, які все ще потребують детального вивчення, контролю та оптимізації [9; 19].

Результати дослідження засвідчують, що у ході природного заростання на сприятливому субстраті формуються досить зімкнуті рослинні угруповання, здатні закріплювати субстрат і виконують важливу ґрунтозахисну функцію, а також — покращення середовища [20].

Однак питання формування рослинності на території колишніх сірчаних кар'єрів наразі є недостатньо вивченим та актуальним для екосистемних досліджень і подальшого розроблення заходів із відновлення девастрованих земель.

Аналіз переважаючих рослинних асоціацій досліджених територій дасть змогу контролювати процеси заростання рослинності та запропонувати оптимальний видовий склад для пришвидшення відтворення порушених територій [20].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження видового складу та структури рослинності здійснювали у межах Яворівського та Подороженського сірчаних кар'єрів (Львівська обл.), на яких видобуток сірки було припинено у 90-х роках ХХ ст.

Екологічні умови в межах гірничовидобувних об'єктів формуються індивідуально, що пов'язано із ступенем антропогенного порушення та природних умов регіону. Після припинення експлуатації об'єкта дослідження, піонерне заселення рослин у межах кар'єру відбувалось за впливу таких чинників, як нестабільні гідрокліматичні умови (значний вплив має доступність вологи для рослин), елементний склад та структура субстрату, нерівномірний рельєф.

Таблиця 1. Характеристика девастрованих земель сірчаних кар'єрів

Показник	Сірчані кар'єри	
	Яворівський	Подорожненський
Географічні координати	49°56'15.48"N 23°27'36.03"E	49°27'19.86"N 23°44'56.75"E
Початок видобутку, р.	1969	1974
Припинення видобутку, р.	Постанови Кабінету Міністрів України від 21.06.1995 р. № 442, від 02.03.1998 р. № 258	
Площа девастрованих земель, га	Кар'єр — 0,8; відведені землі — 74,0; зовнішні відвали — 0,92; хвостосховища — 0,68, підземна виплавка — 0,77; водосховища — 1,52; промислові зони — 0,39 км <sup>2</sup>	Кар'єр — 5,7; відведені землі — 15; зовнішні відвали — 6 км <sup>2</sup>
Глибина, м	70 (120)	25

Характеристику об'єктів дослідження наведено в *табл. 1*.

У дослідженнях використовували загальнонаукові методи (аналіз, синтез, спостереження), польові і камеральні дослідження. Польові дослідження проводили у період з 2019 по 2022 рр. Ідентифікацію видів здійснювали в польових та камеральних умовах за гербарними зразками, назви рослин наведено відповідно до International Plant Name Index [21]. Життєві форми виділено за класифікаціями І. Серебрякова (1964), В. Голубева (1965), ценоморфи — за В. Тарасовим [22; 23].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Систематична структура.** Флора девастрованих земель Яворівського та Подорожненського сірчаних кар'єрів станом на липень 2022 р. нараховує 187 та 160 таксонів вищих рослин відповідно (*табл. 2*).

Встановлено, що на території девастрованих земель Яворівського сірчаного кар'єру найпредставленіші родини з відділів Мохоподібні (*Bryophyta*) та Дводольні (*Magnoliopsida*), на Подорожненського кар'єру — з відділів Хвощеподібні (*Equisetophyta*), Мохоподібні (*Bryophyta*) та Дводольні (*Magnoliopsida*). Така різниця

у видовому складі досліджуваних територій пояснюється строкатістю умов місцезростання на Розточчі, що характерно для кар'єрів Яворівського ДГХП «Сірка» порівняно з умовами місцезростання рослинності в регіоні провадження виробництва Подорожненського ДГХП «Сірка». В обох випадках у ієрархії таксонів провідне місце належить *Angiospermae (Magnoliophyta)*: на Яворівському сірчаному кар'єрі — 33 родини, 90 родів та 133 види, на Подорожненському сірчаному кар'єрі — 32 родини, 93 роди та 120 видів. Найбільшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae* і на девастрованих землях обох сірчаних кар'єрів ідентифіковано по 28 видів, які належать до 24 родів.

Друге та третє місця у флорі девастрованих земель Яворівського сірчаного кар'єру займають родини злакових (*Poaceae* Barnhart) і бобових (*Fabaceae* Lindl.) — 18 родів, 24 види та 9 родів, 21 вид відповідно. Аналогічно у флорі девастрованих земель Подорожненського сірчаного кар'єру також друге та третє місця посідають родини *Poaceae* Barnhart та *Fabaceae* Lindl. І налічують відповідно 13 родів, 20 видів та 8 родів, 16 видів. Перші шість родин об'єднують 111 видів (59,35%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 88 видів

Таблиця 2. Структура таксономічних одиниць флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів

№ з/п	Відділ	Кількість родин		Кількість родів		Кількість видів	
		од.	%	од.	%	од.	%
<b>Яворівський сірчаний кар'єр</b>							
1	Мохоподібні	6	12,24	7	5,60	8	4,28
2	Хвоцєподібні	1	2,04	1	0,80	4	2,14
3	Папоротєподібні	1	2,04	1	0,80	1	0,53
4	Хвойні	1	2,04	1	0,80	1	0,53
5	Однодольні	7	14,29	25	20,00	40	21,39
6	Дводольні	33	67,35	90	72,00	133	71,12
<b>Разом</b>		<b>49</b>	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>100</b>	<b>187</b>	<b>100</b>
<b>Подорожненський сірчаний кар'єр</b>							
1	Мохоподібні	1	2,50	1	0,86	1	0,63
2	Хвоцєподібні	1	2,50	1	0,86	2	1,25
3	Однодольні	6	15,00	21	18,10	37	23,13
4	Дводольні	32	80,00	93	80,17	120	75,00
<b>Разом</b>		<b>40</b>	<b>100</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

(56,05%) – на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. Загалом, у межах девастрованих земель сірчаних кар'єрів видова структура рослинних угруповань є доволі різноманітна, що підтверджує строкатість едафічних умов ембріоземів.

**Еколого-ценотична оцінка флори.** У ценофлорі девастрованих земель сірчаних кар'єрів ростуть види, які індукують строкаті умови за зволоженістю умов місцезростання – від дуже сухих (ксерофітних) до мокрих (гідрофітних) умов. Однак найчисленнішою групою серед гідроморф є група мезофітних умов – 107 видів, або 57,22% на землях Яворівського сірчаного кар'єру та – 109 видів, або 68,13% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру (табл. 3).

У ценофлорі девастрованих земель сірчаних кар'єрів виділяються види багатьох трофічних морф. Однак за чисельністю переважають представники мезотрофної групи (105 видів, 56,15%) на землях Яворівського сірчаного кар'єру та – 104 види, або 65% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру (табл. 4). Значну частку у ценофлорі сірчаних кар'єрів займають

рослини еутрофної групи, які представлені 56 видами, 29,95% на землях Яворівського кар'єру та 49 видами, або 30,65% на землях Подорожненського кар'єру. Види оліготрофної групи представлені 26 видами (13,9%) на землях Яворівського кар'єру та 5 видами (або 3,13%) на землях Подорожненського кар'єру.

Екологічна структура флори ембріоземів сірчаних кар'єрів підтверджує високу строкатість ґрунтового вкриття як за ступенем зволоженості, так і родючості умов місця росту.

На девастрованих землях сірчаних кар'єрів чисельно переважають геліофіти та факультативні геліофіти – 184 види, або 98,4% на землях Яворівського сірчаного кар'єру та 158 видів, або 98,75% на землях Подорожненського сірчаного кар'єру. Загалом, умови формування спонтанної флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів є сприятливими для виживання світлолюбних рослин, що ростуть у різних за вологістю та родючістю умовах. Типовим представником флори ембріоземів сірчаних кар'єрів є геліофіти мезофітних та мезотрофних умов місцезростання. Се-

Таблиця 3. Гідрологічні морфи флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів

Гігروتип	Яворівський кар'єр		Подороженський кар'єр	
	од.	%	од.	%
Евксерофіт	0	0	1	0,63
Ксерофіт	5	2,67	2	1,25
Мезоксерофіти	28	14,97	13	8,13
Ксеромезофіти	35	18,72	23	14,38
Мезофіти	53	28,34	67	41,88
Гігромезофіти	19	10,16	19	11,88
Мезогігрофіт	16	8,56	11	6,88
Гігрофіти	24	12,83	18	11,25
Гідрогігрофіт	1	0,53	0	0
Гідрофіт	6	3,21	6	3,75
<b>Разом</b>	<b>187</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

Таблиця 4. Трофічні морфи флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів

Трофоморфи	Яворівський кар'єр		Подороженський кар'єр	
	од.	%	од.	%
Оліготроф	14	7,49	3	1,88
Мезооліготроф	12	6,42	2	1,25
Олігомезотроф	23	12,30	20	12,50
Мезотроф	62	33,16	59	36,88
Евмезотроф	20	10,70	25	15,63
Мезоевтроф	7	3,74	5	3,13
Евтроф	47	25,13	43	26,88
Мегаевтроф	2	1,07	1	0,63
Мегатроф	0	0	2	1,25
<b>Разом</b>	<b>187</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

ред них: *Betula pendula* Roth., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Campanula patula* L., *Carex hirta* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Cruciata glabra* (L.) Ehrend., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca rubra* L. s.l., *Fragaria vesca* L., *Galium boreale* L., *Hieracium umbellatum* L., *Hypericum perforatum* L., *Leontodon hispidus* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Lotus corniculatus* L., *Ononis arvensis* L., *Picris hieracioides* L., *Pilosella praealta* (Vill. ex Gochn). F. Schultz et Sch., *Poa pratensis* L., *Populus tremula* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Quercus robur* L., *Rumex crispus* L., *Solidago virgaurea* L., *Symphotrichum novi-belgii* (L.)

*Nesom*, *Taraxacum officinale* Aggr., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Veronica chamaedrys* L.

Структуру флороценокомплексів спонтанної флори на ембріоземах сірчаних кар'єрів представлено 14 групами (табл. 5), серед яких найбільшу частку займають лісо-чагарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9% і 22,46%, для Подороженського — 45,63% і 20,63%. Незначна частка бур'янів є показником певної стабілізації демутаційних процесів.

**Біоморфологічна структура.** В основу аналізу біоморфологічної структури по-



Таблиця 5. Флороценокомплекси девастрованих земель сірчаних кар'єрів

Флороценотип	Яворівський кар'єр		Подорожненський кар'єр	
	од.	%	од.	%
Лісо-чагарниковий	69	36,90	73	45,63
Лучно-степовий	42	22,46	33	20,63
Лучно-болотний	19	10,16	17	10,63
Гігрофільний	18	9,63	11	6,88
Агрорудеральний	16	8,56	11	6,88
Лісо-лучний	7	3,74	2	1,25
Гідрофільний	4	2,14	6	3,75
Лучний	4	2,14	3	1,88
Чагарниковий	2	1,07	1	0,63
Лучно-чагарниковий	2	1,07	2	1,25
Псаммофільний	1	0,53	0	0,00
Сегетальний	1	0,53	1	0,63
Лісо-болотний	1	0,53	0	0,00
Лучно-лісовий	1	0,53	0	0,00
<b>Разом</b>	<b>187</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

кладено систему життєвих форм І. Серебрякова [22]. У досліджуваних ценофлорах переважають трав'яні рослини — 158 видів, або 84,49% на землях Яворівського кар'єру та 140 видів, або 87,5% на землях Подорожненського кар'єру (табл. 6). До того ж, багаторічники займають відповідно 53,48 та 55%.

Група деревних рослин є незначною і налічує 29 таксонів, або 15,51% та 20 так-

сонів, або 12,5% для Яворівського і Подорожненського кар'єру відповідно. Співвідношення трав'янистих полікарпиків до трав'яних монокарпиків становить 1:3,4 на землях Яворівського кар'єру і 1:2,8 на землях Подорожненського кар'єру. Співвідношення деревних рослин до трав'яних становить відповідно 1:5,5 і 1:7,0. Отже, для флори ембріоземів досліджуваних сірчаних кар'єрів характерним є панування

Таблиця 6. Біоморфологічна структура флори девастрованих земель сірчаних кар'єрів за І. Серебряковим

Тип рослин	Яворівський кар'єр		Подорожненський кар'єр	
	од.	%	од.	%
Багаторічник	100	53,48	88	55,00
Трав'янистий полікарпик	31	16,58	31	19,38
Багато- або дворічний монокарпик	9	4,81	11	6,88
Однорічник, дворічник	5	2,67	5	3,13
Однорічник	11	5,88	1	0,63
Ліана	2	1,07	4	2,50
Кущ	10	5,35	1	0,63
Дерево	17	9,09	8	5,00
Кущ, дерево	2	1,07	2	1,25
<b>Разом</b>	<b>187</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>100</b>

Таблиця 7. Структура флори девастованих земель сірчаних кар'єрів за способом дисемінації

Спосіб дисемінації	Яворівський кар'єр		Подорожненський кар'єр	
	од.	%	од.	%
Анемохорія	83	34,87	70	35,35
Ендозоохорія	33	13,87	31	15,66
Барохорія	32	13,45	23	11,62
Гідрохорія	23	9,66	21	10,61
Балістохорія	20	8,40	13	6,57
Зоохорія	15	6,30	12	6,06
Автомеханохорія	11	4,62	8	4,04
Епізоохорія	7	2,94	8	4,04
Мірмекохорія	4	1,68	6	3,03
Антропохорія	4	1,68	3	1,52
Агестохорія	3	1,26	2	1,01
Ергазіохорія	3	1,26	1	0,51
<b>Разом</b>	<b>238</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	<b>35,35</b>

трав'яної рослинності з незначною часткою деревних рослин.

За способом дисемінації спонтанна флора на ембріоземах сірчаних кар'єрів у більшості представлена аллохорами — відповідно до кар'єрів від 74,74% до 72,62% (табл. 7). Тобто у ценофлорі ембріоземів переважають рослини плоди, насіння та насінневі зачатки, які переносяться за дії різноманітних додаткових сил. Рослини, в яких насінневі зачатки поширюються за допомогою специфічних пристосувань без впливу зовнішніх агентів, становлять решту.

Для відкритих безлісних рослинних угруповань, якими є територія ембріоземів сірчаних кар'єрів, найефективнішою є анемохорія, і тому види з анемохорним пристосуванням тут повинні домінувати. Результати дослідження свідчать, що панівна роль вітру в розсіюванні зачатків та переважання анемохорії не одне і те саме. Зокрема, у значній групі рослин вітер сприяє обсіменінню, але не бере участі у поширенні зачатків. Нами встановлено частку видів з анемохорією лише 34,87% і 35,35%. Тому тут слід зважати на роль тварин у поширенні зачатків рослин. Так, зокрема не мало виділено рослин з епізоохорією (з чіпкими

плодами) та ендозоохорією (з соковитими плодами). Антропогенний чинник щодо перенесення зачатків на ембріоземах сірчаних кар'єрів є незначним. Діаспори відповідно лише чотирьох та трьох видів поширюються антропохорно.

На ембріоземах Яворівського сірчаного кар'єру визначено одну рослину, яка належить до Червоної книги України — любка дволиста (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.). У спонтанній флорі ділянок Подорожненського сірчаного кар'єру визначено чотири види рослин, які занесені до Червоної книги України — пальчатокорінник плямистий (*Dactylorhiza maculata* (L.) Soó), коручка морозниковидна або широколиста (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz), коручка болотна (*Epipactis palustris* (L.) Crantz) та любка дволиста (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.).

## ВИСНОВКИ

На девастованих землях колишніх кар'єрів, після майже 30-річного періоду припинення видобутку сірки, сформувалась доволі різноманітна видова структура рослинних угруповань. На території Яворівського сірчаного кар'єру визначено 187 видів вищих рослин, які належать до

125 родів 49 родин, на території Подороженського сірчаного кар'єру виявлено 160 видів вищих рослин, які належать до 116 родів 40 родин. Провідними родинами на території досліджуваних сірчаних кар'єрів є *Asteraceae* (28 види, 24 родів), що є типовим для голарктичних флор. Також домінуючими є представники родин *Poaceae* Barnhart і *Fabaceae* Lindl.

В екологічній структурі флори Яворівського і Подороженського сірчаних кар'єрів за відношенням рослин до вологості домінують мезофіти, до живлення — мезотрофи, до освітлення — геліофіти. Структура флороценокомплексів спонтанної флори на девастованих землях сірчаних кар'єрів представлена 14 групами, серед яких найбільшу частку займають лісо-ча-

гарниковий і лучно-степовий типи: відповідно для Яворівського сірчаного кар'єру 36,9% і 22,46%, для Подороженського — 45,63% і 20,63%.

За класифікацією І. Серебрякова у досліджуваних ценофлорах сірчаних кар'єрів переважають трав'яні рослини, у т.ч. багаторічники становлять 53–55%. За способом дисемінації спонтанна флора на девастованих землях сірчаних кар'єрів переважно представлена аллохорами: відповідно до кар'єрів від 74,74% до 72,62%.

На девастованих землях сірчаних кар'єрів визначено види рослин, які занесені до Червоної книги України: *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

## ЛІТЕРАТУРА

- Ali S., Giurco D., Arndt N. et al. Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*. 2017. Vol. 543. P. 367–372.
- Zibret G., Gosar M., Miler M. and Alijagic J. Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation. *Land Degrad Dev*. 2018. Vol. 29. P. 4457–4470.
- Luckeneder S., Giljuma S., Schaffartzik A. et al. Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*. 2021. Vol. 69. P. 1–14.
- Sonter L., Ali S.H. and Watson J.E.M. Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences Vols*. 2018. Vol. 285. P. 285.
- Рудько Г.І. Роль гірничодобувної промисловості в економіці світу та України. *Мінеральні ресурси України*. 2019. № 4. С. 23–29.
- Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Постмайнінг гірничодобувних районів України як новий напрям екологічно безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*. 2020. № 3. С. 37–44.
- Рудько Г.І. Ресурси геологічного середовища та екологічна безпека техноприродних геосистем: моногр. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2006. 464 с.
- Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель. Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1989. 160 с.
- Левик В.І. До історії вивчення посттехногенного періоду розвитку відвалів Передкарпатського сірчаносного басейну. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: тематичний щорічник*, Ін-т екології Карпат. 2006. Вип. 7. С. 171–175.
- Башуцька У.Б., Шиллінг Астрід. Планування та здійснення лісової рекультиваци порушених земель Лужицького буровугільного басейну (Східна Німеччина). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Т. 32. № 3. С. 26–31.
- Копій М.Л., Гончар В.М., Копій С.Л. та ін. Фіто-меліоративна роль рослинного покриву у відтворенні девастованих земель в межах сірчаних розробок Західного Лісостепу: моногр. Рівне: НУВГП, 2019. 230 с.
- Yin X., Martineau C. and Fenton N.J. How big is the footprint? Quantifying offsite effects of mines on boreal plant communities. *Global Ecology and Conservation*. 2023. Vol. 41. P. 02372.
- Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A. et al. Mining in the Arctic environment — A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 233. P. 832–844.
- Murguía D.I., Bringezu S., Schaldach R. Global direct pressures on biodiversity by large-scale metal mining: spatial distribution and implications for conservation. *Journal of Environmental Management*. 2016. Vol. 180. P. 409–420.
- Мудрак О.В., Дем'янюк О.С., Магдійчук А.П. Гірничо-промислові ландшафти Правобережного Лісостепу як потенційні структурні елементи регіональної екомережі. *Екологічні науки*. 2022. № 4 (43). С. 149–153.
- Мудрак О.В., Магдійчук А.П. Екологічні особливості флористичної структури девастованих земель Правобережного Лісостепу України. *Агро-екологічний журнал*. 2022. № 1. С. 32–37.
- Савосько В.М., Лихолат Ю.В., Белик Ю.В., Григорюк І.П. Апофітні та адвентивні деревні види на девастованих землях гранітних кар'єрів Криворіжжя. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 1–2. С. 14–25.
- Савицька С.В., Редько Г.М., Хом'як І.В. Характеристика еколого-ценотичного профілю через Ко-

ростишівський гранітний кар'єр. *Біологічні дослідження. Збірник наукових праць*. 2020. С. 431–433.

19. Назаровещ У.Р., Оліферчук В.П., Копій Л.І., Копій М.Л. Сукцесії фітоценозів у межах Подорожненського сірчаного кар'єра. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 121–127.
20. Копій М.Л. Вплив сукцесійних процесів на відтворення порушених земель в межах Яворівського сірчаного кар'єру Львівської області. *Науковий*

*вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28 (№ 8). С. 45–50.

21. International plant name index (IPNI). URL: <https://www.ipni.org>
22. Дідух Я.П., Бурда Р.І., Єрмоленко В.М. та ін. Екофлора України / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 284 с.
23. Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської і Запорізької областей. Вид. 2. Дніпропетровськ: Ліра, 2012. 296 с.

## REFERENCES

1. Ali, S., Giurco, D., Arndt, N. et al. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*, 543, 367–372 [in English].
2. Zibret, G., Gosar, M., Miler, M. & Aljagic, J. (2018). Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation. *Land Degrad Dev*, 29, 4457–4470 [in English].
3. Luckeneder, S., Giljuma, S., Schaffartzik, A. et al. (2021). Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*, 69, 1–14 [in English].
4. Sonter, L., Ali, S.H. & Watson, J.E.M. (2018). Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences Vols*, 285, 285 [in English].
5. Rudko, G.I. (2019). Rol hirnychodobuvnoi promyslovosti v ekonomitsi svitu ta Ukrainy [The role of the mining industry in the economy of the world and Ukraine]. *Mineralni resursy Ukrainy — Mineral resources of Ukraine*, 4, 23–29 [in Ukrainian].
6. Rudko, G.I. & Yakovlev, E.O. (2020). Postmaininh hirnychodobuvnykh raioniv Ukrainy yak novyi napriam ekolohichno bezpechnoho vykorystannia mineralno-syrovynnykh resursiv [Post-mining of mining regions of Ukraine as a new direction of ecologically safe use of mineral resources]. *Mineralni resursy Ukrainy — Mineral resources of Ukraine*, 3, 37–44 [in Ukrainian].
7. Rudko, G.I. (2006). *Resursy heolohichnoho seredovysshcha ta ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heo-system [Geological resources and ecological safety of technonatural geosystems]*. Kyiv: ZAT Nichlava [in Ukrainian].
8. Panas, R.N. (1989). *Agroekologicheskie osnovy rekultivatsii zemel [Agroecological bases of land reclamation]*. Lvov: Izd-vo pri Lvov. un-te [in Russian].
9. Levyk, V.I. (2006). Do istorii vyvchennia posttekhnohennoho periodu rozvytku vidvaliv Peredkarpatskoho sirkonosnoho basynu [To the history of the study of the post-technogenic period of the development of the dumps of the Precarpathian sulfur-bearing basin]. *Naukovi osnovy zberezhennta biotychnoi riznomanitnosti: tematychnyi shchorichnyk — Scientific basis of conservation of biotic diversity: thematic yearbook*, 7, 171–175 [in Ukrainian].
10. Bashutska, U.B. & Schilling, Astrid. (2022). Planuvannia ta zdiisnennia lisovoi rekultyvatsii porushenykh zemel Luzhetskoho burouhnilnoho basynu (Skhidna Nimechchyna) [Planning and implementation of forest reclamation of disturbed lands of the Lusatian lignite basin (East Germany)]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 32 (3), 26–31 [in Ukrainian].
11. Kopp, M.L., Honchar, V.M., Kopp, S.L. et al. (2019). *Fitomelioryatynna rol roslynnoho pokryvu u vidtvorenni devastovanykh zemel v mezhakh sirchanykh rozrobok Zakhidnoho Lisostepu: monohrafiia [Phytomelioryative role of plant cover in the reproduction of devastated lands within the limits of sulfur development of the Western Forest Steppe: monograph]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
12. Yin, X., Martineau, C. & Fenton, N.J. (2023). How big is the footprint? Quantifying offsite effects of mines on boreal plant communities. *Global Ecology and Conservation*, 41, 02372 [in English].
13. Tolvanen, A., Eilu, P., Juutinen, A. et al. (2019). Mining in the Arctic environment — A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives. *Journal of Environmental Management*, 233, 832–844 [in English].
14. Murguia, D.I., Bringezu, S. & Schaldach, R. (2016). Global direct pressures on biodiversity by large-scale metal mining: spatial distribution and implications for conservation. *Journal of Environmental Management*, 180, 409–420 [in English].
15. Mudrak, O., Demyanyuk, O. & Mahdiichuk, A. (2022). Hirnycho-promyslovi landshafty Pravoberezhnoho Lisostepu yak potentsiini strukturni elementy rehionalnoi ekomezhi [Mining and industrial landscapes of the right-bank forest-steppe as potential structural elements of the regional eco-network]. *Ekolohichni nauky — Environmental sciences*, 4 (43), 149–153 [in Ukrainian].
16. Mudrak, O.V. & Magdiychuk, A.P. (2022). Ekolohichni osoblyvosti florystychnoi struktury devastovanykh zemel Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Ecological features of the floristic structure of the devastated lands of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 32–37 [in Ukrainian].
17. Savosko, V.M., Lykholat, Yu.V., Bielyk, Yu.V. & Grygoryuk, I.P. (2019). Apofitni ta adventyjni derevni vydy na devastovanykh zemliakh hranitnykh kar'ieriv Kryvorizhzhia [Apophyte and adventive woody species in granite quarry devastated land at Kryvyi Rih district]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia — Biological Resources and Nature Management*, 11 (1–2), 14–25 [in Ukrainian].

18. Savytska, S.V., Redko, H.M. & Khomiak, I.V. (2020). Kharakterystyka ekoloho-tsenotychnoho profilu cherez Korostyshivskiy hranitnyi kar'ier [Characteristics of ecological-coenotic profile through Korostyshiv granite quarry]. *Biologichni doslidzhennia — Biological research*, 431–433 [in Ukrainian].
19. Nazarovets, U.R., Oliferchuk, V.P., Kopyi, L.I. & Kopyi, M.L. (2017). Suktsesii fitotsenoziv u mezhakh Podorozhnenskoho sirchanoho kar'iera [Successions of phytocenoses within the Podorozhnensky Sulfur Quarry]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 121–127 [in Ukrainian].
20. Kopyi, M.L. (2018). Vplyv suktsesiinykh protsesiv na vidtvorennia porushenykh zemel v mezhakh Yavorivskoho sirchanoho kar'ieru Lvivskoi oblasti [The influence of successional processes of reproduction of disturbed lands within Yavoriv sulphur quarry of Lviv region]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (8), 45–50 [in Ukrainian].
21. International plant name index (IPNI). (n.d.). URL: <https://www.ipni.org> [in English].
22. Didukh, Ya.P. (Ed.), Burda, R.I., Yermolenko, V.M. et al. (2000). *Ekoflora Ukrainy [Ecoflora of Ukraine]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
23. Tarasov, V.V. (2012). *Flora Dnipropetrovskoi i Zaporizkoi oblasti [Flora of Dnepropetrovsk and Zaporozhye regions]*. Dnipropetrovsk: Lira [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.01.2023

---

## ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДІЇ ОТРУТИ ГАДЮК НА ГОМЕОСТАЗ ССАВЦІВ

О.В. Мудрак<sup>1</sup>, О.Є. Маєвський<sup>2</sup>, А.І. Парфенюк<sup>3</sup>, Є.Д. Ткач<sup>3</sup>, О.В. Тертична<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)  
e-mail: maevskyaalex8@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9128-1033

<sup>3</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: vereskipar@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

У статті розглянуто еколого-біологічне значення дії отруту тварин як еволюційного пристосування, що максимізує адаптацію понад 250 000 видів до умов середовища їх існування. З'ясовано, що отрути тварин мають значний вплив на утворення і перебіг різних форм зв'язків у екосистемах, виконують декілька екологічних функцій та є важливими біотичними чинниками середовища. Встановлено, що найкраще вивченими отруйними тваринами є змії, де з понад 3800 різних видів дуже отруйними є лише незначна кількість. Родина Гадюкові (*Viperidae*) нараховує 101 вид отруйних змій. В Європі *Vipera ammodytes*, *Vipera aspis*, *Vipera berus*, *Vipera latastei*, *Vipera seoanei* та *Vipera ursinii* є найнебезпечнішими видами, їх укуси викликають важкі отруєння. В Україні рід *Vipera* представлений гадюкою степовою (*Vipera renardi* (Cristoph, 1861)) та двома підвидами гадюки звичайної (*Vipera berus* (Linnaeus, 1758)) – *Vipera berus berus* і гадюкою Никольського (*Vipera berus nikolskii*, Vedmederja Grubant et Rudaeva, 1986). Наведено чинники, які впливають на різноманітність складу зміїної отрути. Зазначено, що отрути змій є складними сумішами білків, пептидів і низькомолекулярних речовин, серед яких виділяють ферменти і не ферментативні складники. Біологічні властивості зміїної отрути істотно залежать від властивостей її компонентів, які мають широкий спектр впливу на загальний стан гомеостазу живого організму. Здійснено узагальнення наукових даних щодо дослідження хімічного складу отрути *Vipera renardi*, *Vipera berus nikolskii* та *Vipera berus berus* і наслідків впливу цих отрут на функціонування організму ссавців. З'ясовано, що отрута *Vipera berus nikolskii* є найбільш, а *Vipera renardi* – найменш токсичною для ссавців (мишей). Оцінено вплив отрути *Vipera berus nikolskii* і *Vipera berus berus* на протеолітичний баланс окремих органів щурів. Наголошено, що токсини отрути гадюк мають великий, ще не повністю розкритий потенціал у багатьох наукових сферах, тому заслуговують подальшого практичного дослідження.

**Ключові слова:** біотичні взаємозв'язки, токсини, *Vipera berus berus*, *Vipera berus nikolskii*, *Vipera renardi*, хімічний склад, ссавці, гомеостаз, протеолітичний баланс.

### ВСТУП

Отрути та системи організму, що їх продукують, являють собою ключові інновації, які незалежно еволюціонували в широкому філогенетичному діапазоні ліній тварин у всіх основних типах тваринного світу. Еволюційний успіх отрути підкреслюється тим фактом, що отруйні тварини з'явилися в кожній екосистемі нашої планети, де

організми змагаються за ресурси. Понад 250 000 видів тварини наразі використовують отруту для знерухомлення, захоплення і перетравлення здобичі (хижацтва), стримування конкурентів та в якості ефективної стратегії захисту. Отрута викликає болісні відчуття, чим допомагає стримувати хижаків, і є багато прикладів мімікрії Бейтса, за допомогою якої неотруйний вид захищає себе від хижаків, імітуючи справжній попереджувальний апосематичний

сигнал отруйного виду. Склад отрути лише незначної частки цих тварин уже частково досліджено науковцями [1–3].

Тваринні отрути являють собою складні суміші фармакологічно активних компонентів, у т. ч. білків, пептидів і ферментів із високою біологічною активністю, а також деякі небілкові сполуки, такі як вуглеводи, ліпіди, іони металів та інші, поки що недосліджені речовини. Більшість цих сполук (переважно пептиди і білки) є токсинами — речовинами, які чинять специфічну патофізіологічну дію на живий організм, тим самим знижуючи його життєздатність. Оскільки виробництво отрути потребує значних метаболічних витрат, в ході еволюції перевагу отримали лише найсильніші токсини [2; 3].

Також токсини набули здатності до вибіркового зв'язування з різними біологічними мішенями в організмах жертви і високої спорідненості до них. Пептидні токсини отрути тварин переважно діють на іонні канали, мембранні рецептори і компоненти системи гемостазу, вражаючи життєво важливі системи здобичі (нервову, кістково-м'язову, серцево-судинну), що може зумовити до важких наслідків або смерті [2–4].

Завдяки своєму хімічному складу тваринні отрути традиційно викликали інтерес переважно у біохіміків і фармакологів. Однак останнім часом усвідомлюється еволюційна і екологічна важливість отрути, оскільки ця ознака має прямий і сильний вплив на біотичну взаємодію між видами в екосистемі. Крім того, на склад отрути впливають чинники навколишнього середовища [5].

Отрута — це функціональна властивість, яка використовується одним організмом для підкорення або стримування іншого. Без цього зв'язку між отруйною твариною і отруєним організмом немає сенсу говорити про «отруту» — організм може виробляти безліч потенційно токсичних сполук, але якщо вони не призначені для підкорення або стримування інших організмів, вони не є отрутою. Отже, отрута є внутрішньою екологічною рисою антагоністичних від-

носин, які виникають між організмами в результаті природного відбору [1; 6].

Серед отруйних тварин найвивченішими є змії. Сотні білків зміїної отрути було виділено і досліджено впродовж кількох десятиліть, що поліпшило розуміння механізмів токсичної дії їх отрути. Однак, зрозуміло, що незважаючи на десятиліття досліджень, ще багато чого потрібно дізнатися про різноманітні функції отрути та патофізіологічну дію її компонентів [7–9].

Тому **метою роботи** є аналіз та узагальнення літературних наукових даних щодо встановлення екологічних функцій отрути різних отруйних тварин, і гадюк зокрема, та з'ясування взаємозв'язку між хімічним складом отрути гадюк, поширених на території України, та механізмами їх впливу на функціонування (гомеостаз) організму ссавців.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останнім часом найбільше уваги науковців зосереджено на дослідженні складу і механізмів дії отрути змії, які мають важливе медичне значення (здатні завдати шкоди людині шляхом отруєння). Їх виділяють три родини: Земляні гадюки (*Atractaspidae*, 69 видів), Аспідові (*Elapidae*, 360 видів) і Гадюкові (*Viperidae*, 374 види). Остання родина, своєю чергою, поділяється на три підродини: Гадюки Феа (*Azemiopinae*, 2 види), Гадюкові (*Viperinae*, 101 вид) і Ямкоголові (*Crotalinae*, 271 вид) [10–12].

Єдині отруйні змії в Європі, і в Україні зокрема, належать до родини Гадюкових (*Viperidae*). В Європі присутні чотирнадцять видів підродини Гадюкові (*Viperinae*), одинадцять з яких належать до роду *Vipera*. *Vipera ammodytes*, *Vipera aspis*, *Vipera berus*, *Vipera latastei*, *Vipera seoanei* та *Vipera ursinii* є найнебезпечнішими видами, їх укуси викликають важкі отруєння. В Україні цей рід представлений гадюкою степовою (*Vipera renardi* (Cristoph, 1861)) та двома підвидами гадюки звичайної (*Vipera berus* (Linnaeus, 1758)) — *Vipera berus berus* і га-

дюкою Нікольського (*Vipera berus nikolskii*, Vedmederja Grubant et Rudaeva, 1986) [7; 13].

Зміїні отрути являють собою складні суміші біологічно активних сполук, що переважно містять білки і пептиди (становлять близько 90–95% сухої маси отрути), які виділяються спеціалізованими отруйними залозами та направляються в ікла через сполучні протоки. Потрапляючи у кров під час укусу, отрута миттєво поширюється по тілу жертви з кровотоком, а її токсини здатні вибірково розпізнавати різні біологічні мішені та порушувати фізіологічні процеси в організмі [2; 14; 15].

Патологічні наслідки укусів змій різноманітні і можуть включати: нервово-м'язовий параліч (нейротоксична дія), крововилив і коагулопатію (гемотоксична дія) та місцевий набряк, утворення пухирів і некроз тканин навколо місця укусу (цитотоксична дія), впливаючи на серцево-судинну, нервово-м'язову та гемостатичні системи живого організму [12; 14; 16]. Ці клінічні прояви є прямим наслідком значного різноманіття компонентів токсинів, які містяться в отруті. Токсини зміїних отрут належать до декількох родин білків, кожна з яких експресує кілька ізоформ, що присутні в отрутах в різних співвідношеннях. Концентрація кожної ізоформи в отруті дуже мінлива і модулює функцію отрути та зумовлює відмінності в її токсичності для широкого кола здобичі [17].

Щодо пояснення походження та диверсифікації токсинів і еволюції мінливості отрути змій загалом, вчені розглядають численні механізми: дуплікацію генів, втрату домену, еволюційну зміну рівнів експресії, альтернативний і транс-сплайсинги, а також швидку еволюцію в умовах позитивного природного відбору [12]. Зміїні отрути зазвичай містять від десятків до сотень біологічно активних речовин, які здатні порушувати гомеостаз живих організмів і характеризуються високою цільовою специфічністю, ефективністю, термостабільністю та стійкістю до протеолізу [15; 16; 18]. Різноманітність складу зміїної отрути може варіювати в широкому діапазоні на

різних таксономічних рівнях, особливо у повсюдно поширених видах, що зумовлено впливом низки чинників: географічним поширенням, екологічними умовами, віком, статтю, біологією харчування, тривалим перебуванням у неволі, та по'язаним із цим стресом [11; 14; 16; 17].

Наприклад, з отрути змій родини Аспідові (*Elapidae*) і Гадюкові (*Viperidae*) були виділені певні токсини, які є головними компонентами отрути однієї родини, але не іншої. Як наслідок, отрута змій родини Гадюкові (*Viperidae*) чинить гемотоксичну дію, тоді як отрута родини Аспідові (*Elapidae*) відома своїми нейротоксичними властивостями [10; 12; 15]. Раціон змій часто змінюється залежно від сезону і віку. У багатьох випадках молоді змії споживають іншу здобич, ніж дорослі особини того самого виду (молодняк часто споживає безхребетних, тоді як дорослі особини більшості видів надають перевагу хребетним тваринам), а також можуть демонструвати різні стратегії пошуку їжі та поведіння зі здобиччю, різноманітність і доступність якої визначається екологічними умовами середовища існування [12; 16; 19]. Недавні дослідження показали, що вміст ферментів металопротеїназ у певних отрутах може бути пов'язаний з особливостями клімату, який, своєю чергою, впливає на стратегії пошуку їжі зміями. Змії, які живуть у середовищі з більш м'якою зимою і меншою сезонною зміною температури, продукують гемотоксичну отруту, яка містить значну кількість металопротеїназ. Впливаючи таким чином на біологію харчування змій, із врахуванням адаптивних властивостей і швидких темпів еволюції зміїної отрути, перелічені чинники визначають відмінності в її складі, ареал поширення [16; 20].

Останнім часом прогрес у біоаналітиці, транскриптомних і протеомних методах дослідження сприяв поглибленому вивченню молекулярного складу зміїних отрут. Встановлено, що в цих складних сумішах білків, пептидів і низькомолекулярних речовин наявні як ферменти, так і неферментативні компоненти. Найпоширенішими ферментативними токсинами зміїної



отрути є: фосфоліпаза А2, металопротеїнази, серинова протеаза, гіалуронідаза, ацетилхолінестераза, нуклеази (РНКаза, ДНКаза і фосфодіестераза) та оксидаза L-амінокислот. Неферментативні компоненти включають дезінтегрини, токсини трьох пальців, інгібітори протеаз (інгібітор Кунітца), багаті цистеїном секреторні білки, лектини С-типу [2; 10; 11; 14; 15].

Металопротеїнази і серинові протеази сильно впливають на систему гомеостазу. Металопротеїнази здатні викликати геморагії, протеоліз фібриногену та фібрину, а також індукувати апоптоз і пригнічення агрегації тромбоцитів [18; 20]. Оксидаза L-амінокислот і лектини С-типу переважно порушують процеси згортання крові. Фосфоліпаза А2 може викликати різні патологічні ефекти, включаючи мікотоксичність, нейротоксичність і гемотоксичність. Токсини трьох пальців загалом проявляють цитотоксичний і нейротоксичний ефекти, останній обумовлений взаємодією з ацетилхоліновими рецепторами, викликаючи м'язовий параліч і дихальну недостатність. Інгібітори протеаз (інгібітор Кунітца) також виявляють нейротоксичну дію, хоча деякі є антикоагулянтами. Багаті цистеїном секреторні білки блокують скорочення гладенької мускулатури [15].

Отже, біологічні властивості зміїної отрути тісно пов'язані з властивостями її компонентів, які можуть взаємодіяти з широким колом білків ссавців, проявляючи свою нейротоксичну, міотоксичну, цитотоксичну, гемотоксичну дію та антимікробну активність, впливаючи у такий спосіб на загальний стан гомеостазу організму [2; 12].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосовано метод аналізу літературних джерел щодо з'ясування екологічної ролі отрут різних отруйних тварин, і гадюк зокрема, та їх впливу на характер біотичних взаємозв'язків між організмами у екосистемах. Розглянуто наукові дані стосовно хімічного складу отрут і чинників, що впливають на їх токсичність. Узагальнено

результати досліджень вітчизняних та іноземних науковців стосовно механізмів впливу отрути гадюк, поширених на території України, зокрема на організм ссавців.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У природі існує постійна конкуренція за ресурси між різними живими організмами і завжди виживає найприспособаніший. Адаптація отруйних тварин до екосистем потребує еволюційних змін як анатомо-морфологічних, так і молекулярних, які максимізують пристосованість організму до середовища їх існування [1; 2]. Отже, отруйні тварини можуть містити у складі отрути різні компоненти, які еволюціонували, щоб виконувати різноманітні екологічні функції. У той час, як більшість отруйних організмів використовують свою отруту переважно для полегшення захоплення здобичі і годування, токсини отрути можуть використовуватися для вирішення значно ширшого кола завдань. Наприклад, болісні токсини — для захисту, паралізуючі — для хижацтва, нейротоксини здатні впливати на поведінку, стимулюючи токсини використовуються під час копуляції, а певні отрути мають ще й антимікробні властивості [8].

Відомо, що деякі отруйні тварини здатні дозувати кількість отрути залежно від ситуації, що вимагає її застосування. Встановлено зв'язок між функцією та еволюцією токсинів: так отрути, що використовуються для хижацтва, розвивалися, щоб стати більш складнішими, ніж захисні отрути. Отрути, що використовуються для захисту часто викликають сильний локальний біль, наприклад, бджолина отрута викликає больові відчуття майже виключно за допомогою мелітину (на який припадає близько 80% її складу) і, навпаки, види, які використовують свою отруту для хижацтва, демонструють широкий діапазон токсичності, а їх отрути можуть нараховувати від сотень до тисяч унікальних компонентів [8].

З іншого боку, останнім часом підвищився інтерес до еволюційного розвитку

резистентності до отрути як у здобичі, так і у хижих отруйних організмів. Тому наразі дуже часто досліджуються численні молекулярні інновації, які забезпечують цей опір. Отже, отрути тварин є важливими екологічними чинниками, які мають значний вплив на утворення і перебіг біотичних зв'язків у екосистемах та виконують одну або відразу декілька екологічних функцій [6; 8].

Отрута є однією з головних ознак, що асоціюється із зміями, однак лише невелика кількість із понад 3800 різних видів є дуже отруйними. Приблизно 10% усіх змій належать до родини Гадюкові (*Viperidae*). Кожна із 101 виду гадюк є отруйними. Отрута гадюк являє собою складну суміш різноманітних білків, пептидів і низькомолекулярних компонентів, серед яких є частка ферментів, а також неферментативні молекули, основними функціями яких є знерухомлення жертви, її умертвіння, і у випадку гадюк, початок процесу травлення. Ці властивості отрути використовуються і для захисту від хижаків, коли гадюка сама може бути здобиччю. Люди також стають частиною цієї біотичної взаємодії, у випадку укусу і отруєння, оскільки внаслідок широкого ареалу поширення гадюк, збільшується кількість їх зустрічей з людьми, особливо в теплих регіонах [11; 21].

Щороку фіксують близько 5,4 млн випадків укусів змій. Не всі укуси отруйних змій викликають отруєння, майже у 50% випадків відбувається так званий «сухий укус», коли отрута не вводиться. У випадку отруєння, клінічні ефекти залежать від кількох чинників: складу токсинів в отруті, об'єму введеної отрути, виду змії, індивідуальних особливостей потерпілого (вік, маса тіла, чутливість до отрути, вражена частина тіла і час, що минув після укусу) [11]. Смертельні випадки внаслідок укусу гадюк трапляються рідко. Згідно з даними Центру громадського здоров'я МОЗ України, на території нашої держави за останні п'ять років (2018–2022 рр.) зареєстровано один смертельний випадок від ураження зміїною отрутою [9; 13; 22].

*Vipera berus berus* є найпоширенішою серед гадюк Європи, тому компонентний склад її отрути добре вивчений, а також досліджуються механізми впливу її отрути на перебіг фізіологічних процесів у організмі ссавців, і людини зокрема. Отрута *Vipera berus berus* містить білки і пептиди, що належать до 10–15 родин токсинів: металопротеїнази, серинові протеази, аспарагінову протеазу, фосфоліпазу A2, оксидазу L-амінокислот, гіалуронідазу, 5'-нуклеотидазу, глутамініл-пептид цикло-трансферазу, дезінтегрини, інгібітори протеаз (інгібітор Кунітца), багаті цистеїном секреторні білки, лектини C-типу, натрій-уретичні пептиди, фактор росту ендотелію судин. Отрута гадюки *Vipera berus nikolskii* відрізняється вищим вмістом фосфоліпази A2 і серинових протеаз та меншою кількістю лектинів C-типу, металопротеїназ і фактора росту ендотелію судин. Такий хімічний склад зумовлює протеолітичні, гемо- та цитотоксичні властивості отрути цих гадюк [9; 21].

За допомогою протеомного аналізу було встановлено, що найпоширенішими токсинами в отруті степової гадюки (*Vipera renardi*) є фосфоліпаза A2, яка представлена великою кількістю ізоформ, дезінтегрини і металопротеїнази. Повідомлялося, що отрута цього виду викликає геморагічний ефект у мишей, але не є міотоксичною. Геморагічна дія пов'язана із впливом металопротеїназ і може посилюватися за рахунок серинових протеаз, які хоча й наявні у меншій кількості в отруті цього виду, однак впливають на систему гемостазу і викликають коагулопатію. Встановлено, що отрута *Vipera berus nikolskii* є більш токсичною для мишей, ніж отрута *Vipera berus berus* при внутрішньоочеревному введенні, своєю чергою, отрута *Vipera berus berus* є більш токсичною для мишей, ніж отрута *Vipera renardi*. Через низьку токсичність отрути степова гадюка (*Vipera renardi*) вважається менш небезпечною для людини, ніж гадюка звичайна (*Vipera berus berus*) [7; 23].

Протеолітична дія отрут *Vipera berus berus* і *Vipera berus nikolskii* може викликати порушення метаболічних шляхів як в окре-

мих органах, так і в організмі загалом. Тому дослідження протеолітичного балансу організму, ураженого отрутою гадюки є важливим для розуміння механізмів впливу токсинів отрути на органи-мішені і патологічних змін, що виникають внаслідок їх дії. Наприклад, дослідження впливу отрут *Vipera berus berus* і *Vipera berus nikolskii* на білковий баланс надниркових залоз і яєчок щурів засвідчили зниження кількості загального білка, зміни білкового складу, ферментативний перерозподіл та підвищення рівня низькомолекулярних молекул в цих органах, що підтверджує активацію протеолізу та настання стану токсичності і є доказом початку патологічного процесу [21].

### ВИСНОВКИ

Численні варіації та відмінності в хімічному складі отрути є адаптаціями, які виникли внаслідок впливу еволюційних та екологічних чинників на всіх таксономічних рівнях отруйних тварин. Окрім хижацтва і захисту, отрута використовується для виконання значно ширшого кола екологічних функцій і є внутрішньо екологічною рисою біотичних взаємовідносин між отруйною твариною та іншими організмами в екосистемах. Виділення, дослідження і характеристика компонентів зміної отру-

ти відбувається на міждисциплінарному рівні. Вивчення молекулярного складу та біологічної активності складових токсинів тварин, і гадюк зокрема, дає можливість зрозуміти молекулярні механізми їх впливу на різні системи життєдіяльності живих організмів, зокрема ссавців. Згідно з проаналізованими інформаційними джерелами серед гадюк, які поширені на території України, компоненти, що входять до складу отрут *Vipera berus berus* і *Vipera berus nikolskii* обумовлюють їх пряму гемолітичну, протеолітичну і цитотоксичну дію, що викликає інтоксикацію враженого організму. Отрута степової гадюки (*Vipera renardi*) має геморагічні властивості, але не є мієотоксичною. Токсини отрути гадюк мають великий, ще не повністю розкритий потенціал для використання, не лише як молекулярні інструменти для дослідження фізіологічних процесів, а і для розробки нових ліків, діагностичних засобів, протиотрут, а також для глибшого розуміння впливу інгредієнтів навколишнього середовища на компонентний склад отрути та її роль у формуванні і розвитку біотичних взаємозв'язків між організмами. Усі ці сфери застосування отрути гадюк заслуговують подальшого ретельного практичного дослідження.

### ЛІТЕРАТУРА

- Calvete J.J. Snake venomics at the crossroads between ecological and clinical toxinology. *Biochem (Lond)*. 2019. Vol. 41. № 6. P. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.1042/BIO04106028>
- Mohamed A.E.-A.T., Garcia Soares A. and Stockand J.D. Snake Venoms in Drug Discovery: Valuable Therapeutic Tools for Life Saving. *Toxins (Basel)*. 2019. Vol. 11. № 10. P. 564. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11100564>
- Herzig V., Cristofori-Armstrong B., Israel M.R. et al. Animal toxins — Nature's evolutionary-refined toolkit for basic research and drug discovery. *Biochem Pharmacol*. 2020. Vol. 181. P. 114096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114096>
- 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>
- Sunagar K., Morgenstern D., Reitzel A.M. and Moran Y. Ecological venomics: how genomics, transcriptomics and proteomics can shed new light on the ecology and evolution of venom. *J. Proteomics*. 2016. Vol. 135. P. 62–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.09.015>
- Jackson T.N.W., Jouanne H. and Vidal N. Snake Venom in Context: Neglected Clades and Concepts. *Front. Ecol. Evol*. 2019. Vol. 7. P. 332. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00332>
- Di Nicola M.R., Pontara A., Kass G.E.N. et al. Vipers of Major clinical relevance in Europe: Taxonomy, venom composition, toxicology and clinical management of human bites. *Toxicology*. 2021. Vol. 15. № 453. P. 152724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152724>
- Schendel V., Rash L.D., Jenner R.A. and Undheim E.A.B. The Diversity of Venom: The Importance of Behavior and Venom System Morphology in Understanding Its Ecology and Evolution. *Toxins (Basel)*. 2019. Vol. 11. № 11. P. 666. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11110666>

9. Siigur J. and Siigur E. Biochemistry and toxicology of proteins and peptides purified from the venom of *Vipera berus berus*. *Toxicon: X*. 2022. Vol. 15. P. 100131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2022.100131>
10. Tasoulis T. and Isbister G.K. A Review and Database of Snake Venom Proteomes. *Toxins (Basel)*. 2017. Vol. 9. № 9. P. 290. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins9090290>
11. Damm M., Hempel B.-F. and Süßmuth R.D. Old World Vipers — A Review about Snake Venom Proteomics of Viperinae and Their Variations. *Toxins*. 2021. Vol. 13. P. 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13060427>
12. Casewell N.R., Jackson T.N.W., Laustsen A.H. and Sunagar K. Causes and Consequences of Snake Venom Variation. *Trends Pharmacol Sci*. 2020. Vol. 41. № 8. P. 570–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.05.006>(4)
13. Центр громадського здоров'я МОЗ України. За 2022 рік в Україні зареєстровано 268 випадків ураження зміною отрутою. URL: <https://phc.org.ua/news/za-2022-rik-v-ukraini-zareestrovano-268-vipadkiv-urazhennya-zmiinouyu-otrutoyu>
14. Kato E.E., Viala V.L. and Sampaio S.C. Snake Venom and 3D Microenvironment Cell Culture: From Production to Drug Development. *Future Pharmacol*. 2022. Vol. 2. № 2. P. 117–125. DOI: <https://doi.org/10.3390/futurepharmacol2020009>
15. Post Y., Puschhof J., Beumer J. et al. Snake Venom Gland Organoids. *Cell*. 2020. Vol. 180. P. 233–247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.11.038>
16. Avella I., Calvete J.J., Sanz L. et al. Interpopulational variation and ontogenetic shift in the venom composition of Lataste's viper (*Vipera latastei*, Boscá 1878) from northern Portugal. *J. Proteomics*. 2022. Vol. 263. P. 104613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104613>
17. Sousa L.F., Holding M.L., Del-Rei T.H.M. et al. Individual Variability in *Bothrops atrox* Snakes Collected from Different Habitats in the Brazilian Amazon: New Findings on Venom Composition and Functionality. *Toxins*. 2021. Vol. 13. P. 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13110814>
18. Latinovic Z., Leonardi A., Koh C.Y. 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>
19. Mizsei E., Boros Z., Lovas-Kiss Á. et al. A trait-based framework for understanding predator–prey relationships: Trait matching between a specialist snake and its insect prey. *Funct Ecol*. 2019. Vol. 33. P. 2354–2368. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13446>
20. Olaoba O.T., dos Santos P.K., Selistre-de-Araujo H.S. and Ferreira de Souza D.H. Snake Venom Metalloproteinases (SVMPs): A structure-function update. *Toxicon: X*. 2020. Vol. 7. P. 100052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2020.100052>
21. Palamarchuk M., Niyazmetov T., Halenova T. et al. Effect of *Vipera berus berus* and *Vipera berus nikolskii* venom on proteolytic balance in the tissue of the adrenal glands and testicles of rats. *Biomed Biotechnol Res J*. 2022. Vol. 6. № 4. P. 543–549. DOI: [https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj\\_287\\_22](https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj_287_22)
22. Центр громадського здоров'я МОЗ України. У 2021 році в Україні від укусів змій постраждали 333 людини. URL: <https://www.phc.org.ua/news/u-2021-roci-v-ukraini-vid-ukusiv-zmiy-postrazhdali-333-lyudini>
23. Kovalchuk S.I., Ziganshin R.H., Starkov V.G., Tsetlin V.I. and Utkin, Y.N. Quantitative Proteomic Analysis of Venoms from Russian Vipers of Pelias Group: Phospholipases A<sub>2</sub> are the Main Venom Components. *Toxins (Basel)*. 2016. Vol. 8. № 4. P. 105. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins8040105>

## REFERENCES

1. Calvete, J. J. (2019). Snake venomomics at the crossroads between ecological and clinical toxinology. *Biochem (Lond)*, 41 (6), 28–33. DOI: <https://doi.org/10.1042/BIO04106028> [in English].
2. Mohamed, A.E.-A.T., Garcia Soares, A. & Stockand, J.D. (2019). Snake Venoms in Drug Discovery: Valuable Therapeutic Tools for Life Saving. *Toxins (Basel)*, 11 (10), 564. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11100564> [in English].
3. Herzig, V., Cristofori-Armstrong, B., Israel, M.R. et al. (2020). Animal toxins — Nature's evolutionary-refined toolkit for basic research and drug discovery. *Biochem Pharmacol.*, 181, 114096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114096> [in English].
4. 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].
5. Sunagar, K., Morgenstern, D., Reitzel, A.M. & Moran, Y. (2016). Ecological venomomics: how genomics, transcriptomics and proteomics can shed new light on the ecology and evolution of venom. *J. Proteomics*, 135, 62–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.09.015> [in English].
6. Jackson, T.N.W., Joanne, H. & Vidal, N. (2019). Snake Venom in Context: Neglected Clades and Concepts. *Front. Ecol. Evol.*, 7, 332. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00332> [in English].
7. Di Nicola, M.R., Pontara, A., Kass, G.E.N. et al. (2021). Vipers of Major clinical relevance in Europe: Taxonomy, venom composition, toxicology and clinical management of human bites. *Toxicology*, 15 (453), 152724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152724> [in English].
8. Schendel, V., Rash, L.D., Jenner, R.A. & Undheim, E.A.B. (2019). The Diversity of Venom: The Importance of Behavior and Venom System Morphology in Understanding Its Ecology and Evolution. *Toxins (Basel)*, 11 (11), 666. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11110666> [in English].
9. Siigur, J. & Siigur, E. (2022). Biochemistry and toxicology of proteins and peptides purified from the

- venom of *Vipera berus berus*. *Toxicon*: *X*, 15, 100131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2022.100131> [in English].
10. Tasoulis, T. & Isbister, G.K. (2017). A Review and Database of Snake Venom Proteomes. *Toxins (Basel)*, 9 (9), 290. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins9090290>
  11. Damm, M., Hempel, B.-F. & Süßmuth, R.D. (2021). Old World Vipers — A Review about Snake Venom Proteomics of Viperinae and Their Variations. *Toxins*, 13, 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13060427> [in English].
  12. Casewell, N.R., Jackson, T. N.W., Laustsen, A.H. & Sunagar, K. (2020). Causes and Consequences of Snake Venom Variation. *Trends Pharmacol Sci.*, 41 (8), 570–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.05.006> (4) [in English].
  13. Tsentr hromadskoho zdorovia MOZ Ukrainy. Za 2022 rik v Ukraini zareestrovano 268 vypadkiv urazhennia zmiinoiu otrutoiu [Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. In 2022, 268 cases of snakebite envenoming were registered in Ukraine]. (2023). URL: <https://phc.org.ua/news/za-2022-rik-v-ukraini-zareestrovano-268-vipadkiv-urazhennya-zmiinoiu-otrutoyu> [in Ukrainian].
  14. Kato, E.E., Viala, V.L. & Sampaio, S.C. (2022). Snake Venom and 3D Microenvironment Cell Culture: From Production to Drug Development. *Future Pharmacol.*, 2 (2), 117–125. DOI: <https://doi.org/10.3390/futurepharmacol2020009> [in English].
  15. Post, Y., Puschhof, J., Beumer, J. et al. (2020). Snake Venom Gland Organoids. *Cell*, 180, 233–247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.11.038> [in English].
  16. Avella, I., Calvete, J.J., Sanz, L. et al. (2022). Interpopulational variation and ontogenetic shift in the venom composition of Lataste's viper (*Vipera latastei*, Boscá 1878) from northern Portugal. *J. Proteomics*, 263, 104613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104613> [in English].
  17. Sousa, L.F., Holding, M.L., Del-Rei, T.H.M. et al. (2021). Individual Variability in *Bothrops atrox* Snakes Collected from Different Habitats in the Brazilian Amazon: New Findings on Venom Composition and Functionality. *Toxins*, 13, 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13110814> [in English].
  18. Latinovic, Z., Leonardi, A., Koh, C.Y. 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].
  19. Mizsei, E., Boros, Z., Lovas-Kiss, Á. et al. (2019). A trait-based framework for understanding predator–prey relationships: Trait matching between a specialist snake and its insect prey. *Funct Ecol.*, 33, 2354 – 2368. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13446> [in English].
  20. Olaoba, O.T., dos Santos, P.K., Selistre-de-Araujo, H.S. & Ferreira de Souza, D.H. (2020). Snake Venom Metalloproteinases (SVMPs): A structure-function update. *Toxicon*: *X*, 7, 100052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2020.100052> [in English].
  21. Palamarchuk, M., Niyazmetov, T., Halenova, T. et al. (2022). Effect of *Vipera berus berus* and *Vipera berus nikolskii* venom on proteolytic balance in the tissue of the adrenal glands and testicles of rats. *Biomed Biotechnol Res J.*, 6 (4), 543–549. DOI: [https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj\\_287\\_22](https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj_287_22) [in English].
  22. Tsentr hromadskoho zdorovia MOZ Ukrainy. U 2021 rotsi v Ukraini vid ukusiv zmii postrazhdaly 333 liudyny [Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. In 2021, 333 people were injured by snake bites in Ukraine]. (2022). URL: <https://www.phc.org.ua/news/u-2021-roci-v-ukraini-vid-ukusiv-zmiy-postrazhdali-333-lyudini> [in Ukrainian].
  23. Kovalchuk, S.I., Ziganshin, R.H., Starkov, V.G., Tsetlin, V.I. & Utkin, Y.N. (2016). Quantitative Proteomic Analysis of Venoms from Russian Vipers of Pelias Group: Phospholipases A<sub>2</sub> are the Main Venom Components. *Toxins (Basel)*, 8 (4), 105. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins8040105> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.12.2022

## HISTOLOGICAL CHANGES IN THE RAT'S JEJUNUM WALL UNDER THE CONDITIONS OF ACTION OF COMMON EUROPEAN ADDER (*VIPERA BERUS BERUS*) VENOM

O. Maievskyi<sup>1</sup>, I. Slieptsova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)  
e-mail: [maevskyalex8@gmail.com](mailto:maevskyalex8@gmail.com); ORCID: 0000-0002-9128-1033

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [inna7slyeptsova@gmail.com](mailto:inna7slyeptsova@gmail.com); ORCID: 0000-0001-6838-7924

Численні компоненти отруту різноманітних видів тварин викликають в організмі реципієнтів надзвичайно широкий спектр ефектів та симптомів. При цьому ступінь вираженості патологічних змін визначається, загалом, видом тварин, об'ємом та способом введення токсину, а також характерними особливостями жертви. Зміни структурно-функціональних параметрів стінки порожньої кишки на тлі впливу отрути гадюки звичайної все ще є недостатньо вивченими. Вкрай актуальними слід вважати дослідження, які направлені на виявлення нових компонентів змінних токсинів, визначення ступеня їх впливу на уражений організм та використання отриманих даних для виробництва антидотів, і тим самим, усунення економічних втрат, пов'язаних з укусами змій. Метою дослідження є встановлення проявів пошкодження тонкої кишки за умов дії отрути гадюки звичайної (*Vipera berus berus*). Експеримент проведено на 20 нелінійних білих щурах самцях. При дослідженні щурів розподіляли на дві групи — контрольну та дослідну. Отруєння моделювали введенням щурам дослідної групи внутрішньочеревно отрути гадюки звичайної в дозі ED<sub>50</sub> 1,576 мкг/г. Гістологічні препарати досліджували під світловим мікроскопом SEO SCAN, знімки опрацьовували за допомогою Vision CCD Camera з наявною системою виведення зображення на монітор комп'ютера. Було встановлено, що за умов дії отрути гадюки звичайної токсичні речовини її отрути викликають в стінці порожньої кишки деструктивно-дегенеративні зміни в рельєфі та стромально-судинному компонентах слизової оболонки органу. Таким чином, підвищення проникності стінок судин мікроциркуляторного русла, витончення і повна руйнація стінок гемокапілярів разом із цитотоксичною дією отрути на еритроцити призводить до утворення множинних, дрібних крововиливів з гемолізом еритроцитів.

**Ключові слова:** гадюки, тонкий кишечник, токсини, структурні зміни, отрута.

### INTRODUCTION

Numerous components of venoms of various animal species cause an extremely wide range of effects and symptoms in the recipient's body. It is interesting to establish the interaction of the body with toxins and endogenous toxin-like molecules. The degree of severity of pathological changes in the body is determined, in general, by the type of animal, the volume and method of toxin administration, as well as the characteristic features of the victim [1–3]. Among numerous poisonous animals, it is vipers that have attracted the attention of scientists for several decades.

Such interest is caused by the features of the components of their poison, the properties of the biochemical components of these components, and the possible use in various fields of medicine and pharmacology [4–5]. However, there are almost no final data on the component composition, features of the effect and mechanisms of the pathological action of viper toxins on humans. The main reason for this fact is rather high cost of experimental studies related to the preparation of venom, followed by extended proteomic and transcriptomic analyses.

A comprehensive and multifactorial analysis of numerous data from experimental stu-

dies allows us to ascertain the extraordinary diversity of the molecular structure of toxins of various animal species, in particular vipers. Currently, the main pathogenetic vectors of the influence of their components on the human body and animals have been determined. First of all, this concerns the neuro- and hemovasotoxic effect of this poison [6–9]. Attention should be paid to the presence of data on damage to the respiratory, cardiovascular, digestive and urinary systems. Causing morphological changes in the cellular and tissue structures of these systems, toxins disrupt homeostasis, as well as normal physiological functions of the body. Taking into account the above, it is extremely important to consider research aimed at identifying new components of snake toxins, determining the degree of their impact on the affected organism and using the data obtained for the production of antidotes, and thereby eliminating economic losses associated with snake bites [10–15].

**The purpose of the study** is to establish the manifestations of jejunum damage under the conditions of common European adder (*Vipera berus berus*) poison action.

### ANALYSIS OF RECENT RESEARCH

Despite the large number of publications devoted to the pathogenic effect of snake venom, changes in the small intestine after a snake bite, and in particular, a common viper, have not yet been sufficiently studied. Snake venoms are very complex mixtures of biologically active components that exert their effects using various mechanisms [16]. Enzymes, in particular proteinases, are among the most abundant molecules in the venom of many snakes, and they are often responsible for some of the clinical manifestations classically observed in viper envenomation. Hemotoxins of vipers contain serine proteases and metalloproteinases [17–19]. The first disrupt the processes of fibrinolysis and blood coagulation and cause the development of thrombosis, hemorrhages. Metalloproteinases affect the blood coagulation system or interact with such components of extracellular matrix

as collagen, elastin, laminin, fibronectin and destroy them [20–21].

According to the literature, the presence of three-loop viper toxins has been established. According to their chemical structure, they are proteins [22] that do not have an enzymatic effect. They are differentiated only by the length of the polypeptide chain, location and number of disulfide bonds. Three-loop toxins include cardiotoxins, muscarinic,  $\alpha$ -neurotoxins. Their main effects are the effect on the central and peripheral nervous system, cardiotoxicity, cytotoxicity, inhibition of enzyme activity, hypotonic effect and change in platelet aggregation. The presence of so-called non-standard three-loop toxins – candoxin and bucandin – is presented. Their characteristic feature is a lower degree of toxicity compared to those mentioned above. Cytotoxins exert their effect through penetration into lysosomes, which contributes to the destabilization of the structure of these organelles, the release of proteases and the development of cell necrosis. Getting inside the nucleus, they interact with chromatin and start the process of programmed death [8; 11; 20].

### MATERIALS AND RESEARCH METHODS

The experimental study was carried out in compliance with international recommendations on conducting medical and biological research using animals [23] in accordance with the «General principles of work on animals», approved by the 1st National Congress on Bioethics (Kyiv, Ukraine, 2001) and agreed with the provisions of the «European Convention on protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes» (Strasbourg, France, 1986). Compliance with the ethical principles of work is certified by the bioethics committee of the SRC «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko National University, Kyiv (protocol No. 2 approved 19.08.2021).

Experimental rats were kept in vivarium conditions on a classical diet, with one animal per cage. Before the administration of substances to be investigated, experimental rats

underwent acclimatization in the conditions of a special room for conducting experiments for at least 5 days.

Rats were divided into 2 groups:

- 1 — control (a saline solution in a volume of 0.5 ml was administered intraperitoneally);
- 2 — rats were injected intraperitoneally with common European adder venom at an ED<sub>50</sub> dose of 1.576 µg/g.

Lyophilized *V. berus berus* crude venoms were obtained from V.N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv, Ukraine), kept at -20°C, dissolved in saline immediately before experiments, and centrifuged at 10,000 g for 15 min, and the supernatant was used.

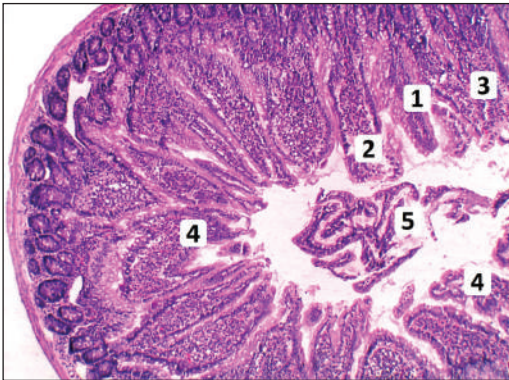
After a day, the rats were withdrawn from the experiment by the method of sodium thiopental overdose and decapitation. All animals of both groups were weighed. Subsequently, the animals were dissected and macroscopic examination and description of all internal organs was carried out. Identified pathological changes were recorded and examined morphologically. Fragments of the small intestine were taken for microscopic examination. The pieces were fixed in a 10% formalin solution,

the duration of exposure did not exceed 1–2 days. The applied fixing solution prevented the process of autolysis, stabilized cells and tissues for their further processing and use in staining procedures. Next, the fragments were dehydrated in alcohols of increasing concentration, after which they were embedded in paraffin blocks. The prepared sections, 4–5 µm thick, were stained with hematoxylin and eosin. Histological preparations were examined under a SEO SCAN light microscope, images were processed using a Vision CCD Camera with an available image display system on a computer monitor [24].

## RESULTS AND THEIR DISCUSSION

Microscopic examination of histological preparations of the wall of the jejunum of white rats after the injection of common European adder venom revealed destructive and degenerative changes in the membranes of the wall of the intestine. Compared with the group of intact animals, areas of the mucous membrane with a typical relief and areas with villi with significant destructive-degenerative disorders of the epithelial, own plates are preserved. Among the pathologically changed villi there are villi with an acute necrotic lesion of the epithelium and its complete desquamation. The villi are shortened, deformed and fused together and have the appearance of a polyp (Fig. 1).

The basement membrane of the tip of the villus is subject to the greatest destructive and degenerative changes. The epithelium in such areas loses its striated border, the nucleus of the epitheliocyte is compacted, basophilic, and the cytoplasm is strongly acidophilic. In areas of development of acute necrosis of villi, epithelial cells are rounded, lose their striated border. Their cytoplasm is richly acidophilic, and the nucleus is weakly basophilic, significantly increased in size. Within the epithelial layer of the villi there are cells where the nuclei have lost their contours and are subject to lysis. This indicates a rapid course of the processes of acute necrosis without a pyknotic stage. In the loose fibrous connective tissue in the villi near their apex, swelling is evi-



**Fig. 1.** Microscopic changes in the wall of the jejunum of white rats after the injection of common European adder venom

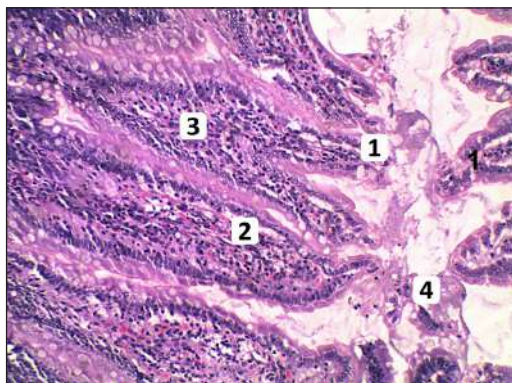
*Note:* 1 — villus with preserved normal histological structure, 2 — villus with desquamation of the epithelium, 3 — fused villi in the form of a polyp with desquamation of the epithelium, 4 — deformed villi, 5 — desquamated epithelial detritus in the intestinal lumen. Hematoxylin-eosin. ×100.



dent. The increased permeability of the hem capillary wall of the villi leads to pronounced hydration of the amorphous substance of the connective tissue of its stroma. Acidophilic bundles of collagen fibers form large cells with a small number of fibroblasts, lymphocytes, and macrophages. Fibroblastic and lymphohistiocytic infiltration of the stroma is observed in the stroma of thickened villi (Fig. 2). Changes in the intercellular substance include fibrous structures and the ground substance. Collagen, elastic and reticular fibers are compacted, forming a homogeneous acidophilic mass at the edges and weakly basophilic in the center. On the periphery of the foci of necrosis, there is significant leukocyte infiltration and a large number of macrophages-histiocytes.

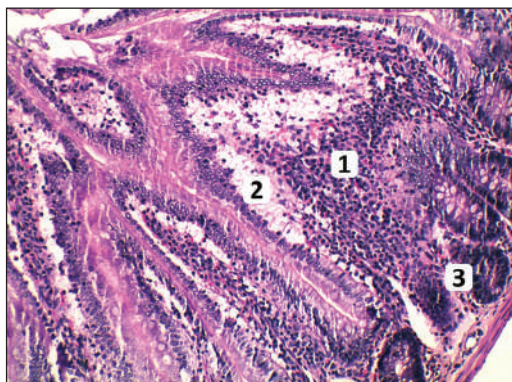
The epithelial plate of the intestinal crypts undergoes much less destructive changes compared to the epithelium of the villi. But even these cells lose their striated border, single functional goblet cells, Paneth cells, remain. The cells of the crypts lose their characteristic shape, their cytoplasm is sharply basophilic, and the nuclei are condensed (Fig. 3). Single erythrocytes appear among the cells of the crypts. At the same time, a large number of cells with patterns of mitosis are observed in the area of the crypts.

Vessels of villi have undergone pathological changes, as a result their lumens are sharply expanded and blood-filled. In lumens there are erythrocytes and single leukocytes without visualization of clear boundaries between them. The vessel wall is thickened with pronounced perivascular edema, there is significant infiltration of lymphocytes, plasma cells, and neutrophils around the vessels, and there is a significant number of tissue basophils along the course of these vessels. The lumen of the hem capillaries is sharply expanded and filled with blood with aggregation of erythrocytes and the formation of single thrombi (Fig. 4). Violation of blood coagulation processes and violation of the integrity of the walls of the blood capillaries of the own lamina of the mucous membrane leads to the appearance of a moderate number of small hemorrhages in it.



**Fig. 2.** Microscopic changes in the white rats jejunum wall after the injection of common European adder venom

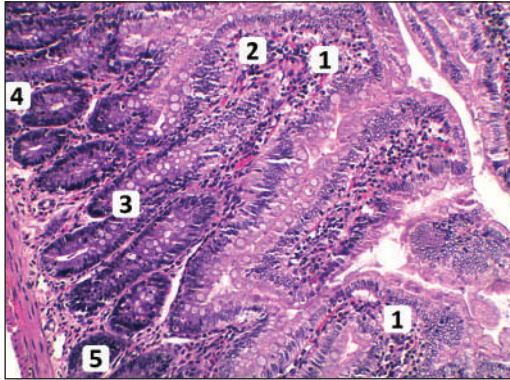
*Note:* 1 – villus with desquamation of the epithelium, 2 – swelling of the stroma of the villi, 3 – histoleukocyte infiltration of the stroma, 4 – desquamated epithelial detritus in the intestinal lumen. Hematoxylin-eosin.  $\times 200$ .



**Fig. 3.** Microscopic changes in the white rats jejunum wall after the injection of common European adder venom

*Note:* 1 – histoleukocyte infiltration of the villus, 2 – pronounced hydration of the amorphous substance of the villus stroma, 3 – intensively basophilic cells of the crypts. Hematoxylin-eosin.  $\times 200$ .

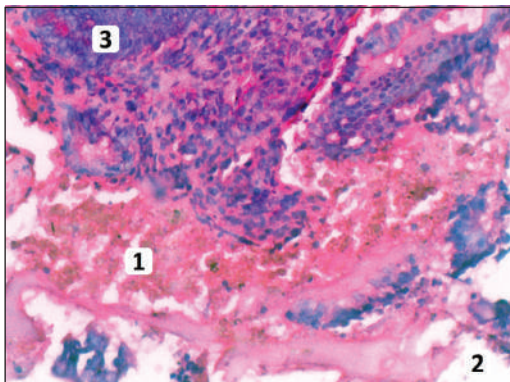
The muscular plate of the mucous membrane does not have clear boundaries, within the villi with destructive changes, smooth myocytes are disorganized, often lose their spindle-like shape, and their cytoplasm is brightly acidophilic. In the submucosa there is marked edema. There is disorganization of



**Fig. 4.** Microscopic changes in the white rats jejunum wall after the injection of common European adder venom

*Note:* 1 – deformed villi, 2 – histoleukocyte infiltration, 3 – erythrocytes in the crypts, 4 – swelling of the submucosa stroma, 5 – basophilic, hyperchromic epithelial cells of the crypts. Hematoxylin-eosin.  $\times 200$ .

fibrous structures, an increase in the number of functionally active fibroblasts, macrophages and leukocytes is observed. Individual hemorrhages surrounded by lymphohistiocytic infiltration along their periphery are visualized along the course of the vessels (Fig. 5). The walls of the vessels themselves



**Fig. 5.** Microscopic structure in the white rats jejunum wall after injection of common European adder venom.

*Note:* 1 – massive hemorrhage in the mucous membrane; 2 – edema of the stromal connective tissue; 3 – Lieberkühn crypt. Hematoxylin-eosin.  $\times 400$ .

are thickened with significant perivascular edema, significant lymphohistiocytic infiltration around the vessels.

In the serous membrane, there are bundles of collagen fibers with pronounced oxyphilic and an increase in the number of fibroblastic cells. Isolated hemorrhages are found in the muscular layer.

In the course of our research, the phenomena of rapid acute necrosis of the mucous membrane and, which attracted attention, without the existing pyknotic stage were revealed. The collagenous, reticular, and elastic fibers of the jejunal wall were swollen and compacted.

A decrease in the total protein content may be a consequence of necrotic cell death and the release of cell contents into the intracellular space. Cytotoxins of snake venom cause necrotic cell death. According to our data, widespread foci of necrosis with strong leukocyte infiltration were observed in the intestinal wall of experimental animals.

Bundles of collagen fibers with pronounced oxyphilic and an increase in the number of fibroblastic cells were noted in the serous membrane. There were isolated hemorrhages in the muscular shell. These destructive-degenerative changes in the intestinal wall are caused by the action of proteolytic enzymes of viper toxins, which cause the development of a local reaction, necrosis, and hemorrhagic edema. In addition, they have a fibrinolytic effect, increase blood coagulation, and activate the bradykinin system [19].

The study of cytotoxicity mechanism shows that cell death is caused by an increase in the permeability of the cytolemma for ions and the destruction of membranes. In addition, affecting erythrocytes, cause their hemolysis. This is fully confirmed by the results of our study: hemolysis of erythrocytes in the hem capillaries of the wall of the jejunum of rats with the appearance of numerous, from small to quite large, hemorrhages are noted.

The functional ability of platelets also changes, which is manifested in inhibition of their aggregation. The relationship between cytotoxins and the activation of cell apoptosis

by triggering the mitochondrial mechanism has been proven [25].

In this study, we demonstrated the morphological changes of the jejunum after intraperitoneal injection of snake venom. The obtained data indicate a highly toxic effect of snake venom on intestinal tissues and may reflect an additional pathogenic pathway in case of *Vipera berus berus* poisonings.

## CONCLUSIONS

Histological studies of the small intestine of rats under the conditions of action of common European adder venom revealed:

1. The toxic substances of its venom cause destructive-degenerative changes in the re-

lief and stromal-vascular components of the mucous membrane of the organ in the wall of the jejunum: necrotic lesions and complete desquamation of the epithelium, loss of the striated border of enterocytes, fibroblastic and lymphoid infiltration of the villi's stroma.

2. Increased permeability of the vessel walls of the microcirculatory channel due to the pronounced hydration of the connective tissue's amorphous substance, thinning and complete destruction of the walls of hemocapillaries together with the cytotoxic effect of the poison on erythrocytes leads to the formation of multiple and small hemorrhages with hemolysis of erythrocytes.

## ЛІТЕРАТУРА

- Aird S.D. Introduction to the Toxins Special Issue on Identification and Functional Characterization of Novel Components. *Toxins (Basel)*. 2020. Vol. 12 (5). P. 336. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12050336>
- Zhang Y. Why do we study animal toxins? *Dongwuxue Yanjiu*. 2015. Vol. 36(4). P. 183–222. DOI: <https://doi.org/10.13918/j.issn.2095-8137.2015.4.183>
- Pach S., Geyt J.L., Gutierrez J.M. et al. Paediatric snakebite envenoming: the world's most neglected «Neglected Tropical Disease»? *Archives of Disease in Childhood*. 2020. Vol. 105 (12). P. 1135–1139. DOI: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-319417>
- Bolon I., Durso A.M., Mesa S.B. et al. Identifying the snake: First scoping review on practices of communities and healthcare providers confronted with snakebite across the world. *PLoS One*. 2020. Vol. 15 (3). P. e0229989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229989>
- Muselin F. Protein structure of the venom in nine species of snake: from bio-compounds to possible healing agents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2020. Vol. 53 (1). P. e9001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20199001>
- Amazonas D.R., Portes-Junior J.A., Nishiyama-Jr M.Y. et al. Molecular mechanisms underlying intraspecific variation in snake venom. *Journal of Proteomics*. 2018. Vol. 181. P. 60–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.03.032>
- Cristina R.T., Kocsis R., Tulcan C. et al. Protein structure of the venom in nine species of snake: from bio-compounds to possible healing agents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2020. Vol. 53 (1). P. e9001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20199001>
- Nirthanan S. Snake three-finger  $\alpha$ -neurotoxins and nicotinic acetylcholine receptors: Molecules, mechanisms and medicine. *Biochemical Pharmacology*. 2020. Vol. 181. P. 114168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114168>
- Siigur J., Aaspolu A. and Siigur E. Biochemistry and pharmacology of proteins and peptides purified from the venoms of the Snakes *Macrovipera lebetina* subspecies. *Toxicon*. 2019. Vol. 158. P. 16–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.11.294>
- 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>
- Doltchinkova V., Stoylov S. and Angelova P.R. Viper toxins affect membrane characteristics of human erythrocytes. *Biophysical Chemistry*. 2021. Vol. 270. P. 106532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2020.106532>
- Latinović Z., Leonardi A., Koh C.Y. et al. The procoagulant snake venom serine protease potentially having a dual, blood coagulation factor V and X-Activating activity. *Toxins*. 2020. Vol. 12 (6). P. 358. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060358>
- Hermansen M.N., Krug A.H. and Brabrand M. Envenomation by the common European adder (*Vipera berus*): a case series of 219 patients. *European Journal of Emergency Medicine*. 2019. Vol. 26 (5). P. 362–365. DOI: <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000577>
- Zinenko O., Tovstukha I. and Korniyenko Y. PLA2 Inhibitor Varespladib as an Alternative to the Antivenom 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>
- Paolino G., Nicola M.R.D., Pontara A. et al. Viper snakebite in Europe: a systematic review of a neglected disease. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2020. Vol. 34 (10). P. 2247–2260. DOI: <https://doi.org/10.1111/jdv.16722>
- Boda F., Banfai K., Garai K. et al. Effect of *Vipera ammodytes* Snake Venom on the Human Cytokine Network. *Toxins (Basel)*. 2018. Vol. 10 (7).

- P. 259. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins10070259>
17. Di Nicola M. R., Pontara A., Kass G. E. et al. Vipers of Major clinical relevance in Europe: Taxonomy, venom composition, toxicology and clinical management of human bites. *Toxicology*. 2021. Vol. 453. P. 152724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152724>
  18. Kalogeropoulos K., Treschow A.F., auf dem Keller U. et al. Protease activity profiling of snake venoms using high-throughput peptide screening. *Toxins*. 2019. Vol. 11 (3). P. 170. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11030170>
  19. Yee K.T., Tongsima S., Vasieva O. et al. Analysis of snake venom metalloproteinases from Myanmar Russell's viper transcriptome. *Toxicon*. 2018. Vol. 146. P. 31–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.03.005>
  20. Hiu J.J. and Yap M.K.K. Cytotoxicity of snake venom enzymatic toxins: Phospholipase A2 and l-amino acid oxidase. *Biochemical Society Transactions*. 2020. Vol. 48 (2). 719–731. DOI: <https://doi.org/10.1042/BST20200110>
  21. Kadi-Saci A. and Laraba-Djebari F. Purification and characterization of a thrombin-like enzyme isolated from *Vipera lebetina* venom: its interaction with platelet receptor. *Blood Coagulation & Fibrinolysis*. 2020. Vol. 31 (1). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1097/MBC.0000000000000856>
  22. Tasoulis T. and Isbister G.K. A review and database of snake venom proteomes. *Toxins*. 2017. Vol. 9 (9). P. 290. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins9090290>
  23. Добреля 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.
  24. 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.
  25. Santhosh M.S., Thushara R.M., Hemshekhar M. et al. Alleviation of viper venom induced platelet apoptosis by crocin (*Crocus sativus*): implications for thrombocytopenia in viper bites. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*. 2013. Vol. 36 (4). P. 424–432. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11239-013-0888-X>

## REFERENCES

1. Aird, S.D. (2020). Introduction to the Toxins Special Issue on Identification and Functional Characterization of Novel Components. *Toxins (Basel)*, 12 (5), 336. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12050336> [in English].
2. Zhang, Y. (2015). Why do we study animal toxins? *Dongwuxue Yanjiu*, 36 (4), 183–222. DOI: <https://doi.org/10.13918/j.issn.2095-8137.2015.4.183> [in English].
3. Pach, S., Geyt, J.L., Gutierrez, J.M. et al. (2020). Paediatric snakebite envenoming: the world's most neglected «Neglected Tropical Disease»? *Archives of Disease in Childhood*, 105 (12), 1135–1139. DOI: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-319417> [in English].
4. Bolon, I., Durso, A.M., Mesa, S.B. et al. (2020). Identifying the snake: First scoping review on practices of communities and healthcare providers confronted with snakebite across the world. *PLoS One*, 15 (3), e0229989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229989> [in English].
5. Muselin, F. (2020). Protein structure of the venom in nine species of snake: from bio-compounds to possible healing agents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53 (1), e9001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20199001> [in English].
6. Amazonas, D.R., Portes-Junior, J.A., Nishiyama-Jr, M.Y. et al. (2018). Molecular mechanisms underlying intraspecific variation in snake venom. *Journal of Proteomics*, 181, 60–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.03.032> [in English].
7. Cristina, R.T., Kocsis, R., Tulcan, C. et al. (2020). Protein structure of the venom in nine species of snake: from bio-compounds to possible healing agents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53 (1), e9001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20199001> [in English].
8. Nirthanan, S. (2020). Snake three-finger  $\alpha$ -neurotoxins and nicotinic acetylcholine receptors: Molecules, mechanisms and medicine. *Biochemical Pharmacology*, 181, 114168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114168> [in English].
9. Siigur, J., Aaspolu, A. & Siigur, E. (2019). Biochemistry and pharmacology of proteins and peptides purified from the venoms of the Snakes *Macrovipera lebetina* subspecies. *Toxicon*, 158, 16–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.11.294> [in English].
10. 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].
11. Doltchinkova, V., Stoylov, S. & Angelova, P.R. (2021). Viper toxins affect membrane characteristics of human erythrocytes. *Biophysical Chemistry*, 270, 106532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2020.106532> [in English].
12. Latinović, Z., Leonardi, A., Koh, C.Y. et al. (2020). The procoagulant snake venom serine protease potentially having a dual, blood coagulation factor V and X-Activating activity. *Toxins*, 12 (6), 358. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12060358> [in English].
13. Hermansen, M.N., Krug, A.H. & Brabrand, M. (2019). Envenomation by the common European adder (*Vipera berus*): a case series of 219 patients. *European Journal of Emergency Medicine*, 26 (5), 362–365. DOI: <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000577> [in English].
14. 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].
15. Paolino, G., Nicola, M.R.D., Pontara, A. et al. (2020). Vipera snakebite in Europe: a systematic review of a neglected disease. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 34 (10), 2247–2260. DOI: <https://doi.org/10.1111/jdv.16722> [in English].
  16. Boda, F., Banfai, K., Garai, K. et al. (2018). Effect of *Vipera ammodytes* Snake Venom on the Human Cytokine Network. *Toxins (Basel)*, 10 (7), 259. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins10070259> [in English].
  17. Di Nicola, M.R., Pontara, A., Kass, G.E. et al. (2021). Vipers of Major clinical relevance in Europe: Taxonomy, venom composition, toxicology and clinical management of human bites. *Toxicology*, 453, 152724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152724> [in English].
  18. Kalogeropoulos, K., Treschow, A.F., auf dem Keller, U. et al. (2019). Protease activity profiling of snake venoms using high-throughput peptide screening. *Toxins*, 11 (3), 170. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11030170> [in English].
  19. Yee, K.T., Tongsimma, S., Vasieva, O. et al. (2018). Analysis of snake venom metalloproteinases from Myanmar Russell's viper transcriptome. *Toxicon*, 146, 31–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.03.005> [in English].
  20. Hiu, J.J. & Yap, M.K.K. (2020). Cytotoxicity of snake venom enzymatic toxins: Phospholipase A2 and l-amino acid oxidase. *Biochemical Society Transactions*, 48 (2), 719–731. DOI: <https://doi.org/10.1042/BST20200110> [in English].
  21. Kadi-Saci, A. & Laraba-Djebari, F. (2020). Purification and characterization of a thrombin-like enzyme isolated from *Vipera lebetina* venom: its interaction with platelet receptor. *Blood Coagulation & Fibrinolysis*, 31 (1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1097/MBC.0000000000000856> [in English].
  22. Tasoulis, T. & Isbister, G.K. (2017). A review and database of snake venom proteomes. *Toxins*, 9 (9), 290. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins9090290> [in English].
  23. 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].
  24. 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 morphofunctional research methods in normal and pathology]*. Zhytomyr: Polissya [in Ukrainian].
  25. Santhosh, M.S., Thushara, R.M., Hemshekar, M. et al. (2013). Alleviation of viper venom induced platelet apoptosis by crocin (*Crocus sativus*): implications for thrombocytopenia in viper bites. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 36 (4), 424–432. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11239-013-0888-X> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.01.2023

## СТАН РОДИЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛ.

Ю.О. Зайцев<sup>1</sup>, А.М. Демчишин<sup>2</sup>, М.В. Гунчак<sup>3</sup><sup>1</sup> Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)  
e-mail: [info@iogu.gov.ua](mailto:info@iogu.gov.ua); ORCID: 0000-0001-8368-8127<sup>2</sup> Львівська філія ДУ «Держґрунтохорона» (с. Оброшине, Львівська обл., Україна)  
e-mail: [lviv@iogu.gov.ua](mailto:lviv@iogu.gov.ua)<sup>3</sup> Чернівецька філія ДУ «Держґрунтохорона» (м. Чернівці, Україна)  
e-mail: [chernivtsy\\_grunt@ukr.net](mailto:chernivtsy_grunt@ukr.net); ORCID: 0000-0002-3521-8531

Наведено основні показники родючості ґрунту за результатами проведення агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення Львівської обл. у XI турі (2016–2020 рр.). Встановлено, що за кислотністю ґрунтового розчину в області переважають землі з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (31,3%). Середньозважений показник  $pH_{\text{сол.}}$  — 6,0, що відповідає близькій до нейтральної реакції ґрунтового розчину. За рівнем забезпечення гумусу переважають ґрунти з середнім його вмістом (36,1%), а середньозважений вміст гумусу по області становить 2,6%. За вмістом азоту, що легко гідролізується, найбільше земель мають низький (60,4%) та середній його вміст (18,0%). Середньозважений показник вмісту азоту, що легко гідролізується за звітний період становить 125,6 мг/кг ґрунту, який відповідає низькій забезпеченості даним елементом. В області переважають землі з підвищеним (25,1%) та високим вмістом рухомих сполук фосфору (25,3%), а середньозважений показник вмісту рухомих сполук фосфору сягає 107,2 мг/кг, що відповідає підвищеній забезпеченості. За вмістом рухомих сполук калію переважають землі з середнім його вмістом (30,3%), а середньозважений показник вмісту рухомих сполук калію становить 72,2 мг/кг, що відповідає середній забезпеченості макроелементом. Встановлено, що в Львівській обл. найбільшу площу займають ґрунти середньої якості (52,2%), а середньозважена оцінка сільськогосподарських угідь Львівської обл. становить 43. Здійснено порівняння якісної оцінки ґрунтів Львівської обл. за X (2011–2015 рр.) та XI тури (2016–2020 рр.) агрохімічних обстежень. Результатами встановлено, що у Старосамбірському, Мостиському, Радехівському та Дрогобицькому р-нах якість ґрунтів майже не змінилася. На 2–4 бали покращилася якісна оцінка ґрунтів Буського, Жовківського, Кам'янка-Буського та Сокальського р-нів, на 7–19 балів поліпшилася якісна оцінка стану земель Перемишлянського, Золочівського й Яворівського р-нів. Зниження показників якості земель на 2–5 балів зафіксовано у Бродівському, Пустомитівському, Самбірському й Стрийському р-нах, на 12–13 балів погіршилися показники якісної оцінки стану земель Жидачівського та Миколаївського р-нів.

**Ключові слова:** агроекологічне обстеження, гумус, азот, що легко гідролізується, рухомі сполуки фосфору та калію, кислотність, бал бонітету.

## ВСТУП

Рациональне використання та охорона земельних ресурсів є однією із найважливіших соціально-економічних проблем сучасності. Для практичного вирішення завдань із збереження родючості ґрунтів, для здійснення державного контролю за зміною показників родючості та екологічної безпеки ґрунтів, раціонального використання земель сільськогосподарського призначення необхідно мати об'єктивну і достовірну інформацію щодо їх еколого-агрохімічного

стану [1; 2]. Тому для своєчасного виявлення змін на землях сільськогосподарського призначення, їх оцінки, збереження та відтворення родючості ґрунтів відповідно до Закону України «Про охорону земель» [3] здійснюється еколого-агрохімічна паспортизація. За результатами досліджень XI туру досліджень (2016–2020 рр.) встановлено агрохімічну та еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів Львівської обл.

На основі цих даних є можливість встановити стан родючості ґрунтів, а також розробити агротехнічні та агрохімічні за-

ходи зі збереження і відтворення родючості ґрунтів.

**Мета досліджень** — обстеження земель сільськогосподарського призначення та здійснення комплексної якісної оцінки агроекологічного стану ґрунтів Львівської обл. за 2016–2020 рр.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Булигін С.Ю. зі співавт. [4] зазначає, що якість ґрунтів можна розглядати за сукупністю їх властивостей, які можуть бути як позитивного, так і негативного характеру, що пов'язано з особливостями їхнього використання.

Балюк С.А. зі співавт. [5] вказують, що актуальними питаннями сьогодення є ті, що забезпечують підвищення рівня інформативності даних про ґрунтовий покрив України, його формування під впливом як природних, так й антропогенних чинників ґрунтоутворення.

Процеси деградації ґрунтів розвиваються на значних площах і сучасний стан земельних ресурсів України викликає занепокоєння. Основними причинами є недотримання екологічно збалансованого співвідношення сільськогосподарських угідь, лісовкритих площ, водою, а також значне посилення антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив в останні десятиліття, що негативно вплинуло на стійкість агроландшафтів. Втрати гумусу та елементів живлення в Україні відмічено на 43% всіх площ [6; 7].

Грищенко О.М. зі співавт. [8] вказують, що питання оптимального використання й охорони земель є одним із ключових у землекористуванні та потребує змін у ставленні до ґрунтів як основного засобу виробництва в сільському господарстві.

Дем'янюк О.С. та Бойко А.Л. [9] зазначають, що питання стану ґрунтів за різних причин на земельних територіях України нині загалом розглядаються недостатньо. Ґрунти потребують комплексної оцінки їх стану для прогнозу і своєчасного запобігання деградаційним процесам, охоро-

ни й раціонального використання земель [10–13].

Черлінка В. із співавт. [14] вказують, що в нинішніх умовах зростає потреба в уточнених методах оподаткування землі, які базуються на точній інформації про ґрунтовий покрив. Україна має значні площі земель, тому польові обстеження часто не охоплюють усю територію, що може призвести до помилок у визначенні ґрунтових різновидів та їх властивостей. Саме тому актуальними є дослідження показників ефективної родючості ґрунтів конкретної території, чому й присвячена робота.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Львівською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» проведено дослідження ґрунтів із визначення вмісту азоту, що легко гідролізується, рухомих сполук фосфору та калію, гумусу, рН сольової витяжки, гідролітичної кислотності, суми вібраних основ, мікроелементів. Також здійснено дослідження з визначення забруднення важкими металами, пестицидами і радіонуклідами. Дослідження проводилися за методами, визначеними Методикою проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [15]. Зразки ґрунту відбирали з глибини 0–30 см відповідно до ДСТУ 4287:2004 [16]. У них визначали вміст гумусу за ДСТУ 4289:2004 [17], реакцію ґрунтового середовища за ДСТУ ISO 10390:2007 [18], вміст сполук азоту, що легко гідролізуються за ДСТУ 7863:2015 [19], рухомих сполук фосфору та калію за ДСТУ 4115-2002 [20].

За період з 2016 по 2020 рр. Львівською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» було обстежено 170,3 тис. га земель сільськогосподарського призначення у 20 районах Львівської обл.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Реакція ґрунтового розчину — важливий показник родючості ґрунтів, який істотно впливає на ріст і розвиток рослин

та активність мікробіологічних, хімічних і біохімічних процесів. Від реакції ґрунту значною мірою залежить засвоєння рослинами поживних речовин ґрунту, мінералізація органічної речовини, ефективність внесених добрив, урожайність сільськогосподарських культур та його якість.

За ступенем кислотності ґрунти області поділили на 7 груп: сильнокислі ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 4,1-4,5$ ), середньокислі ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 4,6-5,0$ ), слабокислі ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 5,1-5,5$ ), близькі до нейтральних ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 5,6-6,0$ ), нейтральні ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 6,1-7,0$ ), слаболужні ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 7,1-7,5$ ), середньо-лужні ( $\text{pH}_{\text{сол.}} 7,5-8,0$ ). Аналіз отриманих даних свідчить про те, що із обстежених 170,3 тис. га орних земель в області 61,5 тис. га (36,1%) мають кислу реакцію ґрунтового розчину, зокрема: сильнокислих – 8,3 тис. га (4,9%), середньокислих – 23,3 тис. га (13,7%), слабокислих – 29,9 тис. га (17,5%). Площа орних земель із близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину сягає 25,8 тис. га (15,1%), нейтральною – 53,3 тис. га (31,3%), слаболужною – 27,4 тис. га (16,1), середньо-лужною – 2,4 тис. га (1,4%) (рис. 1). Середньозважений показник рН по області становить 6,0.

Порівняно із попереднім туром обстеження середньозважений показник рН не змінився. Однак спостерігається збільшення площ із сильнокислою реакцією середовища на 0,1%, середньокислою на 19,3% та зменшення площ із нейтральною реакцією на 1,5%. Дані показники свідчать про те,

що ґрунтовий покрив Львівщини є схильним до підкислення і ґрунти потребують проведення меліоративних заходів по їх розкисленню.

Одним з основних показників родючості ґрунтів є уміст органічної речовини та її найбільш цінної складової – гумусу. Останній є найважливішою складовою ґрунту та визначальним показником його родючості. Гумус найбільше впливає на прискорення кругообігу речовин у системі ґрунт – рослина і при збільшенні його запасів підвищується енергетичний рівень процесів, що проходять як у ґрунті, так і в рослині.

За вмістом органічної речовини (гумусу) переважають площі з середнім (61,4 тис. га, або 36,1%) та низьким (44,5 тис. га, або 26,1%) ступенем його забезпечення. З дуже низьким вмістом гумусу виявлено 2,8 тис. га (1,6%), підвищеним – 37,6 тис. га (22,0%), високим – 14,3 тис. га (8,4%) та дуже високим вмістом – 9,8 тис. га (5,7%) (рис. 2). Середньозважений вміст гумусу по області становить 2,6%. Порівняно із попереднім туром обстежень середньозважений вміст гумусу незначно зменшився на 0,1%. Загалом, можна відмітити позитивні зміни, оскільки зафіксоване збільшення площ на 0,4% з дуже високим вмістом гумусу, з високим вмістом – на 2,1%, з підвищеним – на 2,3%. Незначне зменшення середньозваженого вмісту гумусу у ґрунтах Львівської обл. пов'язане з недостатнім дотриманням заходів біологізації землеробства, внесенням

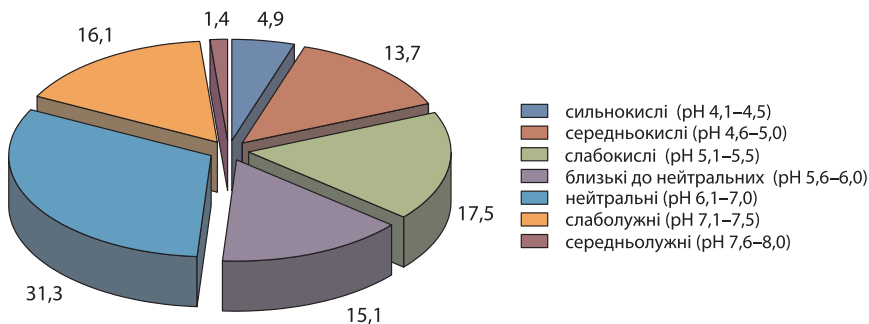
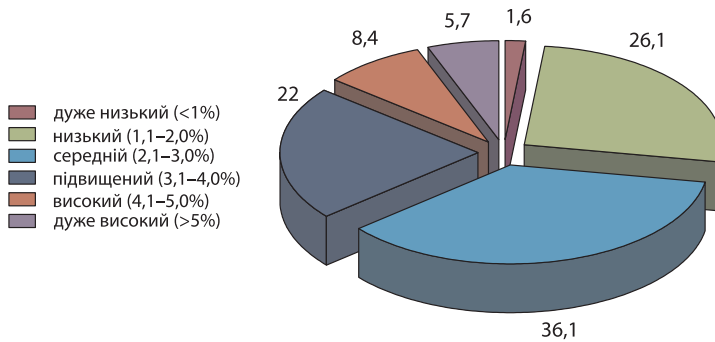


Рис. 1. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за реакцією ґрунтового розчину, %





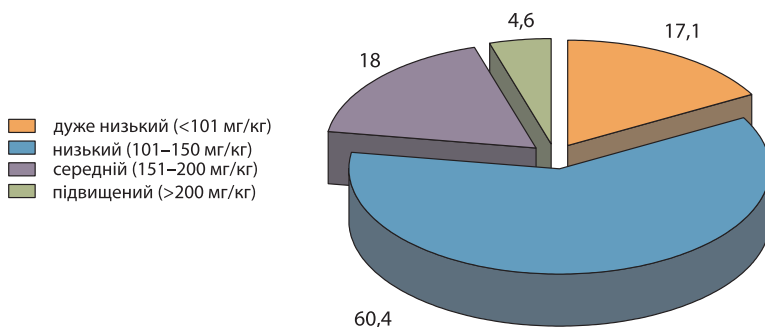
**Рис. 2.** Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом гумусу, %

науково обґрунтованих доз мінеральних добрив та недотриманням науково обґрунтованих сівозмін. Поряд із тим, аналізуючи ґрунтовий покрив обстежених районів і той чинник, що третина орних земель не обробляється, тобто перебуває в стані перелогів і вкрита багаторічною трав'яною рослинністю, можна стверджувати про перевагу процесів гуміфікації над дегуміфікацією. На таких ґрунтах відсутні два основні чинники зниження вмісту гумусу — ерозія ґрунтів та мінералізація органічної речовини. Мульчування ґрунту рослинними рештками відбувається згідно з природними законами, що захищає ґрунт від водної і вітрової ерозій, покращує відтворення ґрунтової родючості, тобто моделюється дерновий процес ґрунтоутворення.

Азот — один з основних елементів, необхідних для життєдіяльності рослин. Він входить до складу білків, ферментів, ну-

клеїнових кислот, хлорофілу, вітамінів, алкалоїдів та інших сполук. Рівень азотного живлення визначає розміри та інтенсивність синтезу білків та інших азотистих органічних сполук у рослині, які істотно впливають на процеси росту. За недостатньої забезпеченості азотом затримується ріст рослин, зменшується розмір асиміляційної поверхні листків та тривалість їх функціонування в активному стані, зменшується урожай і погіршується його якість. Щоб встановити ступінь забезпечення рослин азотом, визначають вміст у ґрунті легкогідролізованого азоту.

За даними XI туру агрохімічного обстеження (2016–2020 рр.) у Львівській обл. переважають площі з низьким (102,8 тис. га, або 60,4%) ступенем забезпечення азотом. Дуже низький ступінь забезпечення мають ґрунти на площі 29,1 тис. га (17,1%). Середній вміст азоту виявлено на площі



**Рис. 3.** Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом азоту, що легко гідролізується, %

30,7 тис. га (18,0%), а підвищений – на площі 7,8 тис. га (4,6%) (рис. 3). Середньозважений показник умісту азоту, що легко гідролізується, за звітний період становить 125,6 мг/кг ґрунту. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник умісту азоту, що легко гідролізується, за звітний період зменшився на 2,2 мг/кг ґрунту. Однак збільшився відсоток площ із підвищеним вмістом (на 0,4%) та зменшився відсоток площ із дуже низьким вмістом азоту (на 1,4%), що свідчить про збільшення обсягів застосування азотовмісних добрив серед сільськогосподарських товаровиробників.

Вміст фосфору в ґрунті є однією з основних ознак його родючості і окультуреності. Рівень забезпечення ґрунту рухомими сполуками фосфору є важливим чинником одержання високих урожаїв. Він бере участь у всіх життєвих функціях рослин і забезпечує ефективне використання інших елементів живлення.

За результатами агрохімічного обстеження, землі сільськогосподарського призначення Львівської обл. за вмістом рухомих сполук фосфору розподіляються так: з дуже низьким вмістом – 5,4 тис. га (3,2%), із низьким – 13,5 тис. га (8,0), із середнім – 40,5 тис. га (23,8), з підвищеним – 42,7 тис. га (25,1), з високим – 43,1 тис. га (25,3) та з дуже високим вмістом – 25,0 тис. га (14,6%) (рис. 4). Середньозважений показник умісту рухомих сполук фосфору становить 107,2 мг/кг, що

відповідає підвищеній забезпеченості даним макроелементом. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник умісту фосфору зменшився на 26,0 мг/кг, що свідчить про недостатнє внесення оптимальних норм фосфорних добрив у регіоні.

Калій, як елемент живлення, є значною мірою органічним показником окультуреності ґрунтів. Також це важливий елемент для оптимального росту рослин, а отже, і для отримання високих урожаїв та підтримання високого рівня родючості ґрунту. Для живлення рослин важливе значення мають і рухомі сполуки калію, оскільки їх вміст визначає забезпеченість ґрунту доступним для рослин калієм.

За результатами агрохімічного обстеження найбільша площа орних земель Львівської обл. 51,6 тис. га (30,3%) характеризується середнім вмістом рухомих сполук калію. Площа ріллі з підвищеним вмістом калію – 44,4 тис. га (26,1%), з високим – 31,9 тис. га (18,7%). Низький вміст рухомих сполук калію відмічений на площі – 27,5 тис. га (16,1%). Площа земель із дуже високим вмістом калію сягає 10,7 тис. га (6,3%), а з дуже низьким – 4,2 тис. га (2,4%) (рис. 5). Середньозважений показник умісту рухомих сполук калію становить 72,2 мг/кг ґрунту. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник умісту калію зменшився на 16 мг/кг ґрунту, що є наслідком недостатнього внесення науково обґрун-

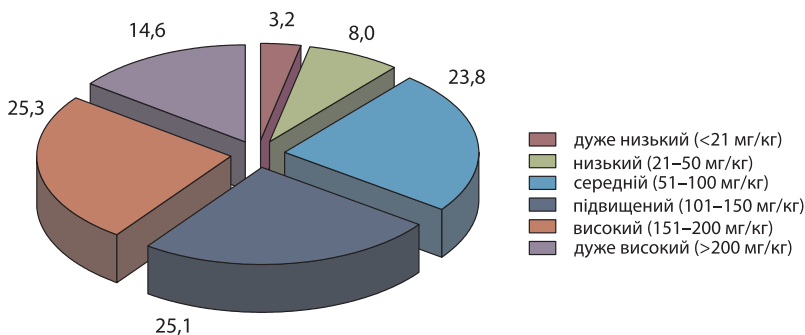
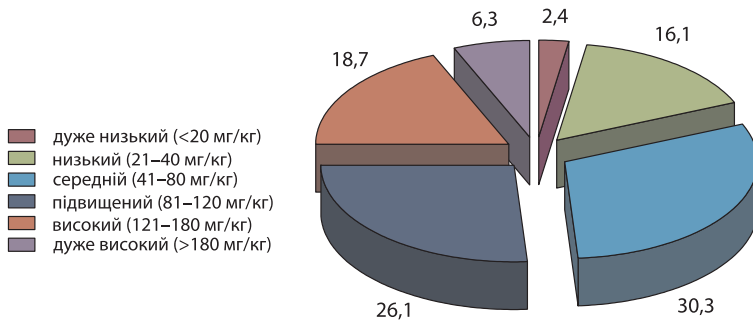


Рис. 4. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом рухомих сполук фосфору, %



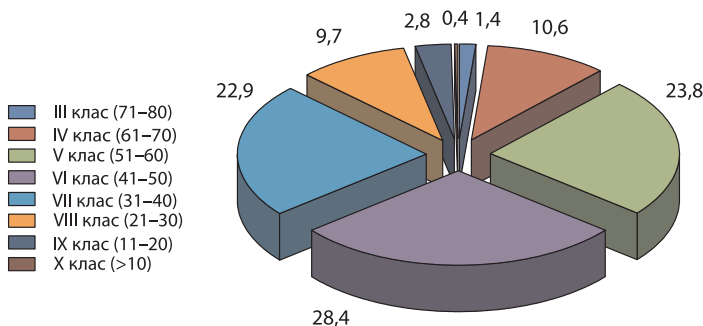
**Рис. 5.** Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом рухомих сполук калію, %

тованих норм калійних добрив. Не значно зменшилась частка ґрунтів із дуже високим вмістом калію (на 0,9%), із дуже низьким (на 0,7), з високим (на 2,8), збільшилася частка ґрунтів із низьким (на 0,8) та середнім забезпеченням калієм (на 2,5%).

Для вирішення проблеми збереження родючості ґрунтів необхідно володіти достовірною інформацією про еколого-агрохімічний стан, якісну оцінку ґрунтів. Якісна оцінка земель дає можливість кількісно визначити якість ґрунтів за їх родючістю, що, своєю чергою, є підставою для розміщення посівів сільськогосподарських культур на території та планування їх урожайності. Тому встановлено агрохімічну та еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів Львівської обл. за XI тур досліджень (2016–2020 рр.).

Згідно з розподілом за шкалою якості (рис. 6), лише 2,4 тис. га (1,4%) обстеже-

них земель сільськогосподарського призначення Львівської обл. відносяться до III класу земель високої якості, 18,0 тис. га (10,6%) обстежених земель належать до IV класу земель високої якості. Це ґрунти, які добре забезпечені елементами живлення і продуктивною вологою, мають сприятливі фізико-хімічні, а також агрофізичні властивості. Найбільшу площу займають ґрунти середньої якості: до V класу якості відносяться 40,6 тис. га (23,8%) та до VI класу якості належать 48,4 тис. га (28,4%). Цим землям притаманна помірна забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Серед обстежених земель ґрунти низької якості розподілилися так: 39,0 тис. га (22,9%) відносяться до VII класу якості ґрунтів, а 16,5 тис. га (9,7%) – до VIII класу якості. Дані землі мають низьку забезпеченість елементами живлення, незадовільні реакцію ґрунтового розчину



**Рис. 6.** Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за еколого-агрохімічними балами якості, %

та водно-повітряний і тепловий режими. Землі дуже низької якості, що відносяться до IX класу становлять 4,7 тис. га (2,8%). Це ґрунти з дуже низькою забезпеченістю елементами живлення, негативними водно-повітряним і тепловим режимами. Найменше в області незручних ґрунтів X класу якості — 0,7 тис. га (0,4%). Ці землі не придатні для землеробства без проведення складних заходів по їх покращенню, слабо окультурені. Середній бал по області 43, що відповідає VI класу земель середньої якості. Порівняно з попереднім туром еколого-агрохімічного обстеження середній бал по області збільшився на 0,4, що є свідченням зростання обсягів застосування заходів зі збереження родючості ґрунтів: дотримання сівозмін, внесення науково обґрунтованих норм мінеральних та органічних добрив, застосування заходів біологізації землеробства.

До V класу земель середньої якості відносяться ґрунти Яворівського, Радехівського, Золочівського та Перемишлянського р-нів (51–54 бали).

До VI класу земель середньої якості відносяться ґрунти Бродівського, Буського, Городоцького, Жовківського, Кам'янка-Буського, Мостиського, Пустомитівського, Сокальського та Старосамбірського р-нів (41–50 балів).

До VII класу земель низької якості належать ґрунти Дрогобицького, Жидачівського, Миколаївського та Самбірського р-нів (30–36 балів).

До VIII класу земель низької якості відносяться ґрунти Стрийського р-ну (30 балів).

Результати порівняння якісної оцінки ґрунтів Львівської обл. за X (2011–2015 рр.) та XI тури (2016–2020 рр.) агроекологічних обстежень свідчать, що у Старосамбірському, Мостиському, Радехівському та Дрогобицькому р-нах якість ґрунтів майже не змінилась. На 2–4 бали покращилась якісна оцінка ґрунтів Буського, Жовківського, Кам'янка-Буського та Сокальського р-нів. Істотно покращилась якісна оцінка стану земель Перемишлянського (+7 балів), Золочівського (+8 балів) та Яворівського

(+19 балів) р-нів, що свідчить про те, що товаровиробники цих районів дотримуються сівозмін, вносять науково обґрунтовані норми мінеральних та органічних добрив, а також застосовують заходи біологізації землеробства. Незначне зниження показників якості земель на 2–5 балів зафіксовано у Бродівському, Пустомитівському, Самбірському та Стрийському р-нах, істотно погіршилися показники якісної оцінки стану земель Жидачівського (–12 балів) та Миколаївського (–13 балів) р-нів, що є наслідком недостатнього впровадження заходів зі збереження та відтворення родючості ґрунтів.

## ВИСНОВКИ

Результатами агрохімічних обстежень земель сільськогосподарського призначення Львівської обл. встановлено, що за кислотністю ґрунтового розчину в області переважають землі з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (31,3%). За рівнем забезпечення гумусу переважають ґрунти з середнім його вмістом (36,1%) за середньозваженого показника 2,6%. За вмістом азоту, що легко гідролізується, найбільше земель мають низький (60,4%) та середній його вміст (18,0%), а середньозважений показник забезпеченості азотом становить 125,6 мг/кг ґрунту. В області переважають землі з підвищеним (25,1%) та високим вмістом рухомих сполук фосфору (25,3%), а середньозважений вміст цього макроелементу по області сягає 107,2 мг/кг ґрунту. За вмістом рухомих сполук калію переважають землі з середнім його вмістом (30,3%), за середньозваженого показника 72,2 мг/кг ґрунту. Встановлено, що в Львівській обл. найбільшу площу займають ґрунти середньої якості: землі V класу якості (23,8%) та VI класу якості (28,4%). Менше земель високої якості, зокрема 10,6% обстежених земель відносяться до IV класу якості та 1,4% земель — до III класу. Щодо низької якості ґрунтів (VII та VIII класи), то до них належать відповідно 22,9% і 9,7% земель. У середньому сільськогосподарські угіддя Львівської обл. мають оцінку 43, що відповідає VI класу земель середньої якості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Грищенко О.М., Запасний В.С., Ярмоленко Є.В., Шило Л.Г. Динаміка родючості ґрунтів Переяслав-Хмельницького району Київської області. *Агро-екологічний журнал*. 2019. № 3. С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469>
2. Бандурович Ю.Ю., Фандалюк А.В., Романова С.А., Полічко В.С. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Закарпаття. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. С. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219728>.
3. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003. *Відомості Верховної Ради України*. № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>.
4. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Кучер Л.І., Вітвіцька О.І. Концепція оцінки якості та охорони земель в Україні. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. № 11 (2). С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.02.030>
5. Балюк С.А., Мірошніченко М.М., Медведєв В.В. Наукові засади сталого управління ґрунтовими ресурсами України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01>
6. Бережнюк Є.М., Бережнюк М.Ф., Іваніна Д.А. Оцінка екологічної стійкості сірих лісових ґрунтів за різного використання. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. № 11 (1). С. 52–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.01.052>
7. Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 388 с.
8. Грищенко О.М., Романова С.А., Запасний В.С., Шабанова І.І. Зональні особливості динаміки вмісту гумусу у ґрунтах Чернігівської області. *Агро-екологічний журнал*. 2021. № 1. С. 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248>.
9. Дем'янюк О.С., Бойко А.Л. Земля потребує стратегічного аналізу. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 2. С. 82–85. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-11>.
10. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>
11. Graham F. COP26: Glasgow Climate Pact signed into history. *Nature*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03464-9>
12. Sharma M., Kaushal R., Kaushik P. and Ramakrishna S. Carbon farming: Prospects and challenges. *Sustainability (Switzerland)*. 2021. Vol. 13 (19). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13191122>
13. Cherlinka V.R., Gunchak M.V. et al. Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *Agrochemistry and soil science*. 2021. Vol. 92. P. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss92-07>
14. Cherlinka V., Dmytruk Y. and Barabas D. Methods of verification of soils prediction maps: A case study from Chernivtsi region, Ukraine. *Geographia Cassoviensis*. 2019. Vol. 13 (2). P. 141–160. DOI: <https://doi.org/10.33542/GC2019-2-04>.
15. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. Яцунка І.П., Балюка С.А. Київ, 2019. 108 с.
16. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
17. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
18. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (62879). [Чинний від 2009–10–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 8 с.
19. ДСТУ 7863:2015. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. Якість ґрунту. [Чинний від 2016–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 12 с.
20. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. [Чинний від 2003–01–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 9 с.

## REFERENCES

1. Hryshchenko, O.M., Zapasnyi, V.S., Yarmolenko, Ye.V. & Shylo, L.H. (2019). Dynamika rodiuchosti gruntiv Pereiaslav-Khmelyntskoho raionu Kyivskoi oblasti [Dynamics of soil fertility in the Pereiaslav-Khmelyntsky district of the Kyiv region]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469> [in Ukrainian].
2. Bandurovych, Yu.Yu., Fandaliuk, A.V., Romanova, S.A. & Polichko, V.S. (2017). Ekolooho-ahrokhi-michna otsinka gruntiv Zakarpattia [Ecological and agrochemical evaluation of the soils of Zakarpattia]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 46–52. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219728> [in Ukrainian].
3. Pro okhoronu zemel: Zakon Ukrainy vid 19.06.2003 [On Land Protection: Law of Ukraine from June 19<sup>th</sup>, 2003]. (2003). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> [in Ukrainian].
4. Bulygin, S.Yu., Vitvitskyi, S.V., Kucher, L.I. & Vitvitska, O.I. (2020). Kontseptsiia otsinky yakosti ta okhorony zemel v Ukraini [The concept of quality assessment and land protection in Ukraine]. *Roslynyntstvo ta gruntoznavstvo — Plant and soil science*, 2, 30–38. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.02.030> [in Ukrainian].
5. Balyuk, S.A., Miroshnychenko, M.M. & Medvedyev, V.V. (2018). Naukovi zasady staloho upravlin-

- nia gruntovymy resursamy Ukrainy [Scientific principles of sustainable management of soil resources of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 11, 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01> [in Ukrainian].
6. Berezniak, E.M., Berezniak, M.F. & Ivanina, D.A. (2020). Otsinka ekolohichnoi stiikosti sirykh lisovykh gruntiv za riznoho vykorystannia [Assessment of ecological sustainability of gray forest soils for different uses]. *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo — Plant and soil science*, 1, 52–61. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.052> [in Ukrainian].
  7. Truskavetskyi, R.S. & Tsapko, Yu.L. (2016). *Osnovy upravlinnia rodiuchistiu gruntiv [Basics of soil fertility management]*. Kharkiv [in Ukrainian].
  8. Hryshchenko, O.M., Romanova, S.A., Zapasnyi, V.S. & Shabanova, I.I. (2021). Zonalni osoblyvosti dynamiky vmistu humusu u gruntakh Chernihivskoi oblasti [Zonal peculiarities of humus content dynamics in soils of Chernihiv region]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal*, 1, 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248> [in Ukrainian].
  9. Dem'yanyuk, O.S. & Boyko, A.L. (2019). Zemlia potrebuie stratehichnogo analizu [Land needs strategic analysis]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 2, 82–85. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-11> [in Ukrainian].
  10. Balyuk, S.A., Medvedev, V.V., Vorotyntseva, L.I. & Shemel, V.V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii gruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnogo yii rivnia [Current problems of soil degradation and measures to reach a neutral level]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 8, 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01> [in Ukrainian].
  11. Graham, F. (2021). COP26: Glasgow Climate Pact signed into history. *Nature*. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03464-9> [in English].
  12. Sharma, M., Kaushal, R., Kaushik, P. & Ramakrishna, S. (2021). Carbon farming: Prospects and challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 13 (19). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13191122> [in English].
  13. Cherlinka, V.R., Gunchak, M.V. et al. (2021). Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *Agrochemistry and soil science*, 92, 62–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss92-07> [in English].
  14. Cherlinka, V., Dmytruk, Y. & Barabas, D. (2019). Methods of verification of soils prediction maps: A case study from Chernivtsi region, Ukraine. *Geographia Cassoviensis*, 13 (2), 141–160. DOI: <https://doi.org/10.33542/GC2019-2-04> [in English].
  15. Yatsuk, I.P. & Baliuk, S.A. (Eds.). (2019). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Methodology for agrochemical certification of agricultural lands: regulatory document]*. Kyiv [in Ukrainian].
  16. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling of samples]. (2005). *DSTU 4287:2004 from 1<sup>st</sup> July 2005*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  17. Yakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rechovyny [Soil quality. Methods for determining organic matter]. (2005). *DSTU 4289:2004 from 1<sup>st</sup> July 2005*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  18. Yakist gruntu. Vyznachennia pH [Soil quality. Determination of pH]. (2007). *DSTU ISO 10390:2007 from 1<sup>st</sup> October 2009*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  19. Yakist gruntu. Vyznachennia lehkohidrolizovanoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of easily hydrolyzed nitrogen by the Kornfield method]. (2015). *DSTU 7863:2015 from 1<sup>st</sup> July 2016*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  20. Grunty. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliu za modyfikovanyim metodom Chyrykova [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium according to the modified Chirikov method]. (2002). *DSTU 4115-2002 from 1<sup>st</sup> January 2003*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 13.12.2022

## БІОГЕОХІМІЧНА, ФІЗІОЛОГІЧНА АДАПТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM L.*) ЗА ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І.В. Шумигай<sup>1</sup>, В.В. Конішук<sup>1</sup>, В.В. Мороз<sup>2</sup>, Н.М. Манішевська<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651  
e-mail: konishchuk\_vasy@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4115-5642

<sup>2</sup> Львівський національний університет природокористування (м. Львів, Україна)  
e-mail: vera\_toroz@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1457-4641

<sup>3</sup> Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж  
Національного університету біоресурсів і природокористування України»  
(м. Боярка-2, Київська обл., Україна)  
e-mail: manishevskan@ukr.net

В останні десятиліття основними об'єктами біогеохімічних досліджень стали території агроекосистем, промислових міст та прилеглих до них сільськогосподарських земель. Проблема забруднення довкілля полутантами, хімічними сполуками мікроелементного складу є однією з найважливіших проблем екологічної безпеки. Наразі сучасними дослідженнями вчених токсичні важкі метали розглядаються як найнебезпечніші забруднювачі ґрунтів, води і рослинної продукції сільського господарства. До того ж, найактивнішими агентами забруднення є їх рухомі хімічні форми, які здатні переходити з твердих фаз у ґрунтові, водні розчини і поглинатися рослинами та іншими організмами. Зернові культури мають здатність вбирати поживні елементи як через кореневу систему, так і листковий апарат, поверхню стебла. Крім того, мікроелементи беруть участь у багатьох фізіологічних і біохімічних процесах у рослин, зокрема прискоренні розвитку, цвітінні, заплідненні та плодоутворенні, обміні речовин тощо. Оцінено кількісні характеристики міграції важких металів із ґрунту в рослини впродовж 2022 р. для досліджуваних територій Лісостепу України, зокрема у Київській та Вінницькій обл. Були здійснені комплексні дослідження з визначення впливу  $Zn^{2+}$  та  $Cu^{2+}$  на фітокомпоненти екосистем. При цьому отримано дані щодо впливу солей цинку й міді на проростання насіння та ріст проростків пшениці озимої. Доведено залежність концентрації солей на проростання насіння зернових культур. Досліджені важкі метали мають мутагенну, токсичну дію та впливають на інтенсивність біохімічних процесів. Встановлено, що за екотоксикологічним критерієм біокумуляції у системі «ґрунт — рослина» досліджувані мікроелементи можна розташувати у такий ряд:  $Cu^{2+} > Zn^{2+}$ . Отже, під час проведення експериментальних і теоретичних досліджень представлено порівняльний аналіз щодо накопичення важких металів у органах *Triticum aestivum* (*vulgare*) L. (пшениця м'яка (звичайна)). За результатами польового досвіду встановлені відмінності у розподілі  $Zn^{2+}$  та  $Cu^{2+}$  по органах пшениці озимої форми, вирощеної на чорноземі типовому та сірому опідзоленому ґрунтах. З'ясовано, що основну бар'єрну функцію інактивації досліджуваних важких металів виконують коріння рослин.

**Ключові слова:** *Triticum aestivum* (*vulgare*) L.,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , біокумуляція, міграція хімічних елементів, ґрунт, озима рослина.

### ВСТУП

Постійний рух і переміщення хімічних елементів, сполук у природі відбувається за певними періодами, завершується циклом етапів накопичення, переходу у процесі міграції. Остання у ландшафтах має

біогенний і механічний характер, обумовлений біогенною концентрацією поживних елементів і механічним розсіюванням хімічних елементів, у т. ч. важких металів [1; 2].

Наразі у ґрунтознавстві та агрохімії, фізіології інших наук велику увагу приді-

ляють вивченню вмісту і форм сполук хімічних елементів у ґрунтах і живих об'єктах, вивченню їх впливу на розвиток живих організмів і розробці прийомів регулювання режиму у ґрунтах. Важкі метали (ВМ) мають важливе значення за формування рослин та впливають на розвиток живих організмів загалом. Так, цинк є каталізатором у багатьох ферментних системах, а мідь є редокс-активним перехідним металом, який також необхідний для рослин [3].

У процесі еволюції рослин у кожного виду сформувалися певні генетично закріплені потреби в концентрації хімічних елементів. Біологічна вибірковість у поглинанні й накопиченні елементів, передусім, визначає елементний хімічний склад рослин, який вважають важливою систематичною ознакою. Разом із тим, ґрунт, як основа екотопу, значною мірою впливає на вміст макроелементів (С, О, Н, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe) та мікроелементів (Mn, Cu, B, Co, Zn, Mo, J) у рослинах, які на ньому зростають. Однак ступінь забезпеченості рослин поживними речовинами залежить не лише від кількості їх у ґрунті, але й від форми, в якій вони перебувають. З формою поживних елементів пов'язана їх доступність рослинам. Для біоти велике значення має не весь ґрунтовий фонд хімічних елементів, а вміст їх рухомих фізіологічно важливих форм (водорозчинні, кислоторозчинні та ін.).

Надходження хімічних елементів у рослини відбувається за рахунок активного контакту коренів із частками і мінералами ґрунту шляхом так званого контактного поглинання. Його сутність полягає в обміні виділених коренями рослин йонів водню — органічних кислот на йони металів. Інтенсивність поглинання рослинами йонів металів із твердої фази може змінюватись в сотні і тисячі разів. Залежить вона від фізико-хімічних властивостей ґрунту (типу і гранулометричного складу, вмісту органічних речовин, рН та ін.) і особливостей рослини (морфоанатомічних, фізіолого-біохімічних тощо) [4–6].

Слід зазначити, що поглинуті з ґрунту хімічні елементи розподіляються в організ-

мі рослини не рівномірно, що зумовлено фізіологічною роллю кожного з них, специфікою біохімічних процесів у різних частинах рослини та концентрацією в ґрунті. Негативні ефекти підвищеного вмісту ВМ у ґрунтах посилюються тривалими періодами їх напіввиведення, які вимірюються у низці випадків сотнями та тисячами років. Нестача мікроелементів у ґрунті, як і надлишок, пригнічує ріст і розвиток рослин, знижує їх стійкість до несприятливих умов навколишнього природного середовища та хвороб. Виділяють кілька біологічних груп рослин, що характеризуються підвищеною потребою в тих або інших мікроелементах. Так, зернові насамперед реагують на мідь, кукурудза — на цинк, соняшник — на бор і мідь, ріпак — на бор та марганець.

**Мета роботи** — екологічна оцінка фітотоксичності важких металів у системі «ґрунт — рослина», визначення особливостей накопичення важких металів у різних органах пшениці озимої (*Triticum aestivum* (*vulgare*) L.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Біогеохімія є науково-практичною частиною вчення В.І. Вернадського про біосферу [7], що остаточно сформувалася у 80-х рр. ХХ ст. та визначає фундаментальну теорію і методологію природничих наук, пов'язаних із живою речовиною довкілля. Саме взаємодія біогенної (живої) і абіогенної (косної) речовин підтримує «геохімічну організованість біосфери» та відповідну їй стабільність. Вчений наголошував, що лише біогеохімічні цикли (міграції хімічних елементів між живою і косною речовиною) можуть пояснити поширення, зокрема у ґрунтах, більшості хімічних елементів Землі.

Загалом, екологічні аспекти негативного впливу важких металів на довкілля представлено в працях як вітчизняних, так і зарубіжних науковців: Ю.В. Алексєєва, М.Ф. Реймерса, А. Кабати-Пендіас, С.П. Мальованого, І.В. Кармазиненко, А.І. Кураєва, Ю.Ю. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев. Учні В.І. Вернадського



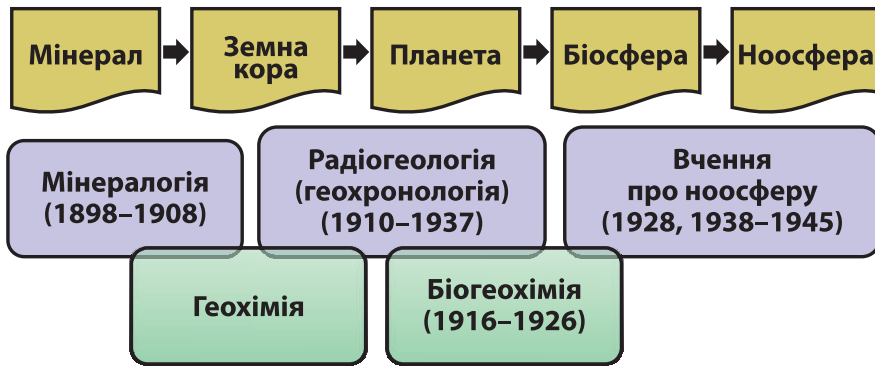


Рис. 1. Генезис наукових інтересів В.І. Вернадського [8]

обґрунтували і розвинули прикладні напрями біогеохімії, в основу яких покладено взаємообумовленість ланцюга, зазначеного на рис. 1 [9–11].

Сучасне рослинництво неможливе без регулювання кількості поживних хімічних речовин, що надходять у трофічних ланцюгах до культурних рослин. Нормальний розвиток рослинних організмів потребує наявності як макро-, так і мікроелементів. Вищеназвані хімічні елементи мають між собою тісний взаємний зв'язок. Їх важливе фізіологічне значення для життєдіяльності рослин висвітлено і в сучасних наукових роботах, наприклад, Погорелова М.Г. та Господаренка Г.М. [12; 13].

Щодо міграції важких металів у ґрунтовому профілі та переходу у зернові культури присвячено багато наукових робіт, однак повного усвідомлення, пояснення причинно-наслідкових зв'язків цих процесів і визначення їх кількісних параметрів, зокрема в умовах Лісостепу України, на жаль, нині недостатньо.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологія екологічного нормування вмісту ВМ у системі «ґрунт–рослина» передбачає використання структурно-функціонального аналізу, встановлення певної шкали впливів, що відображає їх шкодочинність на ґрунти і суміжні середовища та розподіляє стан об'єкта нормування на нормальний, або ненормальний.

Були здійснені спостереження в умовах тимчасових польових дослідів у двох об'єктах Лісостепу, зокрема на території ДГ «Чабани», що знаходиться у Фастівському р-ні Київської обл., а також у межах науково-дослідного господарства «Агрономічне» (Вінницький р-н, Вінницька обл.).

Для прогнозу транслокації, біокумуляції та вивчення впливу концентрацій важких металів на рослини, у 2022 р. було проведено серію вегетаційних і нульових дослідів із зерновими культурами, які передбачають штучне внесення  $Zn^{2+}$  та  $Cu^{2+}$  у чорнозем типовий та сірий опідзолений у різних кількостях.

Вважається, що культурні злаки загалом менш стійкі до дії важких металів, ніж дикорослі, проте і серед них виділяються види із високим ступенем стійкості. Як тест-культура розглядалася пшениця озима. Повторність варіантів дослідів — чотирикратна.

Підготовку ґрунту та наповнення посудин здійснювали згідно з методикою для вегетаційних дослідів за [14].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Стійкість рослин до важких металів прийнято розглядати як їхню здатність рости, розвиватися та формувати насіння у присутності високих концентрацій цих елементів у навколишньому середовищі. Численними дослідженнями доведено, що

адаптація рослин до впливу ВМ пов'язана з певними змінами, що відбуваються на різних рівнях організації рослинного організму, серед яких важливу роль відіграють зміни, що відбуваються на рівні фізіологічних процесів. До того ж, багато фізіологічних показників є добрими критеріями при оцінці металостійкості окремих видів (сортів, генотипів) рослин.

Також було встановлено низку фітооб'єктів із лісостепової біокліматичної зони України (в середньому 25–30 зразків одного виду рослинності), які підлягали техногенному впливу. Оскільки Pb, Sr, Zn є індикаторами техногенного впливу різних галузей промисловості, основну увагу нами було зосереджено саме на  $Zn^{2+}$  та  $Cu^{2+}$ .

**Проростання насіння** є вкрай важливим вегетативним етапом у житті рослин, це перехід від початкової фази розвитку до наступної. Супроводжується активацією геному та різних фізіолого-біохімічних процесів. Проростання насіння та початкове зростання проростків багато в чому визначають подальший розвиток рослин і, зрештою, їх продуктивність [15].

У результаті дослідження було встановлено, що на 3-тю добу після посіву відсоток пророслого насіння вивчених злаків (пшениці озимої) помітно зменшувався (порівняно з контрольним варіантом) зі збільшенням концентрації ВМ у субстраті. Однак уповільнення проростання мала тимчасовий характер, і на 7-му добу схо-

жість насіння злаків і в контрольному, і в дослідних варіантах становила 100% чи наближалася до цього значення.

**Зростання кореня та пагона.** Відомо, що у високих концентраціях важкі метали надають інгібуючу дію на зростання рослин, ступінь якого залежить від токсичності металу, його концентрації, а також видової приналежності рослин [2; 16]. У наших дослідженнях також виявився негативний вплив  $Cu^{2+}$  та  $Zn^{2+}$  на зростання культурних злаків, яке посилювалося зі збільшенням їх концентрації у субстраті. До того ж, переважно в *Triticum aestivum* (*vulgare*) L. відбулося зростання коріння (рис. 2). Це зумовлене тим, що останній є першим бар'єром на шляху транспорту ВМ із ґрунту в рослину і саме корінь бере на себе основну функцію по їх акумуляції та детоксикації.

Уповільнення зростання пагона було виражено меншою мірою (рис. 3). Зокрема, під час дії міді у концентрації 160 мг/кг субстрату довжина кореня пшениці озимої у Київській обл. знижувалася більш ніж на 80% щодо контролю та на 70% у Вінницькій обл., тоді як висота пагона лише на 60 і 50% відповідно. Аналогічні дані отримані за вмісту цинку.

Отже, захисні механізми та бар'єри, що функціонують на рівні клітин та тканин кореня, не в змозі повністю запобігти попаданню ВМ у пагони рослин. Однак вплив ВМ на зростання листків пагонів злаків, що формуються на початку вегетації, та

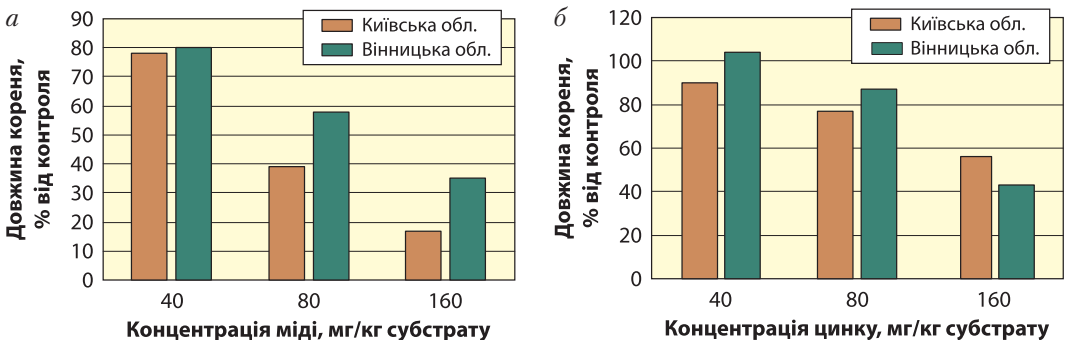


Рис. 2. Графічні моделі впливу важких металів на довжину кореня проростків пшениці озимої: а — мідь; б — цинк

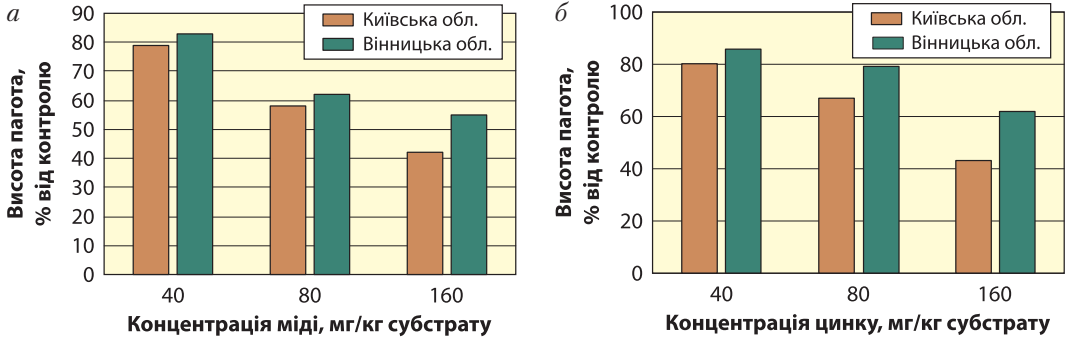


Рис. 3. Графічні моделі впливу важких металів на висоту пагонів проростків пшениці озимої: *a* – мідь; *б* – цинк

становлять більшу частину надземної біомаси, забезпечує високу продуктивність рослин.

Наші дослідження засвідчили, що за наявності ВМ площа листкової пластинки зменшувалася значно меншою мірою, ніж довжина кореня або висота пагона (рис. 4).

У цьому видових відмінностей спостерігалось мало.

Причини уповільнення зростання листкової пластинки пшениці озимої за наявності надлишку важких металів у середовищі, ймовірно, пов'язані з безпосереднім впливом металів на фізичний розподіл клітин листків, інгібуванням клітинного метаболізму, а також з їхньою опосередкованою дією на фізіологічні процеси. Так, більшість вчених вважає, що зменшення розмірів листків за наявності ВМ є ре-

зультатом інтегральних змін низки фізіологічних процесів, і насамперед, фотосинтезу.

На поглинання, міграцію та фізико-хімічний вплив ВМ у зернових культурах впливають також погодно-кліматичні, едафічні чинники.

**Фенологічний розвиток.** Здійснені нами фенологічні спостереження свідчать, що за наявності міді на 10-ту добу після посіву візуальних відмінностей між рослинами контрольного та дослідних варіантів у регіонах із використанням концентрації міді 40 і 80 мг/кг субстрату немає: всі рослини знаходяться у фазі проростків. І лише при дії металу у найбільшій концентрації (160 мг/кг субстрату) виявилось деяке відставання у термінах настання фенофази: 60% рослин пшениці озимої у Київській обл. та 70% у Вінницькій обл. перебували

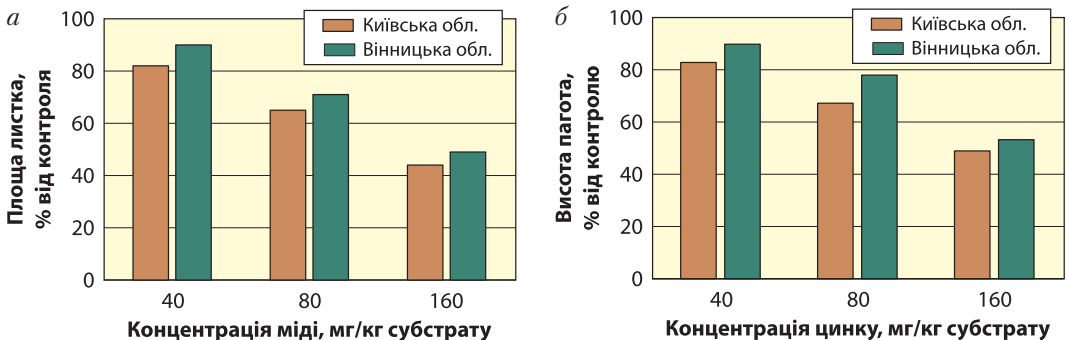


Рис. 4. Графічні моделі впливу важких металів на площу листкової пластинки 1-го листка у проростків пшениці озимої: *a* – мідь; *б* – цинк

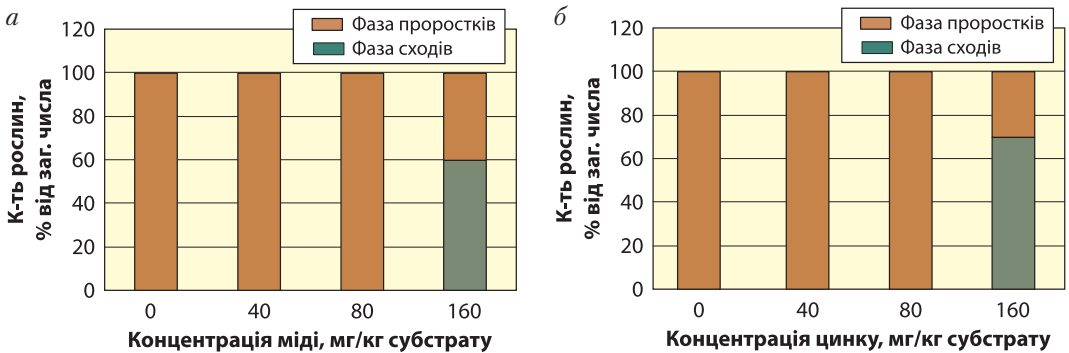


Рис. 5. Графічні моделі впливу  $\text{Cu}^{2+}$  на темпи фенологічного розвитку пшениці озимої: а – Київська обл.; б – Вінницька обл.

Примітка: 10-та доба після посіву.

у фазі проростків, тоді як інші – ще у фазі сходів (рис. 5).

Цинк у вивчених нами концентраціях не впливав на фенологічний розвиток рослин. На підставі проведених дослідів можна зробити висновок, що у використаних нами концентраціях ВМ візуально визначити уповільнення темпів розвитку злаків доволі важко, а ґрунтуючись лише на фенологічних спостереженнях не можна отримати достовірних, аргументованих даних впливу хімічних елементів на онтогенез рослин.

**Насіннева продуктивність.** Негативна дія ВМ на рослини проявляється у зниженні врожаю насіння (плодів). Однак такі дані маловивчені, хоча саме здатність рослин формувати насіння у несприятливих умовах доволі важко, а ґрунтуючись лише на фенологічних спостереженнях не можна отримати достовірних, аргументованих даних впливу хімічних елементів на онтогенез рослин.

У наших дослідженнях *Triticum aestivum* (*vulgare*) L. у Лісостепу навіть за наявності найбільш високих концентрацій ВМ змогли сформувати насіння. До того ж, було виявлено негативний вплив ВМ на деякі елементи насінневої продуктивності культури. Так, за дії металів у рослин знижувалися довжина та біомаса суцвіття, зменшувалися число зерен у колосі (волоті)

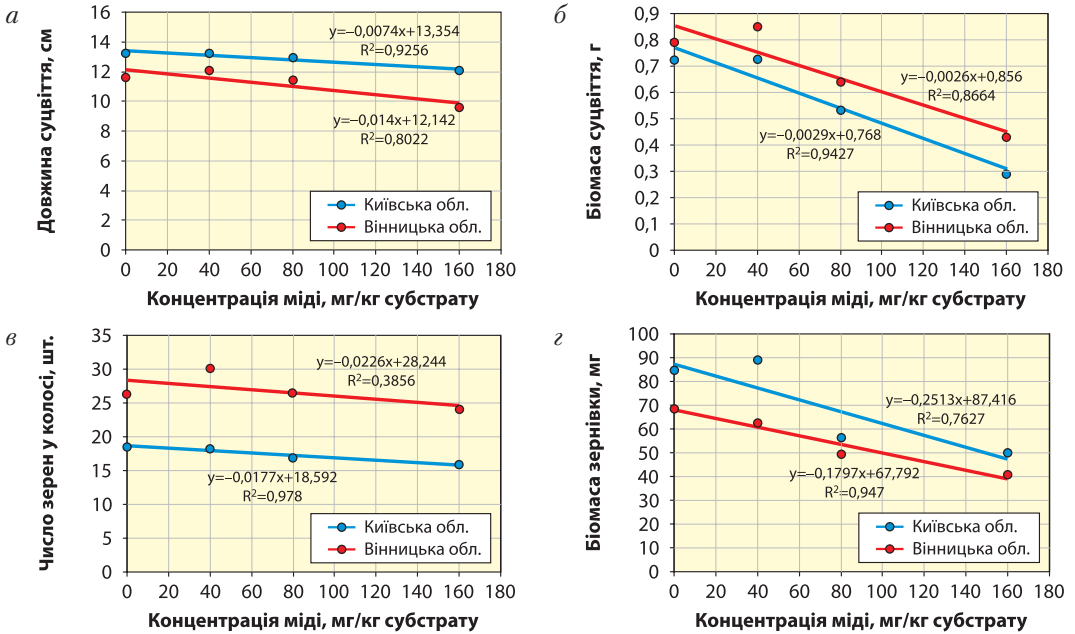
та маса зернівки. Крім того, за наявності  $\text{Cu}^{2+}$  (рис. 6) зниження біомаси суцвіття в обох дослідних варіантах більшою мірою визначалося зменшенням маси зернівки, тоді як за наявності та  $\text{Zn}^{2+}$  (рис. 7) – числом зерен.

Вищі концентрації накопичення міді в насінні зернових культур, ймовірно, зумовлені тим, що цей мікроелемент здатний зв'язуватися з білковими фракціями, і має тенденцію до нагромадження в репродуктивних органах рослин.

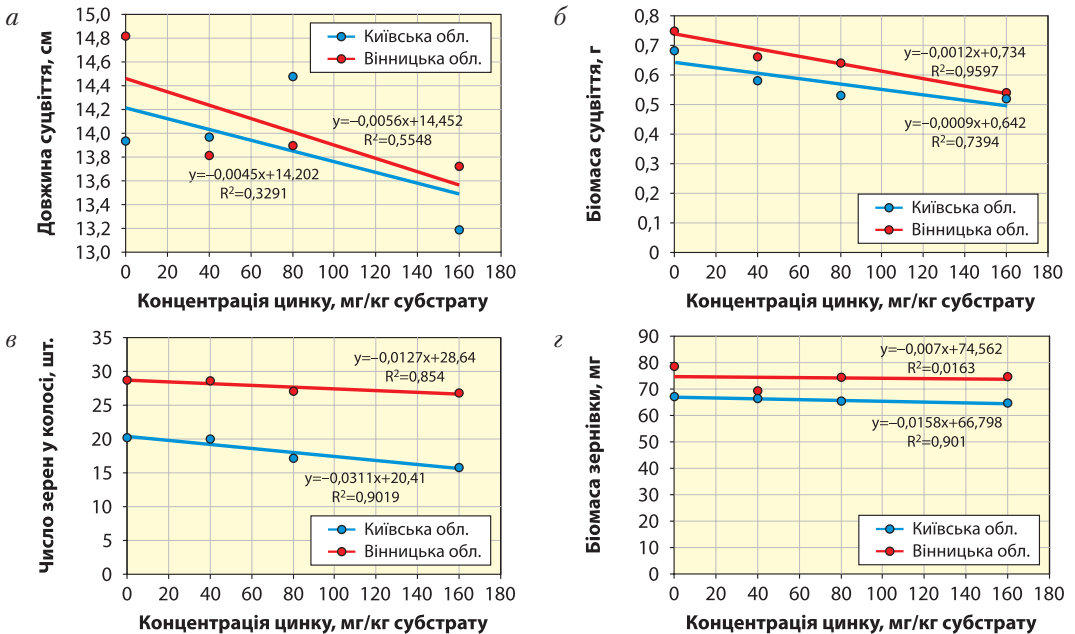
Вміст цинку в пшениці озимій не перевищував ГДК – 50 мг/кг і також як і мідь у більшості випадків накопичувався у насінні.

Загалом за вмістом ВМ в органах рослин утворюється наступний ряд за спаданням: «корінь > стебло > листок > плід або насіння». Однак для різних рослин цей порядок може дещо відрізнятись, оскільки більшість видів накопичує ВМ переважно в корінні.

Згідно із спостереженнями за ходом процесів росту та розвитку культурних злаків за наявності високих концентрацій міді та цинку в субстраті, виявили їхню високу стійкість до ВМ. Незважаючи на негативний вплив цих хімічних елементів на зростання апікальної меристеми стебла, значне зменшення в їх присутності розмірів кореня та пагона, а також утримання темпів органогенезу на ранніх етапах роз-



**Рис. 6.** Кореляційна залежність впливу  $Cu^{2+}$  на елементи насінневої продуктивності пшениці озимої: *а* – довжина суцвіття; *б* – біомаса суцвіття; *в* – кількість зерен у колосі; *г* – біомаса зернівки



**Рис. 7.** Кореляційна залежність впливу  $Zn^{2+}$  на елементи насінневої продуктивності пшениці озимої: *а* – довжина суцвіття; *б* – біомаса суцвіття; *в* – кількість зерен у колосі; *г* – біомаса зернівки

витку, злаки виявилися здатними адаптуватися до цих умов і не тільки виростати тривалий час в умовах підвищених концентрацій металів у субстраті, а й переходити до генеративного розвитку та формувати насіння.

## ВИСНОВКИ

Особливе значення у вуглеводному, білковому, фосфорному метаболізмі, каталітичних і регуляторних процесах належить важким металам, які є функціональними елементами, що входять до складу ферментів, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Окрім того, важкі метали сприяють підвищенню імунітету рослин і беруть участь у формуванні врожайності та покращенні якості товарної продукції агропромислового комплексу, зокрема пріоритетної культури зернових — пшениці озимої. Недостатність  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  у ґрунті не викликає загибелі, відмирання рослин, але є причиною зниження швидкості й збалансованості протікання життєвих процесів. До того ж, зернові культури не можуть повністю, ефективно реалізувати свій потенціал, що девальвує кількісні та якісні показники врожаю пшениці. Надмірна концентрація важких металів нега-

тивно впливає на ріст, розвиток зернових рослин та їх екобезпечність споживання.

Доведено, що в умовах забруднення агроecosистеми найінтенсивнішою біокумуляцією характеризується  $\text{Cu}^{2+}$ , а меншою —  $\text{Zn}^{2+}$ , що дає змогу прогнозувати рухомість металів у системі «ґрунт — рослина». Так, на обох досліджуваних ґрунтах Лісостепу, зокрема чорнозему типового та сірого опідзоленого в області переходу від контролю до забруднення інтенсивність біокумуляції  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Zn}^{2+}$  зменшується. Встановлено ряд інтенсивності поглинання металів пшениці озимої, що має такий вигляд:  $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ .

Отже, заходи щодо планування внесення мікродобрив доцільно проводити з урахуванням забезпеченості ґрунтів мікроелементами. Згідно з діючими нормативними документами, оцінка вмісту рухомих форм  $\text{Zn}^{2+}$  та  $\text{Cu}^{2+}$  у ґрунті дасть можливість визначити дефіцит певних хімічних елементів на сільськогосподарських землях і своєчасно організувати їх внесення. Важливим аспектом еко-, біобезпеки є постійний фоновий моніторинг вмісту, фіксація закономірностей міграції та накопичення важких металів як у ґрунті, так і в рослинах (зокрема пшениці) агроecosистем Лісостепу України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Марчук Г.П., Біла Т.А. Геохімія довкілля: навч. посібн. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. 242 с.
2. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. Third edition. CRC Press. 2001. 412 p.
3. Шумигай І.В., Єрмішев О.В., Манішевська Н.М. Біогеохімічна специфіка у Лісостеповій зоні країни. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. С. 82–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275036>
4. Єгорова Т.М., Шумигай І.В., Сапсай Т.П. Біогеохімічні ланцюги поживних елементів та система оцінки їх агротехногенних деформацій: метод. реком. / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ТОВ «ДІА», 2020. 26 с.
5. Шумигай І.В., Коніщук В.В., Душко П.М. Біогеохімічні особливості важких металів агроecosистем Лісостепу України. *Агроecологічний журнал*. № 4. 2022. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273256>
6. Разумова С.Т. Екологія рослин з основами ботаніки та фізіології: конспект лекцій. Одеса, 2013. 197 с. URL: [http://coe.osenu.org.ua/wp-content/uploads/2014/04/14-/Razumova\\_Ekologiya\\_roslin.pdf](http://coe.osenu.org.ua/wp-content/uploads/2014/04/14-/Razumova_Ekologiya_roslin.pdf)
7. Вибрані наукові праці акад. В.І. Вернадського. Т. 7., кн. 1. Праці з геохімії та радіогеології / за ред. Соботович Е.В., Долін В.В. Київ, 2012. 824 с.
8. Войтенко Л.В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. Київ: Наукова столиця. 2019. 400 с., іл.
9. Гришко В.М. Важкі метали: надходження в ґрунті, транслокація у рослинах та екологічна безпека. Донецьк: Донбас, 2012. 304 с.
10. Єгорова Т.М. Біогеохімічні пріоритети агроecологічних досліджень. *Агроecологічний журнал*. № 1. 2017. С. 28–35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.174214>
11. Дмитрук Ю.М., Бербець М.А. Основи біогеохімії: навч. посіб. Чернівці: Книги—XXI, 2009. 288 с.
12. Погорелов М.В., Бумейстер В.І., Ткач Г.Ф. та ін. Макро- та мікроелементи. Суми: СумДУ. 2010. 147 с.
13. Господаренко Г.М. Практикум з агрохімії. Київ. 2020. 689 с.
14. Малієнко А.М., Коломієць М.В., Брухаль Ф.Й. та ін. Методика польових досліджень з обробітку ґрунту. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 84 с.

15. Козьякова Н.О., Макаренко Н.А., Кавецький В.М. Міграція важких металів у системі «грунт–рослина» — екотоксикологічний критерій їх небезпечності. *Науковий вісник НАУ*. 2000. Вип. 32. С. 365–370.
16. Єгорова Т.М. Екологічна геохімія агроландшафтів України: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2018. 264 с.
17. Клос В.Р., Жовинский Э.Я. Биогеохимические индикаторы зон экологического риска городских агломераций. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2014. № 1–2 (14–15). С. 8–12.

## REFERENCES

1. Marchuk, H.P. & Bila, T.A. (2013). *Heokhimiya dovkillya: navchal'nyy posibnyk [Geochemistry of the environment: textbook]*. Kherson: OLDIE PLUS [in Ukrainian].
2. Kabata-Pendias, A. (2001). Trace elements in soils and plants. Third edition. CRC Press [in English].
3. Shumyhai, I.V., Yermishev, O.V. & Manishevskaya, N.M. (2022). Bioheokhimichna spetsyfika u Lisostepoviy zoni krayiny [Biogeochemical specificity in the forest-steppe zone of the country]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 4, 82–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275036> [in Ukrainian].
4. Yehorova, T.M., Shumyhai, I.V., Sapsai, T.P. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2020). *Bioheokhimichni lantsyuyh pozhyvnykh elementiv ta systema otsinky yikh ahroekhnohennykh deformatsiy (metodychni rekomendatsiyi) [Biogeochemical chains of nutrient elements and the system of evaluation of their agrotechnological deformations (methodical recommendations)]*. Kyiv [in Ukrainian].
5. Shumyhai, I.V., Konishchuk, V.V. & Dushko, P.M. (2022). Bioheokhimichni osoblyvosti vazhkykh metaliv ahroekosystem Lisostepu Ukrayiny [Biogeochemical features of heavy metals in agro-ecosystems of the forest-steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 105–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273256> [in Ukrainian].
6. Razumova, S.T. (2013). *Ekolohiya roslyn z osnovamy botaniky ta fiziolohiyi: konspekt lektsiy [Plant ecology with the basics of botany and physiology: lecture notes]*. Odesa [in Ukrainian].
7. Sobotovych, E.V. & Dolin, V.V. (Eds.) (2012). *Vybrani naukovi pratsi akad. V.I. Vernadskoho [Selected scientific works of acad. V.I. Vernadskyi]*. (T. 7, kn. 1). Kyiv [in Ukrainian].
8. Hryshko, V.M. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzhennia v grunty, translokatsiia u roslynakh ta ekolohichna bezpeka [Heavy metals: entry into soils, translocation in plants and environmental safety]*. Donetsk: Donbas [in Ukrainian].
9. Voytenko, L.V. (2019). *Khimiia z osnovamy bioheokhimi [Chemistry with the basics of biogeochemistry]*. Kyiv: Naukova stolitsia [in Ukrainian].
10. Yehorova, T.M. (2017). Bioheokhimichni priorityty ahroekolohichnykh doslidzhen' [Biogeochemical priorities of agroecological research]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 28–35 [in Ukrainian].
11. Dmytruk, Yu.M. & Berbets, M.A. (2009). *Osnovy bioheokhimi [Basics of biogeochemistry]*. Chernivtsi: Books—XXI [in Ukrainian].
12. Pogorelov, M.V., Bumeister, V.I., Tkach, G.F. et al. (2010). *Makro- ta mikroelementy [Macro- and microelements]*. Sumy: Sumy State University [in Ukrainian].
13. Gospodarenko, H.M. (2020). *Praktykum z ahrokhimi [Workshop on agrochemistry]*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Malienko, A.M., Kolomiets, M.V., Brukhal, F.Y. et al. (2020). *Metodyka pol'ovykh doslidzhen' z obrobitku gruntu [Methods of field research on soil cultivation]*. Vinnytsia: Tvorі LLC [in Ukrainian].
15. Kozyakova, N.O., Makarenko, N.A. & Kavetskyi, V.M. (2000). Mhratsiia vazhkykh metaliv u systemi «grunt–roslyna» — ekotoksykolohichni kryterii yikh nebezpechnosti [Migration of heavy metals in the «soilplant» system is an ecotoxicological criterion of their danger]. *Naukovyi visnyk NAU — Scientific Bulletin of NAU*, 32, 365–370 [in Ukrainian].
16. Yehorova, T.M. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2018). *Ekolohichna heokhimiya ahrolandafyv Ukrayiny [Ecological geochemistry of agricultural lands of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
17. Klos, V.R. & Zhovinsky, E.Ya. (2014). Biogeochemicheskiye indikatory zon ekologicheskogo riska gorodskikh aglomeratsiy [Biogeochemical indicators of ecological risk zones of urban agglomerations]. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiya — Research and environmental geochemistry*, 1–2 (14–15), 8–12 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 16.01.2023

## ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕЛЯСНИХ ВІДХОДІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ (*SOLANUM TUBEROSUM*) ЯК НОВОГО ПЕРСПЕКТИВНОГО ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА

А.М. Бортнік<sup>1</sup>, Т.П. Бортнік<sup>2</sup>, В.А. Гаврилюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Волинська філія ДУ «Держґрунтохорона» (м. Луцьк, Україна)  
e-mail: [bam.bortnik@gmail.com](mailto:bam.bortnik@gmail.com); ORCID: 0000-0003-4292-0481

<sup>2</sup> Поліська дослідна станція ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (м. Луцьк, Україна)  
e-mail: [didkovtana@gmail.com](mailto:didkovtana@gmail.com); ORCID: 0000-0002-8159-2479  
e-mail: [gavriulyuk-v@ukr.net](mailto:gavriulyuk-v@ukr.net); ORCID: 0000-0003-3923-0842

Встановлено, що відходи спиртово-цукрової промисловості (мелясне інноваційне добриво) містять комплекс поживних елементів, що свідчить про доцільність їх використання в якості добрив за вирощування сільськогосподарських культур. Такий напрям використання даних видів відходів дасть можливість вирішити проблему щодо їх утилізації, оскільки вони накопичуються у значних об'ємах на прилеглих до заводів територіях, у ставках накопичувачах. Одночасно частково буде з'ясовано питання щодо зменшення виснаження ґрунтів на основні поживні елементи внаслідок дефіциту традиційних органічних та високої вартості мінеральних добрив. За результатами проведених польових досліджень доведена ефективність використання відходів у системах удобрення картоплі на дерново-слабопідзолистому зв'язано-піщаному ґрунті з метою отримання стабільно високих врожайів. Зокрема встановлено, що внесення цього виду відходів у нормі 10 т/га забезпечує формування бульб масою 92,7 г та діаметром 66 мм, а за збільшення норми удвічі — 109,3 г і 74 мм відповідно. Ці біометричні показники забезпечили отримання врожайів картоплі на рівні 19,7 т/га за використання відходів у нормі 10 т/га і 26,6 т/га — у нормі 20 т/га. Зафіксовано позитивний вплив побічного продукту спиртово-цукрової промисловості на якісні показники бульб картоплі, зокрема вміст крохмалю був на рівні 16,6-16,7%. Виявлено позитивний вплив мелясного інноваційного добрива на агрохімічні показники ґрунту, що відповідно проявляється у підвищенні вмісту поживних елементів, в орному шарі ґрунту (0–20 см): нітратні форми азоту (N–NO<sub>3</sub>) на 2,0–7,2 мг/кг, амонійні форми азоту (N–NH<sub>4</sub>) — 0,4–1,1 мг/кг, рухомі форм фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) — 5,4–8,4 мг/кг та рухомі форм калію (K<sub>2</sub>O) — 26,6–40,6 мг/кг. Відмічено можливість використання відходів сумісно із мінеральними добривами, що збалансовує систему удобрення та забезпечує додаткове зростання врожаю бульб картоплі.

**Ключові слова:** нетрадиційне добриво, біометричні показники, врожай, агрохімічні показники.

### ВСТУП

Аналіз розвитку виробництв і динаміки споживання сировини й утворення відходів в Україні дає змогу зробити узагальнювальний висновок: подальший розвиток виробництв, а також суспільства загалом не може здійснюватися на базі історично сформованих традиційних екстенсивних технологічних процесів без урахування екологічних обмежень і вимагає принципово нового підходу. Цей підхід отримав назву «безвідходна технологія». Його основою є раціональне, найбільш повне вико-

ристання природних ресурсів, прагнення до максимально можливої циклічності матеріальних потоків.

Останнім часом дедалі частіше розглядається можливість використання в якості органічних добрив відходів підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію (буяковий жом, післяспиртова барда, молочна сироватка). Ці відходи, як правило, містять органічну речовину та біогенні елементи. Щодо барди, то у процесі виробництва, у цей вид побічного продукту переходить значна кількість поживних речовин, що містяться у вихідній



сировині. Це дає змогу отримувати цінні відходи, які доцільно залучати в агропромисловий сектор шляхом застосування у вигляді добрив.

У зв'язку з вище зазначеним, метою наших досліджень було вивчити ефективність використання відходів виробництва біоетанолу у якості органічного добрива за вирощування сільськогосподарських культур, зокрема картоплі (*Solanum tuberosum*).

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасному землеробстві провідна роль відведена ресурсощадним технологіям вирощування сільськогосподарських культур [1–4]. Враховуючи високу вартість мінеральних добрив і відсутність достатньої кількості гною, через різке скорочення поголів'я худоби, необхідно вишукувати місцеві ресурси органічних добрив [5].

Одним із таких дешевих джерел можуть слугувати відходи спиртового виробництва — післяспиртова барда, в якій вміст загального азоту перевершує в 5–7 разів порівняно з підстилковим та в 25–30 разів — безпідстилковим гноем, що вказує на її поживну цінність [6; 7].

За різними літературними даними, вміст сухих речовин у барді з різної вихідної сировини становить близько 10%. У розрахунку на суху речовину у ній містяться: білок — 13,9–37,25%, жир — 3,7–10,7, клітковина — 6,2–11,25, речовини та мікроелементи: кальцій — 0,13–0,24, фосфор — 0,29–0,69%, амінокислоти: лізин, метіонін, цистин, триптофан, безазотисті екстрактивні речовини (БЕР), а також вітаміни А, D, E, вітаміни групи В, фолієва кислота (Вс), біотин (Н), каротиноїди. Із макроелементів — кальцій, фосфор, азот і мікроелементи: залізо, цинк, марганець, мідь [8–14].

Ці наведені факти є підставою для використання відходів спиртової промисловості в якості добрива, про що свідчать публікації багатьох дослідників [6; 12; 13; 15–17]. Однак слід пам'ятати, що ефективність застосування барди залежить від ба-

гатьох чинників: вихідної характеристики барди, культури, під яку вносять добриво, і ґрунту, на якому вона вирощується [8; 10; 11; 18].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження закономірностей впливу мелясного інноваційного добрива (МІД) на формування показників урожаю бульб картоплі та агрохімічних показників дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту здійснювались шляхом закладення польового досліду на землях сільськогосподарського призначення Колківського ВПУ, смт Колки (Луцький р-н, Волинська обл.).

Схема досліду передбачала такі варіанти:

1. Контроль (без добрив).
2. МІД (10 т/га).
3. МІД (20 т/га).
4.  $N_{90}P_{70}K_{170}$  (еквівалентно 10 т/га МІД).
5. МІД (10 т/га +  $N_{30}P_{20}$  (вирівняно за інтенсивною технологією).

Ґрунт дослідної ділянки — дерново-слабопідзолистий зв'язано-піщаний. Культура вирощування — картопля (*Solanum tuberosum*) сорту Беллароза. У 2000 р. цей сорт картоплі внесено до Державного реєстру рослин. Сорт Беллароза відмінно підходить для вирощування на різних ґрунтах у всіх кліматичних зонах України, що відповідно значно розширює практичне застосування результатів досліджень.

Закладення дослідів проведено за загальноприйнятою методикою. Повторність дослідів триразова, розміщення ділянок послідовне. Площа посівних ділянок становила 30 м<sup>2</sup>, облікових — 10 м<sup>2</sup>. Технологія вирощування — загальноприйнята для зони Полісся, крім чинників, що вивчались.

Досліджуване добриво (мелясне інноваційне добриво) — це відходи (побічний продукт), які утворюються в процесі виробництва біоетанолу. За результатами проведених досліджень, вміст азоту, фосфору та калію у досліджуваному добриві

сягає в середньому 9:7:17 кг/т (у 10 т – 90:70:170), а за співвідношенням по азоту – 1:0,8:2. Добрива вносили у передпосівне удобрення в нормі 10 т/га та 20 т/га. Їх ефективність порівнювалась з мінеральними туками внесеними у аналогічній нормі (10 т/га).

Відбір зразків ґрунту здійснювали до закладення польових дослідів (ґрунт – з шарів 0–20 см та 21–40 см) згідно до ДСТУ ISO 11464 та після збору врожаю (рослини та ґрунт). У ґрунті визначали: вміст гумусу – згідно з ДСТУ 4289; реакцію ґрунтового розчину – рН<sub>KCl</sub> за ДСТУ ISO 10390; вміст амонійного та нітратного азоту за ДСТУ 4729; вміст рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» за ДСТУ 4405, у рослинницькій продукції – вміст крохмалю за поляриметричним методом згідно з ДСТУ 4993.

Облік урожаю здійснювали згідно з загальноприйнятими методиками у польових дослідженнях. Математичну обробку результатів досліджень розраховували методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим, із використанням комп'ютерної програми Alfa.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Україні врожайність бульб *Solanum tuberosum* впродовж 2019–2021 рр. знаходилась у межах 15,5–16,6 т/га, а у Волинській обл. – 14,9–15,2 т/га. Зокрема, в 2019 р. цей показник у середньому по області становив 15,2 т/га, а у 2021 р. – зменшився

на 0,3 т/га [19; 20]. Однією із причин такої низької врожайності можна назвати недотримання технологій вирощування цієї культури, яка повинна реалізовувати потенційні можливості високопродуктивних сортів та якісного посадкового матеріалу.

З-поміж чинників, які визначають приріст урожаю бульб картоплі в оптимальних умовах агротехніки, близько 50% припадає на добрива. Відомо, що вони сприяють кращому росту рослин картоплі. До того ж, спостерігається швидке нагромадження продуктивної маси листків за рахунок швидкого наростання картоплиння, що, своєю чергою, забезпечує оптимальні умови для фотосинтезу. Внаслідок інтенсифікується процес накопичення органічної речовини та збільшення урожайності.

Важливими показниками, що свідчать про ефективність агрозаходів та їх вплив на врожай картоплі є маса та діаметр бульб. Згідно з даними, що наведені у *табл. 1*, застосування МІД забезпечило формування бульб масою 92,7–109,3 г та діаметром – 66,0–74,0 мм. Необхідно відмітити, що за внесення досліджуваного добрива спостерігалась тенденція до збільшення норми внесення добрива, що сприяло зростанню показників. У контрольному варіанті були сформовані бульби із середньою масою 87,6 г та діаметром 63 мм.

Позитивний вплив на біометричні показники врожаю бульб картоплі мало застосування мінеральних добрив. У варіантах, де їх вносили, показник маси рослин коливався у межах 98,0–98,2 г, а діаметр –

Таблиця 1. Вплив м'ясяного інноваційного добрива (МІД) на кількісні та якісні показники бульб картоплі сорту Беллароза

Варіант	Маса*, г	Діаметр*, мм
Контроль (без добрив)	87,6	63,0
МІД** (10 т/га)	92,7	66,0
МІД (20 т/га)	109,3	74,0
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> (еквівалентно 10 т/га МІД)	98,0	68,0
МІД (10 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> ) (вирівняно за інтенсивною технологією)	98,2	68,4
НІР <sub>05</sub>	2,1	1,0

Примітка: \* – середнє значення однієї одиниці (бульб); \*\* – м'ясяне інноваційне добриво.

68,0–68,4 мм. Загалом, хоч у цих варіантах і відмічено зростання даних показників відносно контролю та аналогічної норми досліджуваного добрива, однак вони поступались варіанту за внесення МІД у нормі 20 т/га.

Позитивна тенденція щодо біометричних параметрів відповідно простежувалась і на урожайних показниках. Отримані результати досліджень свідчать про позитивний вплив добрива на формування врожаю бульб картоплі сорту Беллароза (табл. 2).

У варіанті, де добрива не вносили (контроль) врожай бульб картоплі становив 13,7 т/га. За внесення МІД спостерігалась позитивна динаміка – у всіх варіантах відмічено зростання врожаю. Так, за внесення добрива у нормі 10 т/га, показник врожаю бульб картоплі був на рівні 19,7 т/га, тобто приріст до контролю сягав 6,0 т/га (43,8%). Збільшення норми внесення досліджуваного удобрювального засобу до 20 т/га забезпечило підвищення врожаю до 26,6 т/га, що було вище попереднього варіанта (10 т/га) на 6,9 т/га (35%) та приріст до контролю становив 12,9 т/га (94,2%). Слід зазначити, що у цьому варіанті зафіксовано найвищу ефективність добрива.

У варіанті, де застосовували мінеральні добрива, в еквівалентній кількості до 10 т/га добрива врожай бульб картоплі був на рівні 24,6 т/га. Це свідчить про дещо вищу ефективність мінеральних добрив порівняно із варіантом, де вносили досліджуваний засіб у аналогічній нормі.

Відносно варіанта, де вносили мінеральні добрива з метою компенсації елементів живлення за інтенсивної технології удобрення картоплі, то врожай бульб був на рівні 23,8 т/га, відповідно приріст до контролю становив 10,1 т/га, або 73,7%. Слід зазначити, що врожай на цьому варіанті був дещо вищий, ніж за внесення 10 т/га МІД, але поступався варіанту, де досліджуване добриво вносили у нормі 20 т/га.

За вирощування *Solanum tuberosum* важливо одержати не тільки високий врожай, а й продукцію належної якості, оскільки вона – передусім харчова культура. Якість бульб картоплі оцінюють за вмістом крохмалю, в якому (близько 30%) фосфорної кислоти. У бульбоплодах він міститься у вигляді зерен різної величини, розподілених нерівномірно: найменше їх у серцевині, найбільше – у периферійних частинах. Як правило, крохмалистість безпосередньо залежить від суми опадів у період утворення бульб. За їх нестачі вміст крохмалю вищий, за достатнього зволоження – нижчий.

Результати проведених досліджень свідчать, що удобрення картоплі добривом по-різному впливало на рівень крохмалю у бульбах. Так, у варіантах, де використовували лише досліджуване добриво МІД уміст крохмалю у бульбах картоплі коливався в межах 16,6–16,7%, що свідчить про зростання цього показника відносно контролю, де він відповідно становив 16,5%.

За використання мінеральних добрив у системах удобрення відмічено зниження вмісту крохмалю, порівняно із варіантами,

Таблиця 2. Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на врожай бульб картоплі сорту Беллароза

Варіанти дослідів	Врожай, т/га	Приріст до контролю	
		т/га	%
Контроль (без добрив)	13,7	—	—
МІД* (10 т/га)	19,7	6,0	43,8
МІД (20 т/га)	26,6	12,9	94,2
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> (еквівалентно 10 т/га МІД)	24,6	10,9	79,6
МІД (10 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> ) (вирівняно за інтенсивною технологією)	23,8	10,1	73,7
НІР <sub>05</sub>	0,7		

Примітка: \* – мелясне інноваційне добриво.

де вносили добриво МІД на 0,1, тобто цей показник був на рівні 16,4%.

Важливим аспектом за вивчення ефективності використання добрива є дослідження впливу його на показники родючості ґрунту. Адже застосування добрив повинно не лише підвищувати врожайність сільськогосподарських культур, але і забезпечувати збереження та відновлення родючості ґрунту.

Вивчення цього питання є особливо актуальним на ґрунтах, які характеризуються легким гранулометричним складом та відповідно — низьким рівнем родючості. До таких типів належить дерново-слабопідзолистий ґрунт, на якому і проводились дослідження за вирощування картоплі.

Результати лабораторного аналізу агрохімічних показників підтверджують позитивний вплив МІД на родючість дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту (табл. 3). Дані щодо вмісту рухомих форм азоту в орному шарі ґрунту (0–20 см) свідчать, що застосування 10 т/га досліджуваного добрива забезпечило зростання вмісту нітратного азоту (N–NO<sub>3</sub>) на 2,0 мг/кг порівняно з контролем.

Збільшення норми внесення добрива до 20 т/га сприяло додатковому зростанню

вмісту азоту. Показник вмісту нітратного азоту (N–NO<sub>3</sub>) був на рівні 20,9 мг/кг та аміачного (N–NH<sub>4</sub>) — 17,1 мг/кг, тобто приріст відносно варіанта за внесення 10 т/га сягав — 5,2 мг/кг та 1,1 мг/кг. Позитивний вплив було зафіксовано і у варіантах за використання мінеральних добрив, де вміст нітратного азоту (N–NO<sub>3</sub>) коливався у межах 15,7–16,6 мг/кг, а вміст аміачного азоту (N–NH<sub>4</sub>) — 16,3–16,8 мг/кг.

Відносно вмісту рухомих форм фосфору, у шарі ґрунту 0–20 см, то застосування МІД забезпечило зростання цього показника: за внесення у нормі 10 т/га на 5,4 мг/кг, а у нормі 20 т/га — 8,4 мг/кг, порівняно з контролем. У варіанті, де не вносили добрив (контроль), вміст рухомих форм фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) був на рівні 74,3 мг/кг ґрунту.

За внесення мінеральних добрив у нормі, що еквівалентно 10 т/га досліджуваного добрива, вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у орному шарі ґрунту був на рівні 80,5 мг/кг, що відповідно забезпечило приріст порівняно з контролем на 6,2 мг/кг.

У варіанті, де вносили 10 т/га МІД із додаванням азотно-фосфорних мінеральних добрив показник вмісту рухомих форм

Таблиця 3. Вплив застосування добрива ВСП\* на агрохімічні показники дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту

Варіант	Шар ґрунту, см	рН <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Вміст елементів живлення, мг/кг			
				N–NO <sub>3</sub>	N–NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль (без добрив)	0–20	6,25	1,62	13,7	16,0	74,3	55,7
	21–40	6,24	1,58	10,4	11,3	71,0	48,0
МІД** (10 т/га)	0–20	6,21	1,63	15,7	16,0	79,7	82,3
	21–40	6,19	1,60	15,5	11,4	77,3	79,3
МІД (10 т/га)	0–20	6,17	1,65	20,9	17,1	82,7	96,3
	21–40	6,18	1,62	20,6	17,1	80,0	85,7
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> (еквівалентно 10 т/га МІД)	0–20	6,23	1,61	15,7	16,3	80,5	81,5
	21–40	6,20	1,58	15,3	12,8	78,0	80,2
МІД (10 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> ) (вирівняно за інтенсивною технологією)	0–20	6,19	1,62	16,6	16,8	80,3	88,7
	21–40	6,20	1,59	16,3	12,6	78,7	82,0
НІР <sub>05</sub>		0,4	0,05	1,1	0,8	2,7	2,7
		0,2	0,02	0,7	0,6	2,1	2,7

Примітка: \* — відходи спиртово-цукрової промисловості; \*\* — мелясне інноваційне добриво.

фосфору був на рівні 80,3 мг/кг, тобто приріст відносно контролю сягав 6,0 мг/кг ґрунту. Щодо вмісту рухомих форм калію, то застосування досліджуваного добрива у нормі 10 т/га забезпечило зростання цього показника, у шарі 0–20 см, на 26,6 мг/кг ґрунту, а у нормі 20 т/га – 40,6 мг/кг, порівняно з контролем, де цей показник був на рівні 55,7 мг/кг ґрунту.

За використання у системах удобрення мінеральних добрив спостерігалось зростання вмісту рухомих форм калію на 25,8–33,0 мг/кг ґрунту, порівняно з контролем.

Результати аналізу щодо впливу МІД на показник рН ґрунтового середовища, свідчать про те, що його внесення не змінювало рН ґрунтового розчину, що є позитивним при багаторазовому застосуванні добрива і позитивним для вирощування агрокультур. У варіантах досліді за використання МІД показник рН коливався в межах 6,17–6,23 од.

Відносно вмісту гумусу, то за внесення добрив, також змін не зафіксовано, тобто у досліджуваних варіантах цей показник у шарі 0–20 см коливався у межах 1,61–1,65%.

Щодо підорного шару ґрунту (21–40 см), то простежувалась аналогічна тенденція як і у верхньому шарі. Слід зазначити, що різниця між варіантами характеризується менш вираженим переходом. Це зумовлено

меншою часткою контактування добрива із цим шаром ґрунту.

Загалом можна стверджувати, що використання м'ясного інноваційного добрива негативно не впливає на агрономічно корисні показники ґрунту як рН, вміст основних елементів живлення та гумусу. Тобто внесення МІД не «вбиває» та не шкодить ґрунту.

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи вище наведені дані можна стверджувати, що застосування м'ясного інноваційного добрива (відходів спирто-цукрової промисловості) за вирощування картоплі (*Solanum tuberosum*) на дерново-слабопідзолистих зв'язано-піщаних ґрунтах є ефективним агрозаходом, що забезпечує, порівняно з контролем, зростання:

- біометричних параметрів: маси бульби на 5,8–24,8%, діаметра бульби – 4,8–17,5%.
- врожайності бульб картоплі на рівні 43,8–94,2%,
- вмісту крохмалю на 0,1–0,2%;
- вмісту у ґрунті поживних елементів: нітратні форми азоту ( $N-NO_3$ ) на 14,6–52,6 мг/кг, амонійні форми азоту ( $N-NH_4$ ) – 1,9–6,9 мг/кг, рухомі форми фосфору ( $P_2O_5$ ) – 7,3–11,3 мг/кг та калію ( $K_2O$ ) – 46,3–72,9 мг/кг.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Амонс С.Е. Енергоощадні технології виробництва продукції рослинництва в умовах трансформації земельних відносин. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 9. С. 58–73.
2. Колесник Т.М., Гаврилюк В.А., Ковальчук Н.С., Брежицька О.А. Сидеральний пар та післядія систем удобрення як чинники формування врожаю картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 1. С. 163–174.
3. Ahmed Farid, M. Monjurul Alam Mondal and Md. Babul Akter. Organic Fertilizers Effect on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Production in Sandy Loam Soil. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2019. Vol. 29 (3). P. 1–11. DOI: 10.9734/ijpss/2019/v29i330146.
4. Sikder R.K., Rahman M.M., Washim Bari S.M. and Mehradj H. Effect of organic fertilizers on the performance of seed potato. *Tropical Plant Research*. 2016. Vol. 4 (1). P. 104–108. DOI: 10.22271/tp.2017.v4.i1.016
5. Гаврилюк В.А., Бортнік А.М., Августинович М.Б. Ефективність використання осаду стічних вод як добрива на дерново-підзолистих ґрунтах. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 1. С. 65–70.
6. Гловин Н.М. Вплив спиртової барди на агрохімічні властивості ґрунту. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гіжцького*. 2017. № 19 (74). С. 192–195.
7. Єгоров О.В., Жидок Н.П., Грищенко О.М., Шабанова І.І. Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність коротко ротацийних сівозмін Полісся. *Агро-екологічний журнал*. 2021. № 3. С. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>.
8. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз іннова-

- ційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ»*. Сер.: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2019. № 15 (1340). С. 66–74.
9. Сухенко Ю.Г., Серьогін О.О., Сухенко В.Ю., Рябоконт Н.В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах. Київ: ЦП «КОМПРИНТ». 2016. 338 с.
  10. Тимошук О.М., Дударев І.М. Огляд використання відходів переробних виробництв у сільському господарстві. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст.* 2020. Вип. 45. С. 103–110. DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi45.406>
  11. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.И., Арсенєва О.П. Аналіз ефективності процесів утилізації спиртової барди. *Одеська національна академія харчових технологій: наукові праці*. 2012. Вип. 41. Т. 2. С. 13–19.
  12. Dotaniya M.L., Datta S.C., Biswas D.R. et al. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2016. No 5. P. 185–194. DOI: [10.1007/s40093-016-0132-8](https://doi.org/10.1007/s40093-016-0132-8).
  13. Krishnaveni A., Chinnasamy S., Elumalai J. and Muthaiyan P. Sugar industry wastes as wealth of organic carbon for soil. 2020. *IntechOpen, Rijeka*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90661>.
  14. Lopes C.M., Silva A.M.M., Estrada-Bonilla G.A. et al. Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of cleaner production*. 2021. 298. P.126821. DOI: [doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821).
  15. Гурін А.Г., Резвякова С.В. Влияние отходов спиртового производства на биологическую активность почвы при возделывании ячменя. *Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур, присвяченої 140-річчю створення ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»*: Матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Херсон, 2014. С. 108–113. URL: [http://www.ksau.kherson.ua/files/conf\\_2014.pdf](http://www.ksau.kherson.ua/files/conf_2014.pdf).
  16. Зінчук М.І. Вплив мелясної барди на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого. *Охорона ґрунтів: наук. зб.* 2018. Спецвипуск. С. 78–80.
  17. Кравченко В.С. Барда як альтернативне органічне добриво для ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Сер.: Агрономія*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 188–199.
  18. Потапова М.В., Голуб Н.Б. Сучасні методи переробки й утилізації зернової післяспиртової барди. *Innovative biosystems & bioengineering*. 2018. № 2. С. 125–134.
  19. Сільське господарство України за 2019–2021 рр.: статистичні звіти. Київ: Державна служба статистики України, 2019–2021 рр. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
  20. Сільське господарство Волинської області за 2019–2021 рр.: статистичні звіти. Луцьк: Державна служба статистики Волинської області, 2019–2021 рр. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/>

## REFERENCES

1. Amons, S.E. (2017). Enerhooshchadni tekhnologii vyrobnytstva produktii roslinnytstva v umovakh transformatsii zemelnykh vidnosyn [Energy-saving technologies for the production of plant products in the conditions of transformation of land relations]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytan- nia nauky i praktyky — Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, 9, 58–73 [in Ukrainian].
2. Kolesnyk, T.M., Havryliuk, V.A., Kovalchuk, N.S. & Brezhytska, O.A. (2018). Syderalni par ta pislia- diia system udobrennia yak chynnyky formuvannia vrozhaui kartopli na dernovo-pidzolystrykh gruntakh [Sidereal steam and the aftereffect of fertilization systems as factors of potato yield formation on sod-podzolic soils]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky — Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Agricultural sciences*, 1, 163–174 [in Ukrainian].
3. Ahmed, Farid, M. Monjurul, Alam, Mondal & Md. Babul, Akter (2019). Organic Fertilizers Effect on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Production in Sandy Loam Soil. *International Journal of Plant & Soil Science*, 29 (3), 1–11. DOI: [10.9734/ijpss/2019/v29i330146](https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v29i330146) [in India].
4. Sikder, R.K., Rahman, M.M., Washim S.M., Bari & Mehranj, H. (2016). Effect of organic fertilizers on the performance of seed potato. *Tropical Plant Research*, 4 (1), 104–108. DOI: [10.22271/tpr.2017.v4.i1.016](https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i1.016) [in Norway].
5. Havryliuk, V.A., Bortnik, A.M. & Avhustynovych, M.B. (2018). Efektyvnist vykorystannia osadu stichnykh vod yak dobrovya na dernovo-pidzolystrykh gruntakh [Effectiveness of using sewage sludge as a fertilizer on sod-podzolic soils]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 65–70 [in Ukrainian].
6. Hlovyn, N.M. (2017). Vplyv spyrtovoi bardy na ahro- khimichni vlastyvoli ґрунту [The influence of alcohol bard on the agrochemical properties of the base]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu vete- rynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S.Z. Gzhyts- koho — Scientific Bulletin of Lviv national university of veterinary medicine and biotechnology named after S.Z. Gzhitskyi*, 19 (74), 192–195 [in Ukrainian].
7. Yehorov, O.V., Zhydok, N.P., Hryshchenko, O.M. & Shabanova, I.I. (2021). Vplyv dobrovy na poka- znyky rodiuchosti dernovo-pidzolystrykh gruntiv ta produktyvnist kortoko rotatsiynykh sivozmin Polissia [The influence of fertilizers on the fertility indicators of sod-podzolic soils and the productivity of short-rotational crop rotations Polissya]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 119–126. DOI: [10.22271/ahroekolohichnyi.2021.v3.i3.016](https://doi.org/10.22271/ahroekolohichnyi.2021.v3.i3.016)

- <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329> [in Ukrainian].
8. Bukhhalo, S.I., Olkhovska, O.I., Olkhovska, V.O. & Zipunnikov, M.M. (2019). Doslidzhennia ta analiz innovatsiinykh zakhodiv z tekhnolohii kompleksnoi utylizatsii pislaspirtovoi bardy [Research and analysis of innovative measures on the technology of complex disposal of post-alcohol waste]. *Visnyk Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu «KPI»*. Seriya: *Innovatsiyni doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv — Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative studies in scientific works of students*, 15 (1340), 66–74 [in Ukrainian].
  9. Sukhenko, Yu.H., Serohin, O.O., Sukhenko, V.Yu. & Riabokon, N.V. (2016). *Resursozberihayuchi tekhnolohiyi v kharchovykh i pererobnykh vyrobnystvakh [Resource-saving technologies in food and processing industries]*. Kyiv [in Ukrainian].
  10. Tymoshchuk, O.M. & Dudariiev, I.M. (2020). Ohliad vykovystannia vidkhodiv pererobnykh vyrobnystv u silskomu hospodarstvi [Review of the use of waste from processing industries in agriculture]. *Silskohospodarski mashyny: zbirnyk naukovykh prats' [Agricultural machines: collection of scientific papers]*. (pp. 103–110). DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi45.406> [in Ukrainian].
  11. Tovazhnianskiy, L.L., Kapustenko, P.A., Bukhhalo, S.Y. & Arseneva, O.P. (2012). Analiz efektyvnosti protsesov utylizatsii spirtovoi bardy [Analysis of the efficiency of distillation stillage processes]. *Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii naukovykh pratsi — Odessa national academy of Kharkov technologies of science and practice*, 41, 13–19 [in Ukrainian].
  12. Dotaniya, M.L., Datta, S.C., Biswas, D.R. et al. (2016). Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5, 185–194. DOI: 10.1007/s40093-016-0132-8 [in India].
  13. Krishnaveni, A., Chinnasamy, S., Elumalai, J. & Muthaiyan, P. (2020). Sugar industry wastes as wealth of organic carbon for soil. *Intech Open*, Rijeka. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90661> [in Croatian].
  14. Lopes, C.M., Silva, A.M.M., Estrada-Bonilla, G.A. et al. (2021). Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of cleaner production*, 298, 126821. DOI: [doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821) [in Dutch].
  15. Hurin, A.H. & Rezviakova, S.V. (2014). Vplyv vidkhodiv spirtovoho vyrobnytstva na biolohichnu aktyvnist hruntu pry vyroshchuvanni yachmeniu [The influence of alcohol production waste on the biological activity of the soil during cultivation barley]. *Suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya zernovykh, bobovykh ta tekhnichnykh kul'tur, prysvyachenoyi 140-richchyu stvorennia DVNZ «Kherson's'kyi derzhavnyy ahrarnyy universytet»*: *Materialy mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi internet-konferentsiyi [Modern technologies of growing grain, leguminous and technical crops, dedicated to the 140<sup>th</sup> anniversary of the establishment of Kherson State Agrarian University: Materials of the international scientific and practical internet conference]*. (pp. 108–113). URL: [http://www.ksau.kherson.ua/files/conf\\_2014.pdf](http://www.ksau.kherson.ua/files/conf_2014.pdf) [in Ukrainian].
  16. Zinchuk, M.I. (2018). Vplyv meliasnoi bardy na ahrokhimichni pokaznyky chornozemu opidzolenoho [The effect of molasses on the agrochemical parameters of podzolized chernozem]. *Okhorona gruntiv: naukovyy zbirnyk — Soil protection: scientific collection*, 78–80 [in Ukrainian].
  17. Kravchenko, V.S. (2019). Barda yak alternatyvne orhanichne dobrovyo dlia hruntu [Barda as an alternative organic fertilizer for the soil]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva — Collection of scientific works of the Uman national university of horticulture*, 95, 188–199 [in Ukrainian].
  18. Potapova, M.V. & Holub, N.B. (2018). Suchasni metody pererobky y utylizatsii zernovoi pislaspirtovoi bardy [Modern methods of processing and utilization of grain post-alcohol bard]. *Innovatsiyni biosystemy ta bioinzheneriia — Innovative biosystems & bioengineering*, 2, 125–134 [in Ukrainian].
  19. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021). *Silske hospodarstvo Ukrainy za 2019–2021 rr.: statystychni zvyty [Agriculture of Ukraine for 2019–2021: statistical reports]*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
  20. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021). *Silske hospodarstvo Volynskoi oblasti za 2019–2021 rr.: statystychni zvyty [Agriculture of the Volyn region for 2019–2021: statistical reports]*. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.12.2022

## АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ

О.І. Савчук<sup>1</sup>, Т.Ю. Приймачук<sup>1</sup>, О.В. Дребот<sup>2</sup>,  
Н.В. Цуман<sup>3</sup>, Ю.М. Ільїнський<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут сільського господарства Полісся НААН (м. Житомир, Україна)

e-mail: [grunt17isgp@gmail.com](mailto:grunt17isgp@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6702-239X

e-mail: [isgp.ek@gmail.com](mailto:isgp.ek@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6088-1730

<sup>2</sup> Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

e-mail: [o\\_drebot@ukr.net](mailto:o_drebot@ukr.net); ORCID: 0000-0003-4146-3266

<sup>3</sup> Агроєкологічний фаховий коледж (м. Житомир, Україна)

e-mail: [innater-59@ukr.net](mailto:innater-59@ukr.net); ORCID: 0000-0003-0770-6009

e-mail: [ilinskyu@ukr.net](mailto:ilinskyu@ukr.net); ORCID: 0000-0002-5301-6714

В умовах осушуваних земель за незадовільної роботи меліоративних систем, у зоні Полісся стало можливим вирощування комерційно привабливих культур, зокрема таких, як ріпак озимий та кукурудза на зерно. Проаналізовано короткоротаційну сівозміну: люпин — ріпак озимий — жито озиме — кукурудза, на основі якої вивчалися різні варіанти системи удобрення, в т. ч. шляхом заміни підстилкового ґною сидератом і побічною продукцією всіх культур у поєднанні з рекомендованою для зони та підвищеною (інтенсивною) нормами мінеральних добрив. Метою завдання було визначити оптимальне агрохімічне забезпечення зернової сівозміни для отримання стабільної продуктивності культур та збереження родючості ґрунту. Відмічено, що впродовж 2016–2020 рр. досліджень, у вегетаційний період сільськогосподарських культур у метровому шарі осушуваного дерново-підзолистого супіщаного ґрунту запаси продуктивної вологи знижувались до 60–80 мм, тобто до критичного рівня. Встановлено, що загальна продуктивність сівозміни залежала від її насичення кукурудзою, врожайність зерна якої в середньому за 5 років за різного рівня органічно-мінерального живлення становила 6,01–7,13 т/га. Найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозміної площі (4,23 і 4,52 т відповідно) отримано за внесення побічної продукції на фоні підвищеної норми мінеральних добрив ( $N_{67}P_{85}K_{92}$ ). Встановлено, що заміна підстилкового ґною побічною продукцією зернових, зернобобових і олійних культур в якості органічного добрива на фоні внесення рекомендованої ( $N_{45}P_{56}K_{61}$ ) і підвищеної ( $N_{67}P_{85}K_{92}$ ) норм мінерального удобрення, не знижує продуктивність сівозміни, забезпечує бездефіцитний баланс азоту та щорічне накопичення гумусу в кількості 320 і 440 кг відповідно, що гарантує розширене відтворення і підвищення родючості ґрунту.

**Ключові слова:** меліоровані землі, ринкові культури, система удобрення, продуктивність, гумус, баланс азоту.

### ВСТУП

В умовах змін клімату в зоні Полісся на дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах із незадовільною роботою осушуваних меліоративних систем, стало можливим вирощування економічно привабливих культур, зокрема, ріпаку та кукурудзи на зерно [1]. Тому мета досліджень полягала у визначенні оптимальної системи удобрення культури, яка б забезпечувала отримання високої продуктивності короткоротаційної

сівозміни та збереження родючості осушуваного дерново-підзолистого супіщаного ґрунту в умовах дефіциту вологи.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні зміни клімату супроводжуються погіршенням природного вологозабезпечення, зокрема й меліорованих земель у зоні осушення, і формують нові умови вирощування сільськогосподарських культур. Науково обґрунтована сівозміна залишається основою системи землеробства,



від якої залежить продуктивність культур, родючість ґрунту і його водний режим. На сьогодні господарства перейшли на короткоротаційні динамічні сівозміни, переважно з вузькою спеціалізацією вирощування зернових та олійних культур [2; 3]. Тому важливим є підбір та розміщення культур у сівозмінах, яке б сприяло підвищенню їх продуктивності, стабілізації родючості ґрунту, не порушувало екологію навколишнього середовища та задовольняло потреби ринку [4; 5].

За останні два десятиліття у землеробстві Поліссі відбулися зміни пріоритетності сільськогосподарських культур, де озимі зернові культури поступилися кукурудзі. Зміни кліматичних умов та ґрунти достатньою мірою відповідають біологічним потребам цієї культури. Кукурудза стала головною фуражною та енергетичною культурою, з високим потенціалом урожайності. Розширення її площі в сівозмінах дає можливість збільшити виробництво зерна без істотного зниження врожаю інших зернових культур [6]. У структурі посівних площ сільгосп підприємств поліського регіону кукурудза займає близько 20%, що не перевищує науково обґрунтовані нормативи.

Економічно привабливою культурою на Поліссі став ріпак. Перевагою його є те, що він покращує фізико-хімічні, агрономічні властивості ґрунту, є добрим попередником та фітосанітаром проти кореневих гнилей зернових культур, збільшує запаси органічних речовин і розчинних форм фосфору. В світовому землеробстві ріпаково-зерновий тандем вважається найбільш економічно ефективною ланкою в сучасних сівозмінах. Однак за його вирощування присутні певні ризики зниження врожайності як через вибагливість цієї культури щодо погодних умов, зокрема, вимерзання посівів озимого ріпаку, так і за порушення окремих елементів технології, що призводить до зрідження посівів, а в окремих випадках, і до повної їх загибелі. Тому великі масиви ріпаку у структурі посівних площ є недоцільними [7].

Для вирішення питання дефіциту азоту, який є основним лімітуючим елементом

у дерново-підзолистих ґрунтах, в умовах відсутності в господарствах тваринницької галузі, необхідно максимально насичувати сівозміни бобовими або зернобобовими культурами, використовуючи їх побічну продукцію в якості органічних добрив [8; 9]. Сільськогосподарські культури мають різну дію на родючість ґрунту за рахунок біологічних особливостей: технологій вирощування, величини виносу елементів живлення та їх повернення з нетоварною продукцією [10; 11].

Однією з найважливіших ґрунтоохоронних функцій сівозміни і умов її стабільно високої продуктивності є створення бездефіцитного балансу гумусу та поживних речовин. Як відомо, структура посівних площ, тип сівозміни і система удобрення культур у ній істотно впливають на елементи родючості ґрунту. Баланс поживних речовин повинен складатися так, щоб проходження ротацій сівозміни поряд із підвищенням продуктивності незмінно супроводжувалось збільшенням запасів гумусу та елементів мінерального живлення рослин [3].

У сучасних умовах основним джерелом поповнення органічної речовини ґрунту є кореневі і поживні рештки та побічна рослинницька продукція. Рослинні рештки сільськогосподарських культур наразі розглядаються в усьому світі як важливий ресурс відтворення органічної речовини і збереження функціональних властивостей ґрунту в агроценозах, як ключовий чинник для стійкого сільськогосподарського виробництва [12; 13]. Залучення нетоварної частини біомаси сільськогосподарських культур за рекомендованих норм їх удобрення на дерново-підзолистому ґрунті дає змогу сформувати балансові показники з додатнім сальдо як по елементах живлення, так і гумусу [14].

Зменшення вмісту органічної речовини і її основної складової — гумусу, є найбільш істотною ознакою деградації ґрунтів у результаті впливу господарської діяльності. Внесення в ґрунт додаткового вуглецю у вигляді гною за органо-мінеральної та органічної систем удобрення сприяє регулю-

ванню азотно-вуглецевого балансу в ґрунті, що призводить до збільшення вмісту гумусу в орному шарі ґрунту [15]. Тому спільне застосування в сівозміні мінеральних і органічних добрив виявляється вигідним з точки зору поліпшення властивостей ґрунту, підвищення врожайності культур, економії добрив і зниження ризиків екологічних порушень [16; 17].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювалися в Інституті сільського господарства Полісся НААН (с. Грозине Коростенського р-ну Житомирської обл.) упродовж 2016–2020 рр. на осушуваному дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Агрохімічні показники ґрунту: вміст гумусу – 1,27%, рухомих форм фосфору і калію – 84 і 101 мг/кг ґрунту відповідно, рН<sub>сол.</sub> – 5,2, гідролітична кислотність – 2,25 мг-екв. на 100 г ґрунту.

На вивчення поставлена чотирирічна зернова сівозміна: люпин – ріпак озимий – жито озиме – кукурудза. Системою удобрення передбачено такі варіанти: контроль (без добрив); побічна продукція + сидерат; рекомендована для зони норма добрив на 1 га сівозмінної площі (N<sub>45</sub>P<sub>56</sub>K<sub>61</sub> + 10 т підстилкового гною); альтернативна (N<sub>45</sub>P<sub>56</sub>K<sub>61</sub> + побічна продукція + сидерат); підвищена (інтенсивна) в 1,5 раза (N<sub>67</sub>P<sub>85</sub>K<sub>92</sub>) + побічна продукція. Систе-

ма живлення під культури представлена в *табл. 1*. Підстилковий гній вносився під кукурудзу – 40 т/га. Сидерат середели (урожайність зеленої маси становила в середньому 8,0 т/га) підсівався під жито. Площа посівної ділянки – 48 м<sup>2</sup>, облікової – 28 м<sup>2</sup>. Повторність – триразова. Основний спосіб обробітку ґрунту – оранка.

Вміст гумусу в ґрунті визначали за Тюріним (ДСТУ 4289:2004); рН ґрунту – потенціометричним методом згідно із ДСТУ ISO 10390 – 2001; фосфор і калій – за Кірсановим (ДСТУ 4405-2005); гідролітичну кислотність – за ДСТУ 7537:2014. Узагальнення матеріалів та аналіз результатів досліджень проводили за методом дисперсійного аналізу (Доспехов, 1985) і програмою «STATISTICA».

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Однією з важливих умов, які дають можливість отримувати стабільні врожаї сільськогосподарських культур, є оптимальне забезпечення їх ґрунтовою вологою у період вегетації. Спостереження, які проводилися впродовж 2016 – 2020 рр. за динамікою вологозапасів у ґрунті, засвідчили про зростання дефіциту вологи вже на початок літа, коли в метровому шарі запаси продуктивної вологи понижувались до 60–80 мм, тобто до критичного рівня [18].

Озимі культури завдяки весняним вологозапасам, встигають сформувати по-

Таблиця 1. Схеми удобрення культур у сівозміні

№ вар.	Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Система удобрення під культури			
		люпин	ріпак озимий	жито озиме	кукурудза
1	Контроль	—	—	—	—
2	П/п + сидерат	п/п	п/п	п/п	п/п + сидерат
3	Гній 10 т + N <sub>45</sub> P <sub>56</sub> K <sub>61</sub>	P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	гній 40 т + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
4	П/п + сидерат + N <sub>45</sub> P <sub>56</sub> K <sub>61</sub>	п/п + P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	п/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	п/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	п/п + сидерат + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
5	П/п + N <sub>67</sub> P <sub>85</sub> K <sub>92</sub>	п/п + P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	п/п + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	п/п + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	п/п + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>

Примітка: П/п – побічна продукція.

рівняно високу врожайність зерна, кукурудза загалом не потерпає від літньої посухи. А найбільше реагував на дефіцит вологи в ґрунті люпин, який у посушливих умовах вегетації в середньому за роки досліджень мав низьку врожайність насіння: 1,09–1,42 т/га (табл. 2).

Результати отриманих досліджень засвідчили, що загальна продуктивність сівозміни залежала від кукурудзи, як найбільш урожайної культури (на мінеральних фонах — 6,01–7,13 т/га), що й вплинуло на кінцевий вихід продукції. Найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі отримано за підвищеної в 1,5 раза норми мінеральних добрив (N<sub>67</sub>P<sub>85</sub>K<sub>92</sub>) на фоні побічної продукції, відповідно 4,23 і 4,52 т.

Оскільки основна функція сівозміни полягає у створенні бездефіцитного балансу гумусу та поживних речовин, то одним із завдань наших досліджень було вивчен-

ня умов збереження родючості ґрунту за використання мінеральних добрив та залучення до кругообігу біологічного азоту бобових культур і побічної продукції.

Зміни вмісту гумусу в ґрунтах залежить від двох взаємно протилежних процесів — гуміфікації (новоутворення гумусу) та мінералізації органічної речовини. У прибутковій статті враховується поповнення вуглецю з побічною продукцією і рослинними рештками (поживно-кореновими) з урахуванням коефіцієнта їх гуміфікації для дерново-підзолистого ґрунту. Витрати гумусу у ґрунті під окремими культурами визначені розмірами його мінералізації.

Здійснений нами аналіз балансу гумусу за методикою С.А. Балюка та ін. [19] засвідчив, що в сівозміні на неудобреному фоні відбувається різке зниження родючості ґрунту — втрати гумусу становлять 550 кг/га в рік (табл. 3). Заорювання всієї побічної продукції сприяло бездефіцитно-

**Таблиця 2. Продуктивність культур (т/га) та сівозміни (т) залежно від системи удобрення (середнє за 2016–2020 рр.)**

№ вар.	Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі)	Культури сівозміни				Збір на 1 га сівозмінної площі	
		люпин	ріпак озимий	жито озиме	кукурудза	з.о.	к.о.
1	Без добрив (контроль)	1,09	1,41	2,47	3,36	2,57	2,68
2	П/п + сидерат	1,15	1,53	2,79	4,03	2,90	3,03
3	Гній 10 т + N <sub>45</sub> P <sub>56</sub> K <sub>61</sub>	1,26	1,69	3,75	7,13	4,00	4,29
4	П/п + сидерат + N <sub>45</sub> P <sub>56</sub> K <sub>61</sub>	1,29	1,71	3,72	6,01	3,73	3,97
5	П/п + N <sub>67</sub> P <sub>85</sub> K <sub>92</sub>	1,42	1,92	4,06	7,02	4,23	4,52
НІР <sub>05</sub> , т/га		0,11	0,12	0,24	0,44		

Примітка: П/п — побічна продукція; з.о. і к.о. — зернові і кормові одиниці.

**Таблиця 3. Баланс гумусу в ґрунті залежно від системи удобрення (середнє за 2016–2020 рр.), т/га**

№ вар.	Синтез гумусу за сівозміну				Мінералізація гумусу	Баланс гумусу, +/-	
	з рослинними рештками	з гноєм	з соломою і сидератом*	всього		за сівозміну	у рік
1	2,58	—	—	2,58	4,8	-2,22	-0,55
2	2,79	—	2,18*	4,97		0,17	0,04
3	3,43	1,6	—	5,03		0,23	0,06
4	3,30	—	2,80*	6,10		1,30	0,32
5	3,53	—	3,03	6,56		1,76	0,44

му балансу гумусу, накопичення було незначним — 40 кг/га. На фоні рекомендованої норми мінеральних добрив ( $N_{45}P_{56}K_{61}$ ) та 10 т гною на 1 га сівозмінної площі (солома вилучалась із поля), приріст гумусу становив 60 кг/га, тобто баланс також бездефіцитний.

За результатами наукових досліджень [20] встановлено, що позитивний баланс гумусу повинен бути на рівні 300–800 кг/га. Такий приріст забезпечує розширене відтворення і підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту.

Заміна гною альтернативними джерелами надходження органічної речовини (побічною продукцією зернових, зернобобових та олійних культур), сприяла збільшенню виходу біомаси та надходженню рослинних залишків, відповідно, щорічне накопичення гумусу зросло до 320–440 кг, що забезпечує розширене відтворення і підвищення родючості ґрунту. Слід відмітити, що сидерат серадели посівної, який присутній у сівозміні, майже не впливав на накопичення органічної речовини, що вказує на повну його мінералізацію. Крім того, вивчалися умови та способи створення позитивного балансу азоту в ґрунті за обмеження або відсутності мінеральних добрив та залучення до кругообігу біологічного азоту бобових культур та побічної продукції.

Зрозуміло, що баланс основних елементів живлення, зокрема, азоту, є оцінкою рівня родючості ґрунту. До того ж, найбільш об'єктивні результати можна отримати, якщо розглядати цей показник у динаміці в тривалому циклі спостережень. Це пов'язано з тим, що врожай культур значною мірою залежний від погодних умов і експериментальні дані за 1–2 роки не мають об'єктивної достовірності.

Суть балансового методу розрахунку полягає у зіставленні основних статей надходження і виносу поживних речовин. Дослідження цього питання в землеробстві має важливе значення не тільки для характеристики умов живлення рослин, виявлення фактичного дефіциту основних елементів, але й для визначення і розроб-

лення оптимальних доз і способів внесення добрив із метою підвищення їх ефективності.

Та кількість поживних речовин, що вноситься врожайми культур, характеризує його господарський винос, який у всіх випадках менший від біологічного. Це тому, що частина поживних речовин, які містяться в коренево-післяжнивних залишках, за визначення господарського виносу не враховується, оскільки залишається в ґрунті в складі зазначеної органічної маси.

У наших дослідженнях винос азоту розраховано за результатами хімічного складу основної та побічної продукції (табл. 4). Окрім відчуження з урожайми, враховувалися газоподібні втрати азоту з мінеральних та органічних добрив, вимивання за межі профілю ґрунту низхідними токами води (табл. 5). До прибуткової частини зараховували надходження з органічними та мінеральними добривами, біологічний азот, який фіксується бобовими культурами з атмосфери та надходження з опадами і насінням.

Унаслідок переважно склався від'ємний баланс азоту: на контролі (без добрив) він становив 50 кг на 1 га сівозмінної площі. На варіанті з побічною продукцією та сидератом дефіцит вдвоє менший — 23 кг. На фоні рекомендованої норми мінеральних добрив за відсутності побічної продукції (вар. 3), внесення 10 т гною не компенсувало сумарні витрати азоту — баланс залишається від'ємним.

Надходження азоту з соломою, сидератом та рекомендованої норми мінеральних добрив (вар. 4), повністю не компенсувало його загальний винос. За цих умов дефіцит азоту становить всього 2 кг, що можна вважати баланс бездефіцитним. За підвищеної в 1,5 раза норми мінеральних добрив у поєднанні з соломою, забезпечується також бездефіцитний або врівноважений баланс азоту.

## ВИСНОВКИ

На дерново-підзолистому осушуваному супіщаному ґрунті в умовах незадовільної роботи меліоративних систем коротко-

Таблиця 4. Винос азоту культурами за rotaцію сівозміни (2016–2020 рр.)

Культура	Основна продукція				Побічна продукція				Сумарний вміст в урожаї		Всього по сівозміні, кг/га
	урожай, ц/га	вміст а.с.р., ц/га	вміст азоту		урожай, ц/га	вміст а.с.р., ц/га	вміст азоту		а.с.р., ц/га	азоту, кг/га	
			% на а.с.р.	кг/га			% на а.с.р.	кг/га			
<b>1. Контроль</b>											
Люпин	1,09	0,94	4,50	43,2	1,31	1,10	3,50	38,5	2,01	81,7	291
Ріпак	1,41	1,30	3,50	45,5	3,50	2,90	0,70	20,7	4,20	66,2	
Жито	2,47	2,12	2,05	43,5	4,90	4,10	0,30	12,4	5,23	55,9	
Кукурудза	3,36	2,89	1,73	50,0	6,40	5,40	0,70	37,5	7,86	87,5	
<b>2. Побічна продукція + сидерат</b>											
Люпин	1,15	0,99	4,50	44,5	1,38	1,16	3,50	48,3	2,15	92,8	314
Ріпак	1,53	1,32	3,50	46,0	1,99	1,67	0,70	11,7	2,99	57,7	
Жито	2,79	2,40	2,12	50,9	4,18	3,51	0,35	12,3	5,63	63,2	
Кукурудза	4,03	3,47	1,72	59,6	7,09	5,95	0,69	41,1	9,42	100,7	
<b>3. Гній + NPK</b>											
Люпин	1,26	1,08	4,50	48,7	1,51	1,27	3,50	44,4	2,35	93,1	459
Ріпак	1,69	1,45	3,50	50,8	4,20	3,50	0,70	24,8	3,30	75,6	
Жито	3,75	3,22	2,25	72,4	7,50	6,40	0,45	28,3	8,26	99,7	
Кукурудза	7,13	6,13	1,76	107,9	13,50	11,40	0,70	78,6	21,00	187,5	
<b>4. Побічна продукція + сидерат + NPK</b>											
Люпин	1,29	1,11	4,50	50,0	1,55	1,30	3,50	45,5	2,41	95,5	405
Ріпак	1,71	1,47	3,50	51,5	2,22	1,87	0,70	13,1	3,34	64,6	
Жито	3,72	3,20	2,16	69,1	5,95	4,50	0,45	20,2	6,66	89,3	
Кукурудза	6,01	5,16	1,82	94,1	10,6	8,90	0,69	61,4	14,0	155,5	
<b>5. Побічна продукція + 1,5 NPK</b>											
Люпин	1,42	1,22	4,50	54,9	1,70	1,43	3,50	50,0	2,65	104,9	480
Ріпак	1,92	1,65	3,50	57,8	2,50	2,10	0,70	14,7	3,75	86,0	
Жито	4,06	3,49	2,32	80,9	8,20	6,80	0,45	30,7	6,99	111,6	
Кукурудза	7,02	6,04	1,76	106,2	12,30	10,40	0,69	71,6	16,4	177,8	

Примітка: \* а.с.р. – абсолютно суха ретовина.

Таблиця 5. Баланс азоту в ґрунті (середнє за 2016–2020 рр.), кг/га за ротацію сівозміни

Стаття балансу	Варіант удобрення					
	1	2	3	4	5	
Витрати:						
– сумарний винос з урожаєм	291	314	459	405	480	
– газоподібні втрати з добрив (20%)	–	–	68	36	54	
– вимивання з ґрунту	8	8	8	8	8	
Всього	280	322	535	449	542	
Надходження:						
– з мінеральними добривами	–	–	180	180	270	
– з гноєм	–	–	180	–	–	
– з сидератом	–	37	–	39	–	
– з соломою	–	113	–	140	184	
– з насінням і опадами	48	48	48	48	48	
– біологічний азот	30	31	34	35	38	
Всього	78	229	442	442	540	
Баланс, кг	на сівозміну	–202	–93	–93	–7	–2
	на 1 га сів. площі	–50	–23	–23	–2	0

ротаційна сівозміна з часткою кукурудзи та ріпаку по 25% забезпечує найбільший вихід зернових і кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі (4,23 і 4,52 т відповідно) за підвищеної (інтенсивної) норми мінеральних добрив ( $N_{67}P_{85}K_{92}$ ) на фоні побічної продукції. Альтернативою гною

є заорювання побічної продукції, яка на фоні рекомендованої ( $N_{45}P_{56}K_{61}$ ) та підвищеної в 1,5 раза ( $N_{67}P_{85}K_{92}$ ) норм мінеральних добрив забезпечує бездефіцитний баланс азоту та накопичення 320–440 кг гумусу або розширене відтворення родючості ґрунту.

### ЛІТЕРАТУРА

- Савчук О.І., Мельничук А.О., Дребот О.В. та ін. Стан та використання осушених земель Житомирського Полісся в умовах змін клімату. *Збірник наукових праць «Агропромислове виробництво Полісся»*. 2018. № 11. С. 12–16.
- Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>
- Бойко П.І., Літвінов Д.В., Цимбал Я.С., Кудря С.О. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. С. 1–14.
- Hiel, M.P., Barbieux, S., Pierreux, J. et al. Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *Peer J*. 2018. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836>.
- Brus Arnold H. Concepts in Crop Rotations. *Agricultural Science / Ed. by Godwin Aflakpui*. Intech Open, 2012. P. 29–31. DOI: <https://doi.org/10.5772/35935>
- Артеменко С. Кукурудза в короткоротаційній сівозміні. *Пропозиція*. 2017. № 1. С. 82–87.
- Рудик Р.І., Дідківський М.П., Герасимчук В.І. та ін. Перезимівля ріпаку на практиці. *Агрономія сьогодні*. 2015. С. 5–6.
- Єгоров О.В., Жидок Н.П., Грищенко О.М., Шабанова І.І. Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>
- Іванишин В.В., Роїк М.В., Шувар І.А. та ін. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи / за заг. ред. В.В. Іванишина та І.А. Шувар. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284 с.
- Романова С.А., Гульванський І.М., Задорожна С.В., Матвеева В.О. Баланс гумусу в короткоротаційній польовій сівозміні. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 4. С. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189442>

11. Haruna S.I. and Nkongolo N.V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (10). P. 2770. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11102770>.
12. Stanislav Torma et al. Residual plant nutrients in crop residues — an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*. 2018. Vol. 68 (4). P. 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134>.
13. Aulakh M.S. et al. Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*. 2000. Vol. 64. P. 1867–1876. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6451867x>
14. Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф., Колесник Т.М. Еколого-економічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127>
15. Венгліньський М.О., Годинчук Н.В., Грищенко О.М. Динаміка показників гумусного стану ґрунтів Українського Полісся. *Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів»*. 2018. Вип. 7. С. 8–12.
16. Вишневський Ф.О., Паламарчук Р.П., Довбиш Л.Л., Залевський Р.А. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтовому покриві орних земель Андрушівського району Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 2. С. 44–49.
17. Грищенко О.М., Романова С.А., Запасний В.С., Шабанова І.І. Зональні особливості динаміки вмісту гумусу в ґрунтах Чернігівської області. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248>
18. Рижук С.М., Мельничук А.О., Савчук О.І. та ін. Ефективність вирощування жита озимого на осушуваних ґрунтах Полісся в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234473>
19. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП «Міська друкарня». 2011. 30 с.
20. Зозуля А.К., Дудченко І.В., Котвицький В.Б. Рекомендації по визначенню балансу гумусу та поживних речовин в господарствах Волинської області. Луцьк: «Міська типографія». 1996. 98 с.

## REFERENCES

1. Savchuk, O.I., Melnychuk, A.O., Drebot, O.V. et al. (2018). Stan ta vykorystannia osushenykh zemel Zhytomyrskoho Polissia v umovakh zmin klimatu [Condition and use of drained lands of Zhytomyr Polissia under climate change conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia» — Collection of scientific papers «Agro-industrial production of Polissia»*, 11, 12–16 [in Ukrainian].
2. Boiko, P.I., Martyniuk, I.V. & Tsymbal, Ya.S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntspiv u systemakh zemlerobstva [Development of crop rotation principles in farming systems]. *Visnyk ahraryoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 3, 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> [in Ukrainian].
3. Boiko, P.I., Litvinov, D.V., Tsymbal, Ya.S. & Kudria, S.O. (2018). Pryntsypy rozroblennia system riznorotatsiinykh sivozmin v Ukraini [Principles of development of multi-rotation crop rotation systems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» — Collection of scientific works of the NSC «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences»*, 1, 1–14 [in Ukrainian].
4. Hiel, M., Barbieux, S., Pierreux, J. et al. (2018). Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *Peer J.*, 1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4836> [in English].
5. Bruns, H.A. & Godwin, Aflakpui (Ed.). (2012). Concepts in Crop Rotations. Agricultural Science. London, UK: Intech Open Limited, 25–48. DOI: <https://doi.org/10.5772/35935> [in English].
6. Artemenko, S. (2017). Kukurudzа v korotkorotatsiinii sivozmini [Maize in short-rotation crop rotation]. *Propozystsiia — Offer*, 1, 82–87 [in Ukrainian].
7. Rudyk, R.I., Didkivskiy, M.P., Herasymchuk, V.I. et al. (2015). Perezymivlia ripaku na praktytisi [Overwintering of rapeseed in practice]. *Ahronomiia sohodni — Agronomy today*, 5–6 [in Ukrainian].
8. Yehorov, O.V., Zhydok, N.P., Hryshchenko, O.M. & Shabanova, I.I. (2021). Vplyv dobryv na pokaznyky rodniuchosti dornovo-pidzolystrykh gruntiv ta produktyvnist korokorotatsiinykh sivozmin Polissia [The influence of fertilizers on the fertility indicators of sod-podzolic soils and the productivity of corokorotational crop rotations in Polissia]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroekological journal*, 3, 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329> [in Ukrainian].
9. Ivanyshyn, V.V., Shuvar, I.A. (Eds.) & Roik, M.V. et al. (2016). *Biologizatsiia zemlerobstva v Ukraini: realiti ta perspektyvy [Biologization of agriculture in Ukraine: realities and prospects]*. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte [in Ukrainian].
10. Romanova, S.A., Hulvanskyi, I.M., Zadorozhna, S.V. & Matvieieva, V.O. (2019). Balans humusu v korotkorotatsiinii polovii sivozmini [Humus balance in short-rotation field crop rotation]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroekological journal*, 4, 29–32 [in Ukrainian].
11. Haruna, S.I. & Nkongolo, N.V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11 (10), 2770. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11102770> [in English].
12. Stanislav, Torma, Jozef, Vilček, Tomáš, Lošák et al. (2018). Residual plant nutrients in crop residues — an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*, 68 (4), 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134> [in English].

13. Aulakh, M.S., Khera, T.S., Doran, J.W. et al. (2000). Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1867–1876. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6451867x> [in English].
14. Polovyi, V.M., Yashchenko, L.A., Rovna, H.F. & Kolesnyk, T.M. (2022). Ekolooho-ekonomichni aspekty vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur na dernovo-podzolistomu hruntii Zakhidnoho Polissia Ukrainy [Ecological and economic aspects of growing agricultural crops on the sod-podzolic soil of the Western Polissia of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127> [in Ukrainian].
15. Venhliynskiy, M.O., Hodynchuk, N.V. & Hryshchenko, O.M. (2018). Dynamika pokaznykiv humusnoho stanu gruntiv Ukrainського Polissia [Dynamics of indicators of the humus state of the soils of the Ukrainian Polissia]. *Zbirnyk naukovykh prats «Okhorona gruntiv» — Collection of scientific works «Soil protection»*, 7, 8–12 [in Ukrainian].
16. Vyshnevskiy, F.O., Palamarchuk, R.P., Dovbysh, L.L. & Zalevskiy, R.A. (2018). Dynamika vmistu humusu v gruntovomu pokryvi ornykh zemel Andrushivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti [Dynamics of humus content in the soil cover of arable lands of Andrushiv district, Zhytomyr region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 44–49 [in Ukrainian].
17. Hryshchenko, O.M., Romanova, S.A., Zapasnyi, V.S. & Shabanova, I.I. (2021). Zonalni osoblyvosti dynamiky vmistu humusu v gruntakh Chernihivskoi oblasti [Zonal features of the dynamics of humus content in the soils of the Chernihiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 115–125. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227248> [in Ukrainian].
18. Ryzhuk, S.M., Melnychuk, A.O., Savchuk, O.I. et al. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannya zhyta ozymoho na osushuvanykh gruntakh Polissia v umovakh zmin klimatu [Effectiveness of growing winter rye on drained soils of Polissia in conditions of climate change]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 8, 73–78. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234473> [in Ukrainian].
19. Baliuk, S.A., Hrekov, V.O. & Lisovyi, M.V. (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia* [Calculation of the balance of humus and nutrients in the agriculture of Ukraine at different levels of management]. Kharkiv: Miska drukarnia [in Ukrainian].
20. Zozulya, A., Dudchenko, I. & Kotvyts'kyy, V. (1996). *Rekomendatsii po vyznachenniu balansu humusu ta pozhyvnykh rehovyn v hospodarstvakh Volynskoi oblasti* [Recommendations for determining the balance of humus and nutrients in farms of the Volyn region]. Lutsk: Miska topohrafiia [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 08.12.2022

---



## ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ (*GLYCINE MAX*) ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАЦІЇ

Л.М. Грановська, Н.Д. Резніченко, С.С. Рой

*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН  
(м. Одеса, Україна)*

*e-mail: G\_Ludmila15@ukr.net; ORCID: 000-0001-7021-3093*

*e-mail: nadezhda.reznichenko@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5741-6379*

*e-mail: roysergey11@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6821-9709*

*Висвітлено вплив традиційної та нульової систем основного обробітку ґрунту та орґано-мінеральних систем удобрення з використанням у проміжних післяжнивних посівах сидеральних культур на забур'яненість посівів та урожайність сої за вирощування її в зрошуваній короткоротаційній сівозміні Південного Степу України. Як за оранки, так і за нульової технології найбільша кількість насіння бур'янів була на варіантах, де не проводили сівбу сидеральних культур — 2,15–6,7 тис. шт./м<sup>2</sup>. Середня кількість бур'янів у посівах сої за оранки була найменшою і сягала 28,5 шт./м<sup>2</sup>. За нульового обробітку як другого року, так і довготривалого використання, спостерігали збільшення забур'яненості посівів на 16 і 8,5 шт./м<sup>2</sup>, відповідно. За сівби сої за нульовою технологією зменшення забур'яненості відмічали на варіантах із післяжнивними сидеральними посівами фацелії та гречки, де кількість бур'янів, порівняно з контролем була меншою на 10 і 16 шт./м<sup>2</sup>. За усіх способів основного обробітку ґрунту було зафіксовано приріст урожаю сої за застосування післяжнивних сидератів, який становив 0,22–0,57 т/га при посіві гречки на сидерат 0,06–0,23 т/га за використання буркуну білого однорічного та 0,29–0,67 т/га за застосування фацелії. Встановлено, що за вирощування сої у зрошуваній короткоротаційній сівозміні в зоні Південного Степу України найменша забур'яненість посівів та найбільша урожайність культури на рівні 3,77 т/га була забезпечена проведенням оранки на глибину 28–30 см. Сівба післяжнивних сидератів сприяла приросту врожайності сої від 0,06 до 0,67 т/га. За вирощування сої за нульовою технологією застосування в проміжних післяжнивних посівах гречки звичайної та фацелії пижмолистої на сидерат можуть забезпечити зменшення забур'яненості посівів основної культури на 24 і 39 %, відповідно, й збільшення урожайності на 0,22 та 0,29 т/га.*

**Ключові слова:** бур'яни, оранка, нульовий обробіток ґрунту, зелені добрива, зрошення, урожайність.

### ВСТУП

Серед причин, що впливають на зниження врожаю сільськогосподарських культур і погіршення його якості, значне місце займають бур'яни, які конкурують у посівах культурних рослин за воду, світло та елементи живлення. Для контролю чисельності сегетальних рослин сільгоспвиробники останнім часом віддають перевагу застосуванню гербіцидів, які рекомендують переліком пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні у 2023 р. (станом на 15.02.2023). Ця тенденція на

тривалий час збережеться і в майбутньому, оскільки науково обґрунтоване застосування пестицидів, порівняно з іншими способами захисту, забезпечує високу технічну й економічну ефективність. Однак звертаючи увагу на екологічну ситуацію і здатність пестицидів накопичуватися у ґрунті й водоймах, більш актуальним стає питання щодо застосування агротехнічних заходів контролю бур'янів, які були б екологічно безпечними, а саме: дотримання науково обґрунтованих сівозмін з урахуванням родючості ґрунтів і потреб ринку, проведення ґрунтозахисного й енер-

гоощадного основного обробітку ґрунту та збалансоване застосування добрив із використанням найвигідніших ресурсів органічної речовини (сидератів та післяжнивних рослинних решток).

**Метою досліджень** є дослідити вплив традиційної та нульової систем основного обробітку ґрунту, а також органо-мінеральних систем удобрення з використанням у проміжних післяжнивних посівах різних сидеральних культур на забур'яненість посівів та урожайність сої за вирощування її в зрошуваній короткоротаційній сівозміні в зоні Південного Степу України.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Запорукою формування високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур є створення оптимальних умов для розвитку рослин у вегетаційний період. Серед агротехнічних заходів важлива роль відводиться обробітку ґрунту, правильний вибір якого для кожної культури вирішує цілий комплекс завдань: створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи шляхом регулювання агрофізичних параметрів ґрунту; захист ґрунту від різного роду ерозії; регулювання водного і поживного режиму ґрунту; створення сприятливих умов для заробляння насіння, рослинних решток та добрив. Однак актуальною проблемою сьогодення в землеробстві є контролювання бур'янів у посівах сільськогосподарських культур. Разом із тим, механічний обробіток ґрунту завжди виступав одним із дієвих заходів контролю забур'яненості посівів. Дискусії серед вітчизняних науковців щодо правильного вибору системи основного обробітку відбуваються уже тривалий час.

Результати досліджень вчених Великої Британії [1] довели, що видовий склад бур'янів змінюється залежно від кліматичних чинників і сільськогосподарської діяльності. Британські вчені висловлюють думку, що з одного боку, бур'яни є основним обмеженням для сільськогосподарського вирощування рослинної продукції, а з іншого, вони є важливим компонентом

агроекосистеми і підтримують високу різноманітність видів комах. Зниження чисельності «рослин-господарів» може негативно вплинути на види комах та інші таксони [1].

Вченими Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН доведено, що забур'яненість посівів сільськогосподарських культур залежить від кількості життєздатного насіння бур'янів у ґрунті. Результати проведених ними досліджень доводять, що застосування різних систем, за способом і глибиною обробітку, майже однаково діють на загальну кількість насіння бур'янів у 0–30 см шарі ґрунту, проте, істотно змінюють потенційну забур'яненість кожного шару ґрунту окремо. У процесі досліджень було встановлено, що варіанти безполицевого основного обробітку ґрунту, порівняно з оранкою, зумовлюють розміщення основної маси (43–56%) насіння бур'янів у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту, що в подальшому дає можливість підібрати оптимальну систему заходів передпосівного обробітку і значно знизити забур'яненість посівів культурних рослин [2].

Вітчизняні вчені обґрунтовують висновки, що безполицеві комбіновані технології обробітку ґрунту в ланці сівозміни з зерновими культурами призводять до підвищення ступеня забур'яненості посівів порівняно з оранкою в середньому на 16–20% за кількістю бур'янів і на 26–34% – за їх масою. Найбільший рівень забур'яненості посівів зернових культур виявлено після чотирирічного застосування прямої сівби. Вченими Інституту зрошуваного землеробства НААН та Асканійської ДСДС ІЗЗ НААН було встановлено, що найбільшу кількість бур'янів (33 шт./м<sup>2</sup>) у посівах пшениці озимої отримано за нульового обробітку, при цьому продуктивність культури зменшилась на 18,9% (порівняно з контролем). Дослідження передбачали застосування сидерації, що дало змогу збільшити врожайність пшениці озимої в середньому на 14,4% [3].

Глибокий полицевий обробіток ґрунту завжди вважався найдієвішим агротехніч-

ним заходом щодо зниження бур'янів у передпосівний період і зменшення кількості їх насіння у верхньому шарі ґрунту, про що свідчать результати досліджень Примака Д.І., Єщенка В.О., Курдюкова О.М. на чорноземі звичайному в зоні Лісостепу України [4–6]. Однак довготривале застосування оранки часто зумовлює розвиток деградаційних процесів, зменшення стійкості верхнього шару ґрунту до вітрової і водної ерозії, що особливо актуально для зони Південного Степу України, ґрунти якої постійно підлягають дії вітрової ерозії. Тому, як основний із чинників збереження родючості ґрунту, запропоновано перехід до ґрунтозахисних технологій, які передбачають застосування безпліцевих глибоких та мілких обробітків, а також безпосередньо сівбу культур у необроблений ґрунт за допомогою спеціальних сівалок [7–9]. Однак за дослідженнями Кордюкова О.М. та Лебеда Є.М. заміна оранки як основного обробітку ґрунту на чорноземі звичайному на мілкий плоскорізний обробіток (10–12 см) і глибокий плоскорізний (20–22 см) ґрунту збільшує на 41 та 3% кількість бур'янів і на 47 й 6% — їх біомасу [6; 10]. Значно забур'янюються посіви сільськогосподарських культур і при заміні оранки на мілкий дисковий обробіток ґрунту, на що вказують дослідження проведені в різних регіонах України [11; 12].

Досвід застосування технології нульового обробітку в Україні вказує на позитивні екологічні наслідки такі, як зменшення втрат вологи, органічного вуглецю та проявів водної та вітрової ерозії, а також економію близько 50% пального порівняно з традиційною системою основного обробітку [13].

Питання ставатиме дедалі більш актуальним в умовах кліматичних змін, коли збільшення кількості опадів у деяких регіонах і підвищення штучно вологості ґрунту буде сприяти поширенню бур'янів. Більш сухий теплий клімат у багатьох регіонах у поєднанні з нестабільними моделями опадів сприятимуть поширенню багатьох найпроблемніших паразитичних бур'янів [14]. Разом із тим, експерти та практики техно-

логії *no-till* вважають, що «... чорнозем без рослин не формується, а деградує...» [15]. Щоб не було на полі бур'янів, необхідно висівати проміжні покривні культури. До того ж, чим довше на полі ростуть рослини, тим більше CO<sub>2</sub> поглинається з атмосфери на утворення органічної маси [15–17]. Крім того, після збирання польових культур в Україні залишається приблизно 80–120 діб із середньодобовою температурою вище 10°C.

Обробіток ґрунту часто використовується як засіб боротьби з бур'янами, але розвиток мінімальних і нульового обробітків ґрунту змінює підходи до боротьби з бур'янами. Значну роль у боротьбі з бур'янами зарубіжні вчені відводять науково обґрунтованим сівозмінам, оскільки, на їх думку, останні більш ефективно впливають на динаміку росту бур'янів, ніж система обробітку ґрунту [18; 19]. Тому вирощування післяжнивних сидератів є актуальним, оскільки може виконувати важливу фітосанітарну функцію в сівозміні, забезпечуючи повне використання вегетаційного періоду, здатність пригнічувати ріст і розвиток бур'янів, накопичувати органічну речовину у ґрунті та зменшувати хімічне навантаження на ґрунти і довкілля.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження ґрунтозахисних ресурсоощадних систем основного обробітку ґрунту та систем удобрення здійснювали на базі стаціонарного дослід з сільськогосподарськими культурами чотирирічної зерно-просапної сівозміни, закладеного у 2008 р. на зрошуваних землях Асканійської ДСДС ІЗЗ НААН. Дослідження проводили в сівозмінній ланці: ячмінь озимий із післяжнивним посівом сидерату — соя (*Glycine max*). Дослід включав такі чинники: чинник А — способи основного обробітку ґрунту: оранка на глибину 28–30 см під сою в системі диференційованого обробітку ґрунту в сівозміні (контроль 1); нульовий обробіток впродовж двох років використання на фоні довготривалого

(12 років) застосування різноглибинного від 23 до 28 см безполицевого чизельного обробітку ґрунту; нульовий обробіток довготривалого використання сівби культур у необроблений ґрунт; чинник В — система удобрення: варіант без сидерата (контроль 2) та варіанти сівби трьох сидеральних культур на фоні внесення під сою мінеральних добрив  $N_{60}P_{40}$  та всієї листко-стеблової маси попередника. Дослідження та статистична обробка результатів здійснювалися за методиками вітчизняних вчених [20; 21].

На сидерат висівали буркун білий однорічний (*Melilotus albus* Medik.), фацелію пижмолисту (*Pracelia tanacetifolia* Benth.) та гречку звичайну (*Fagopyrum esculentum* Moench.). Вибір сидеральних культур був обумовлений їх біологічними особливостями. Буркун білий — азотофіксувальна культура, добрий фітомеліоратор, активно оздоровлює ґрунт, знищуючи збудників корневих гнилій злакових культур, особливо ячменю, активно пригнічує розвиток стеблової й зернової нематод та дротяників. Фацелія пижмолиста — багатофункціональна рослина, стійка до шкідників і різних захворювань, добре витримує посуху, до ґрунтів невибаглива, може рости на дуже бідних ґрунтах і при цьому добувати важкодоступні мінеральні речовини. Гречка звичайна — рослина теплолюбна, коренева система якої виділяє багато мурашиної, щавлевої, лимонної, оцтової кислот, що розчиняють важкорозчинні сполуки і сприяють засвоєнню елементів живлення з них, а через короткий період вегетації може використовуватись у проміжних посівах.

Сівбу сидератів проводили після скошування ячменю озимого сівалкою Great Plains, яка використовується для сівби в необроблений ґрунт. За недостатньої вологості ґрунту здійснювали сходовикляючий полив. Скошували сидерати у фазі цвітіння: гречку — у I–III декаді вересня, фацелію і буркун білий однорічний — у II–III декаді жовтня. Під час скошування сира сидеральна маса гречки становила 9,4–10,7 т/га, фацелії — 8,5–9,7, буркуну біло-

го — 3,4–4,5 т/га. На варіантах із нульовим обробітком скошені сидерати залишали на поверхні як мульчу, а де вивчали традиційний обробіток — заробляли в ґрунт дисковими боронами з наступним проведенням оранки на глибину 28–30 см.

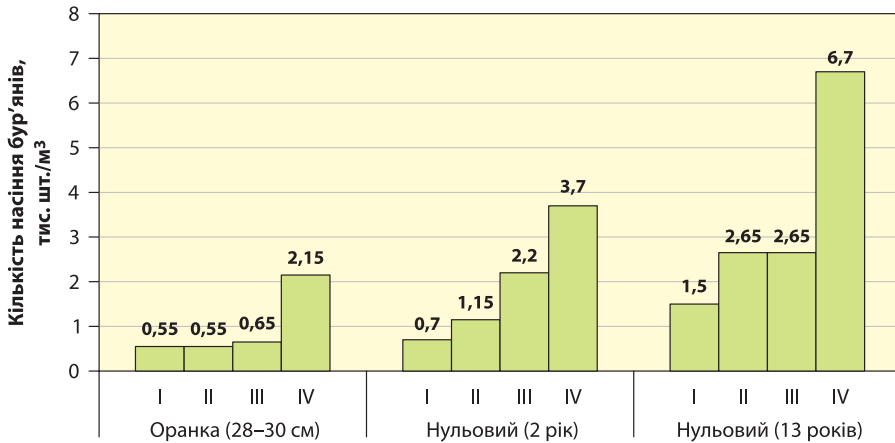
Ґрунт дослідного поля темно-каштановий середньосуглинковий, залишково-слабосолонцюватий, містить в орному шарі 2,5% гумусу, 3,0 мг мінерального азоту, 4,5 мг рухомого фосфору та 45 мг обмінного калію на 100 г ґрунту; рН водної витяжки 7,0–7,3.

Під час проведення досліджень використовували польовий, кількісно-ваговий, розрахунково-порівняльний та математико-статистичний методи. Польові досліді та супутні дослідження проводили за відповідними методиками [20]. Засміченість верхнього орного шару ґрунту насінням бур'янів визначали методом ґрунтових розкопок. Зразки ґрунту відбирали з майданчиків 20×20 см на глибину 25 см на кожному варіанті досліді і проводили аналіз їх в лабораторних умовах.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень встановлено значне засмічення верхнього шару ґрунту насінням сеgetальних рослин, у межах 0,55–6,7 тис. шт./м<sup>2</sup>, яке потребувало обов'язкового використання ґрунтового гербіциду перед сівбою сої. Серед усіх досліджуваних технологій основного обробітку ґрунту за оранки кількість насіння бур'янів була найменшою і, залежно від варіанта удобрення, знаходилася в межах 0,55–2,15 тис. шт./м<sup>2</sup>. Збільшення кількості насіння спостерігали за технології нульового обробітку ґрунту: 0,7–3,7 тис. шт./м<sup>2</sup> за дворічного його використання та 1,5–6,7 тис. шт./м<sup>2</sup> за довготривалого застосування сівби в необроблений ґрунт (рис. 1).

Основною причиною меншої кількості насіння бур'янів за глибокої оранки було заробляння значної частини його на глибину до 30 см, тоді як за нульової технології все насіння залишається на поверхні та,



**Рис. 1.** Кількість насіння бур'янів у шарі ґрунту 0–25 см перед сівбою сої за різних варіантів основного обробітку ґрунту та удобрення, тис. шт./м<sup>2</sup>

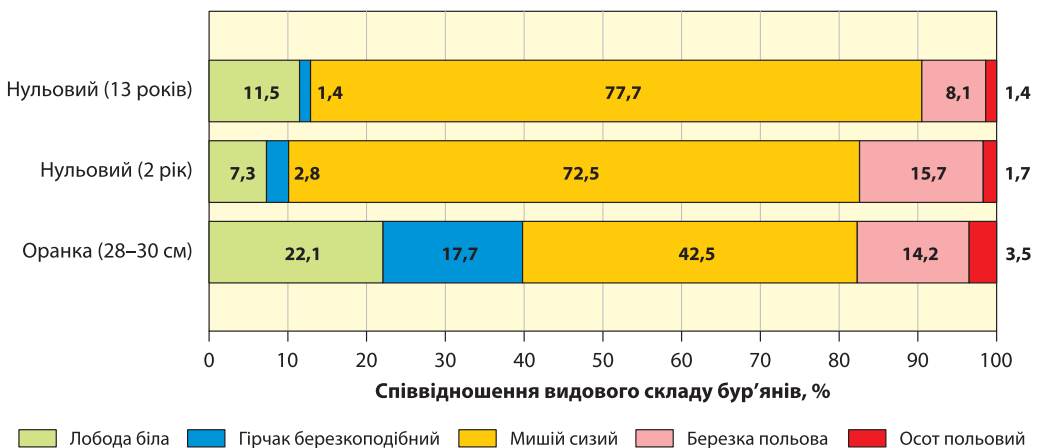
*Примітка:* система удобрення сої: I – N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + гречка на сидерат, II – N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + буркун білий однорічний на сидерат, III – N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + фацелія пижмолиста на сидерат, IV – N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>.

за сприятливих погодних умов, швидше простало.

Як за оранки, так і за нульової технології найбільша кількість насіння бур'янів була на варіантах, де не проводили сівбу сидеральних культур – 2,15–6,7 тис. шт./м<sup>2</sup>. На варіантах із післязливними сидеральними посівами зафіксовано зменшення щодо контролю кількості насіння бур'янів: за використання гречки звичайної – у 3,9

раза за оранки, у 5,3 та 4,5 раза за нульового обробітку дворічного й довготривалого застосування; буркуну білого однорічного – у 3,9, 3,2 і 2,5 раза, фацелії пижмолистої – у 3,3, 1,7 та 2,5 раза відповідно.

Посіви сої у роки проведення досліджень мали змішаний характер забур'яненості. Бур'яни були представлені переважно пізніми ярими однодольними та дводольними видами, які розвиваються



**Рис. 2.** Структура видового складу бур'янів у посівах сої на різних варіантах основного обробітку ґрунту, %

разом із рослинами сої. Найпоширенішими виявилися однорічні бур'яни – мишій сизий (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), гірчак березкоподібний (*Polygonum convolvulus* L.) та дворічні – осот рожевий (*Cirsium arvense* L.) та березка польова (*Convolvulus arvensis* L.) (рис. 2).

Варто зазначити, що за оранки спостерігали майже однакове співвідношення дводольних і однодольних однорічних видів бур'янів – 39,8 і 42,5% відповідно. Частка багаторічних видів (березки польової та осоту рожевого) становила загалом 17,7%. За нульового обробітку кількість рослин мишю сизого майже у два рази була більшою, ніж за оранки, тоді як лободи білої було менше у 2–3 рази, а гірчака березкоподібного – у 6–11 разів.

На період проведення обліків забур'яненості посівів сої у фазі бутонізації встановлено, що середня кількість бур'янів на

варіантах з оранкою сягала 28,5 шт./м<sup>2</sup> з наземною вегетативною масою 21,5 г/м<sup>2</sup>. За нульового обробітку, як другого року, так і довготривалого використання, досліджувані показники були більшими на 16,0 і 8,5 шт./м<sup>2</sup> відповідно (табл. 1).

Порівнюючи доцільність використання різних сидеральних культур, встановлено, що за проведення оранки під сою меншу забур'яненість посівів забезпечила сівба гречки на сидерат: на 10 шт./м<sup>2</sup> порівняно з фацелією пижмолистою та на 1 шт./м<sup>2</sup> порівняно з буркуном білим з відповідно меншою на 33,1 і 13,5 г/м<sup>2</sup> вегетативною масою.

За сівби сої за нульовою технологією зменшення забур'яненості спостерігали на варіантах застосування післяжнивних сидеральних посівів фацелії та гречки, де кількість бур'янів, порівняно з варіантом без сидерації була меншою на 10 і 16 шт./м<sup>2</sup>.

Таблиця 1. Забур'яненість посівів сої у фазі бутонізації за різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні на зрошенні

Система основного обробітку ґрунту в сівозміні (фактор А)	Спосіб і глибина обробітку ґрунту під сою	Добрива (фактор В)				Середнє (фактор А)
		N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + гречка на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + буркун білий на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + фацелія на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	
Диференційована	оранка (28–30см)	26/10,0	27/23,5	36/43,1	24/9,4	28,5/21,5
Нульова (2 рік)	нульовий	22/18,1	77/38,6	59/27,4	20/30,1	44,5/28,6
Нульова (13 років)	нульовий	31/12,9	51/13,6	25/50,9	41/22,5	37,0/25,0
Середнє (фактор В)		26,3/13,7	51,6/25,2	40/40,5	28,3/20,7	

Примітка: в чисельнику – кількість бур'янів, шт./м<sup>2</sup>, в знаменнику – наземна маса бур'янів, г/м<sup>2</sup>.

Таблиця 2. Урожайність сої за різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні на зрошенні (2021–2022 рр.), т/га

Система основного обробітку ґрунту в сівозміні (фактор А)	Спосіб і глибина обробітку ґрунту під сою	Добрива (фактор В)				Середнє (фактор А)
		N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + гречка на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + буркун білий на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + фацелія на сидерат	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	
Диференційована	оранка (28–30см)	3,77	3,43	3,54	3,20	3,49
Нульова (2 рік)	нульовий	3,49	3,05	3,66	2,99	3,30
Нульова (13 років)	нульовий	3,33	3,18	3,40	3,11	3,26
середнє (фактор В)		3,53	3,22	3,53	3,10	

НІР<sub>05</sub> Оцінка істотності часткових відмінностей, т/га, А=0,25; В=0,18

Збільшення забур'яненості посівів сої за технології нульового обробітку вплинуло на формування врожайності культури. Встановлено, що за нульового обробітку ґрунту як другого року, так і за довготривалого застосування сівби в необроблений ґрунт, урожайність сої була нижчою, ніж за оранки на 0,10–0,44 т/га при  $НІР_{05}=0,25$  т/га (табл. 2).

За усіх способів основного обробітку ґрунту був відмічений приріст урожаю сої за застосування післяжнивних сидератів, який становив 0,22–0,57 т/га при післяжнивному посіві гречки на сидерат, 0,06–0,23 т/га за використання буркуну білого однорічного та 0,29–0,67 т/га, а також – фацелії ( $НІР_{05}=0,18$  т/га).

## ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлено, що за вирощування сої у зрошуваній короткоротаційній сівозміні в зоні Південного Степу України найменша забур'яненість посівів та найбільша урожайність культури на рівні 3,77 т/га була забезпечена проведенням оранки на глибину 28–30 см. Сівба післяжнивних сидератів сприяла приросту врожайності сої від 0,06 до 0,67 т/га. За вирощування сої за нульовою технологією застосування в проміжних післяжнивних посівах гречки звичайної та фацелії пижмелистої на сидерат можуть забезпечити зменшення забур'яненості посівів основної культури на 24 і 39% відповідно, та збільшення урожайності на 0,22 і 0,29 т/га.

## ЛІТЕРАТУРА

- Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D. et al. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society*. 2003. Vol. 43. P. 77–89.
- Танчик С., Павлов О., Чумбей В. Потенційна забур'яненість ґрунту залежно від його обробітку за вирощування гречки посівної в Прикарпатті України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 1 (83). С. 1–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.006>.
- Вожегова Р.А., Малярчук А.С., Резніченко Н.Д. Забур'яненість пшениці озимої за мінімізованої та нульової системи основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 5–9. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.1>.
- Примак І.Д., Вахній С.П., Карпенко В.Г. Мінімізація механічного обробітку ґрунту в п'ятипольних польових сівозмінах Центрального Лісостепу України. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2005. Ч. (23). С. 150–155.
- Єщенко В.О. Мінімізація механічного обробітку. Забур'яненість посівів ярих культур залежно від системами підготовки ґрунту. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 10. С. 15–17.
- Курдюкова О.М. Засміченість посівів сівозміни в залежності від обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 1. С. 51–54.
- Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ: ВД «ЕКМО». 2007. 44 с.
- Петриченко В.Ф., Безуглий М.Д., Жук В.М., Іващенко О.О. Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні. Київ: Аграр. наука, 2012. 48 с.
- Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-Till: навч. посіб. Київ: «Логос», 2011. 352 с.
- Лебідь Є.М. Вплив систем обробітку ґрунту і добрив на урожайність сої в умовах Північного Степу. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 173–181.
- Бомба М.Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. Львів: Оброшино. С. 9–18.
- Грановська Л.М., Малярчук М.П., Томницький А.В. та ін. Вплив систем основного обробітку на фіто-санітарний стан посівів та продуктивність сівозміни на зрошенні. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 17–22.
- Манушкіна Т.М., Дробітько А.В., Качанова Т.В., Геращенко О.А. Екологічні особливості технології No-Till в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4. С. 47–53.
- Scott D. and Freckleton R.P. Crop diversification and parasitic weed abundance: a global meta-analysis. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. 19413. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24047-2>
- Islam R. and Reeder R. No-till and conservation agriculture in the United States: An example from the David Brandt farm. Carroll. Ohio. *Science Direct*. 2014. P. 31–35.
- No-till та мікробіологія: як фермеру подружитися з природою. Agro Web Session «No-till PRO». 20 грудня 2022 року. URL: <https://www.growhow.in.ua/no-till-ta-mikrobiolohiia-iak-fermeru-podruzhytisia-z-pryrodoiu/>
- Вожегова Р.А., Малярчук М.П., Грановська Л.М. та ін. No-till система землеробства в Україні: наука і практика: моногр. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 218 с.
- Derksen D.A., Blackshaw R.E. Boyetchko S.M. et al. Sustainability, conservation tillage and weeds in

- Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 1996a. Vol. 76. P. 651–659.
19. Derksen D.A., Thomas A.G., Lafond G.P. et al. Understanding weed community dynamics: Implications for weed management. *Second International Weed Control Congress, Copenhagen*, 1996b. URL: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DK9720096>.
20. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 286 с.
21. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві: моногр. Херсон: Айлант, 2013. 403 с.

## REFERENCES

1. Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D. et al. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society*, 43, 77–89 [in English].
2. Tanchyk, S., Pavlov, O. & Chumbey, V. (2020). Potentsiina zaburianenist hruntu zalezno vid yoho obrobitku za vyroshchuvannya hrechky posivnoi v Prykarpatti Ukrainy [Potential weediness of the soil depending on its tillage during the cultivation of seed buckwheat in the Carpathian region of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Ukrayiny — Scientific reports of Ukraine*, 1(83), 1–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.006> [in Ukrainian].
3. Vozhegova, R.A., Malyarchuk, A.S. & Reznichenko, N.D. (2020). Zaburianenist pshenytsi ozymoi za minimizovanoi ta nulovoi systemy osnovnoho obrobitku gruntu, udobrennia ta syderatsii [Weediness of winter wheat with minimized and zero systems of basic tillage, fertilizer and greening]. *Ahrarni innovatsiyi — Agrarian innovations*, 4, 5–9. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.1> [in Ukrainian].
4. Primak, I.D., Vakhnii, S.P. & Karpenko, V.G. (2005). Minimizatsiia mekhanichnoho obrobitku gruntu v piatypilnykh polovykh sivozminakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Minimization of mechanical tillage in five-field crop rotations of the central forest-steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Poltavs'koyi DAA — Scientific works of Poltava DAA*, 23, 150–155 [in Ukrainian].
5. Yeschenko, V.O. (2008). Zaburianenist posiviv yarykh kultur zalezno vid systemamy pidgotovky gruntu [Weediness of spring crops depending on soil preparation systems]. *Karantyn i zakhyst Roslyn — Quarantine and plant protection*, 10, 15–17 [in Ukrainian].
6. Kurdyukova, O.M. (2011). Zasmichenist posiviv sivozminy v zalezhnosti vid obrobitku gruntu [Clogging of crop rotation depending on tillage]. *Visnyk Poltavs'koyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 51–54 [in Ukrainian].
7. Saiko, V.F. & Malienko, A.M. (2007). *Systemy obrobitku gruntu v Ukraini [Tillage systems in Ukraine]*. Kyiv: VD «EKMO» [in Ukrainian].
8. Petrychenko, V.F., Bezuglii, M.D., Zhuk, V.M. & Ivashchenko, O.O. (2012). *Nova stratehiia vyrobnytstva zernovykh ta oliinykh kultur v Ukraini [A new strategy for the production of grain and oil crops in Ukraine]*. Kyiv: Agrarian sciens [in Ukrainian].
9. Kosolap, M.P. & Krotinov, O.P. (2011). *Systema zemlerobstva No-Till: navchalnyi posibnyk [No-Till farming system: a study guide]*. Kyiv: «Logos» [in Ukrainian].
10. Lebid, Ye.M. (2011). Vplyv system obrobitku gruntu i dobrov na urozhainist soi v umovakh pivnichnoho Stepu [The influence of tillage systems and fertilizers on soybean crop yield in the conditions of the Northern Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo — Fodder and fodder production*, 69, 173–181 [in Ukrainian].
11. Bomba, M.Ya. (2016). Biologichne zemlerobstvo: stan ta perspektivy rozvytku [Biological farming: current state and prospects for development]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynytstvo — Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 59, 9–18 [in Ukrainian].
12. Hranovska, L.M., Malyarchuk, M.P., Tomnytskyi, A.V. et al. (2021). Vplyv system osnovnoho obrobitku na fitosanitarnyi stan posiviv ta produktyvnist sivozminy na zroshenni [Influence of the systems of basic tillage on the phytosanitary state of sowing and productivity of crop rotation on irrigation]. *Ahrarni innovatsiyi — Agrarian innovations*, 10, 17–22 [in Ukrainian].
13. Manushkina, T.M., Drobnytko, A.V., Kachanova, T.V. & Gerashchenko, O.A. (2020). Ekologichni osoblyvosti tekhnolohii No-Till v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Ecological features of the No-Till technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya — Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4, 47–53 [in Ukrainian].
14. Scott, D. & Freckleton, R. P. (2022). Crop diversification and parasitic weed abundance: a global meta-analysis. *Scientific Reports*, 12, 19413. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24047-2> [in English].
15. Islam, R. & Reeder, R. (2014). No-till and conservation agriculture in the United States: An example from the David Brandt farm. Carroll. Ohio. *Science Direct*, 31–35 [in English].
16. No-till ta mikrobiolohiia: yak fermeru podruzhytysia z pryrodou [No-till and microbiology: how a farmer can make friends with nature]. Agro Web Session «No-till PRO». 20.12.2022. URL: <https://www.growthow.in.ua/no-till-ta-mikrobiolohiia-ia-k-fermeru-podruzhytysia-z-pryrodou/> [in Ukrainian].
17. Vozhegova, R.A., Malyarchuk, M.P., Hranovska, L.M. et al. (2021). *No-till systema zemlerobstva v Ukraini: nauka i praktyka: monohrafiia [No-till farming system in Ukraine: science and practice]*. Kherson: ALDI-PLUS [in Ukrainian].
18. Derksen, D.A., Blackshaw, R.E. & Boyetchko, S.M. (1996a). Sustainability, conservation tillage and weeds in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 76, 651–659 [in English].
19. Derksen, D.A., Thomas, A.G., Lafond, G.P. &



- Loepky, H.A. (1996b). Understanding weed community dynamics: Implications for weed management. *Second International Weed Control Congress, Copenhagen*. URL: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DK9720096> [in English].
20. Vozhehova, R.A. (Ed). (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Grin D.S. [in Ukrainian].
21. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A. & Holoborodko, S.P. (2013). *Statystychnyi analiz rezultativ polovykh doslidiv u zemlerobstvi: monohrafiia [Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 12.01.2023

---

## ВПЛИВ ПОЛІГУАНІДИНУ НА СПРЯМОВАНІСТЬ БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM L.*)

А.С. Левішко, І.І. Гуменюк, В.О. Цвігун, С.О. Мазур, О.І. Боцула

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

*e-mail: aلودua2@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4037-1730*

*e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6692-0171*

*e-mail: vika-natceevich@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9517-9810*

*e-mail: mazurlanalana@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5025-0134*

*e-mail: botsulaiar@ukr.net; ORCID: 0000-0001-7047-0102*

*Пошук дедалі нових біостимулювальних речовин є вимогою часу до сучасного сільського господарства, яке має бути екологічно безпечним та екологічно збалансованим. Відомо, що компанії-виробники сировини щороку інвестують у розробку нових продуктів із біостимулювальною дією для сільськогосподарських культур. З аналізу проведених досліджень помічено, що мало відомо про механізм дії цих речовин як на сільськогосподарські рослини, так і на нецільові об'єкти навколишнього природного середовища. Серед широкого спектра таких речовин виділяють групу сполук, що містять у своєму складі гуанідинову групу. Ці речовини легкодоступні, високоефективні (ефективніші четвертинних амонієвих сполук та хлорактивних препаратів), не утворюють токсичних продуктів у воді, не інактивуються білками, мають стабільні, інертні водні розчини та бактерицидну дію. Загальновідомо, що зростання продуктивності посівів сільськогосподарських культур пов'язують із підвищенням активності та ефективності роботи фотосинтетичного апарату рослин. Метою нашої роботи було розширити розуміння та, можливо, визначити належне місце полігуанідину серед інших речовин біостимулювальної дії у сільському господарстві. Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів здійснювали спектрофотометричним методом. Для визначення флавоноїдів застосовували спектрофотометричну методику, яка базується на вимірюванні їх абсорбції з комплексом алюмінію хлориду. Доведено, що обробка пшениці в фазі куцання і виходу в трубку препаратом полігуанідину найбільше впливала на вміст білка в зерні пшениці озимої, що забезпечувало формування цього показника на рівні 11,0–13,4% порівняно з контролем. Обробка насіння пшениці препаратом на основі полігуанідину сприяла збільшенню кількості хлорофілу а майже удвічі, дещо менше зростали вміст хлорофілу b та каротину. Отже, застосування полігуанідину сприяє ефективній роботі фотосинтетичного апарату рослин, що зумовить збільшення їх продуктивності.*

**Ключові слова:** фотосинтетичний апарат рослин, рістстимулювальні речовини, сільське господарство.

### ВСТУП

Сучасне рослинництво вимагає балансу високої та сталої продуктивності з максимальною безпекою для навколишнього природного середовища, споживачів і працівників сільського господарства. Відома хімічна сполука полігуанідин, яку раніше використовувалася як у складі дезінфектантів, поверхнево активних речовин та комплексотворювачів, останнім часом

стала широко застосовуватися як стимулятор росту та розвитку рослин [1–8]. Це унікальний нетоксичний полімер, що володіє низькою токсичністю, високою стабільністю та є екологічно безпечним, адже розкладається до нетоксичних речовин та не пошкоджує об'єкти, що ним обробляються [9].

Також було чітко показано, що випадки застосування препаратів полігуанідину для дезінфекції різноманітних сільськогосподарських об'єктів не призвели до негатив-

них наслідків для біоценозів, а міграція препарату по харчових ланцюгах була мінімальною [10].

Дослідження Almashova, V.S. та Skok, S.V. засвідчили, що найбільший приріст урожаю зерна пшениці озимої, за умов використання препарату на основі цієї речовини, спостерігався при 3-кратній обробці посівів (у фазі кушення, прапорцевого листка, наливу зерна) — 3,2 ц/га, що більше на 18% відносно контрольного варіанта. При цьому найістотніший вплив обробітку посівів відзначався у фазі кушення. Він становив 2,9 ц/га та на 16% переважав контроль [2]. Незважаючи на повсюдне поширення застосування препаратів полігуанідину як стимулятора росту, в літературі відсутні дані щодо його механізму дії на рослин. Існує чимало прикладів застосування полімерних похідних гуанідину та поліалкіленгуанідинів, але найчастіше їх використовують як дезінфектанти та антисептики у ветеринарній медицині, агро-виробництві, біотехнології та рослинництві. Серед переваг цієї речовини, порівняно з іншими біоцидами — відносна хімічна інертність, що дає змогу створювати ефективні композиції з іншими біологічно активними речовинами та їх екологічна безпечність.

Тому **метою нашої роботи** було розширити існуючі розуміння та, можливо, визначити належне місце полігуанідину серед інших речовин біостимулювальної дії, що дедалі широко застосовується в сільському господарстві.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Хімічна сполука з молекулярною масою 4–10 тис. ум. од. під назвою полігексаметиленгуанідингідрохлорид (ПГМГ-ГХ), раніше використовувалась у складі антисептиків, дезінфектантів, катіонних поліелектролітів, поверхнево активних речовин, комплексотворювачів. Відомо також використання ПГМГ з молекулярною масою 10 тис. ум. од. в утворенні фунгіцидної суміші для протруювання насіння пшениці проти грибкових уражень з пентатіурамом

[11]. Раніше часто поширеним було повсюдне використання бурштинової кислоти у рослинництві для підвищення врожайності зернових культур. Передпосівну обробку насіння пшениці здійснювали 0,4–0,6% розчином бурштинової кислоти, що сприяла стимулюванню росту рослин та збільшенню врожаїв зерна [12]. Однак до недоліків цього способу слід зарахувати високу вартість та великі витрати препарату через його високих концентрацій, а також незначне стимулювання проростання насіння. Також недоліками даних обробок була трудомісткість процесу обробки та як наслідок отримання незначних змін порівняно із контрольним варіантом (обробка водою). Однак використання полігексаметиленгуанідингідрохлориду як стимулятора росту і розвитку культурних рослин не було відомо раніше. Також компанії-виробники сировини щороку інвестують у розробку нових продуктів із біостимулювальною дією для сільськогосподарських культур. З аналізу проведених досліджень помічено, що мало відомо про механізм дії цих речовин як на сільськогосподарські рослини, так і на нецільові об'єкти навколишнього природного середовища [13]. Існує багато робіт, що намагаються визначити, чи є дія біостимуляторів на продуктивність рослин прямою чи опосередкованою реакцією, наприклад, через ґрунт чи мікробіом. У багатьох випадках біостимулятори розглядаються з точки зору їх дії на різні регуляторні та функціональні системи рослин (сигнальні, метаболічні, поглинальні та транспортні механізми тощо). Однак, загалом, ці способи дії дуже різноманітні та можуть включати активацію метаболізму азоту чи вивільнення фосфору з ґрунтів, загальну стимуляцію мікробної активності ґрунту або ж стимуляцію росту коренів і посилення приживлення рослин. Відомо, що різні біостимулятори стимулюють ріст рослин, шляхом поліпшення метаболізму рослин, стимулювання проростання, посилення фотосинтезу та збільшення поглинання поживних речовин із ґрунту, тим самим підвищуючи продуктивність рослин. Також вони можуть пом'якшити негатив-

ний вплив чинників абіотичного стресу на рослини та демонструють помітні ефекти при контролі посухостійкості, впливу спеки, засолення, охолодження, заморозків, окисного, механічного та хімічного стресу. Послаблення абіотичного стресу є, мабуть, найбільш часто згадуваною перевагою біостимуляторів [14–18].

Важливим параметром при синтезі та застосуванні антисептичних препаратів є їхня дія не тільки на мікрооб'єкти, від яких проводять захист, але й на здоров'я людини. За параметрами токсичності ПГМГ-ГХ відносять до третього класу помірно небезпечних речовин за потрапляння до шлунка та до четвертого класу мало небезпечних речовин при потрапленні на шкіру. Доведено, що за надходження у навколишнє природне середовище речовина не несе загрози для біоценозів [19]. Загалом вважається, що для визначення способу дії будь-якої речовини необхідно «охарактеризувати специфічний вплив на дискретний біохімічний або регуляторний процес», таким чином, наприклад, «спосіб дії» гліфосату полягає в пригніченні активності ферменту енолпірувілшикімат-3-фосфатсинтази (EPSPS). Біостимулятори часто не відповідають цьому стандарту специфічності, та і справді існує дуже небагато біостимулювальних продуктів, для яких визначено конкретну біохімічну ціль і відомий спосіб дії. Загалом, розробка, впровадження та маркетинг біостимулятора не вимагає демонстрації механізму дії, але все-таки в інтересах виробників цих продуктів прагнути до його розуміння, щоб продукт міг бути покращено, і його використання можна було оптимізувати для різних умов і систем вирощування [14].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювались у акредитованій випробувальній лабораторії ВЛ «ВАБ» відділу агроєкології і біобезпеки ІАП НААН упродовж 2021–2022 рр. Дослідження дії полігуанідину на фізіологічні показники рослин пшениці (*Triticum L.*) проводили за вегетаційних та лаборатор-

них умов. Використовували насіння пшениці озимої сорту Богдана (насіння для обробки та насіння отримане із врожаю оброблених рослин). Рослини вирощували у вегетаційних посудинах об'ємом 12 л на чорноземі типовому впродовж 30 діб, визначали біометричні показники протягом досліду. У лабораторних умовах визначали енергію проростання та лабораторну схожість за ДСТУ 4138-2002.

Обробка та відбір рослин пшениці здійснювались за таких фізіологічно важливих фаз онтогенезу: обробка насіння, перша обробка по вегетації — початок кущення; друга обробка по вегетації — вихід у трубку. Норма внесення розчину полігуанідину була 100 мл/т оброблюваного насіння на 10 л води; обробка по вегетації, стандартна концентрація сягала 200 мл/га; обробка по вегетації, друга концентрація — 150 мг/га; обробка насіння + обробка по вегетації (стандартна концентрація — 100 мл/т + 200 мл/га). Об'єм води для розведення розчину становив 200 л. Контрольні рослини оброблювали дистильованою водою в аналогічних до розчину полігуанідину нормах.

Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів здійснювали методом спектрофотометрії (спектрофотометр Ulab 102 UV), за довжиною хвилі, що відповідає максимумам спектрів поглинання досліджуваних пігментів у розчиннику (хлорофіл *a*  $\lambda=665$  нм, для хлорофіл *b* —  $\lambda=649$  нм, каротиноїди —  $\lambda=441$  нм). Розчином порівняння був 96% етанол [20].

Для визначення флавоноїдів застосовували методику, яка базується на вимірюванні їх абсорбції з комплексом алюміній хлориду. Кількісний вміст було перераховано на рутин. Визначення оптичної густини розчинів проводили за довжиною хвилі 410 нм [21]. Вміст вільного проліну здійснювали методом пінгідрину. Оптичну густину вимірювали за довжиною хвилі 520 нм на спектрофотометрі Ulab 102 UV. Значення вмісту проліну розраховували за допомогою калібрувальної кривої, що побудована на основі хімічно чистого проліну («Sigma») [22].

Усі досліди проводили в 3-разовому біологічному та 5-разовому аналітичному повтореннях. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням STATISTICA 10 та Microsoft Excel 10.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Полігексаметиленгуанідингідрохлорид використовують у сільському господарстві, тому що він сприяє захисту насіння та рослин, стимуляції росту та збільшенню терміну зберігання плодів [23]. Тому у наших дослідженнях із метою виявлення біостимулювальних властивостей полігуанідину визначали лабораторну схожість та енергію проростання насіння пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). (табл. 1).

Було отримано, що лабораторна схожість насіння пшениці озимої становила 90,2% у контролі, а у досліджуваних варіантах із застосуванням полігуанідину — 93,4–95,9%. Найкращими варіантами за

цим показником були варіанти із обробкою рослин по вегетації (стандартна концентрація) та із обробкою насіння + обробка по вегетації (стандартна концентрація) (рис. 1).

Досліджено вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої на ріст і розвиток проростків на ранніх етапах онтогенезу в модельних експериментах. Виявлено стимуляцію ростових показників, для дослідних варіантів із передпосівною обробкою насіння розчинами ПГМГ-ГХ та повну відсутність у них контамінації мікроміцетами. Разом із тим, відмічено кращий розвиток нащадків оброблених рослин ніж контрольних, що проявляється у збільшенні довжини коренів і пагонів проростків більш ніж на 50% через 7 діб проростання (табл. 2).

Так, із отриманих даних ми бачимо, що рослини, які мали комплексну обробку (обробка насіння та обробка по вегетації) та рослини, які були оброблені перед висівом (обробка насіння), мають найгіршу

Таблиця 1. Вплив передпосівної обробки розчином полігуанідину на енергію проростання та схожість насіння пшениці озимої сорту Богдана

Варіант (тип обробки)	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль (вода)	90,2	92
Обробка насіння	93,4	98
Обробка по вегетації, стандартна концентрація	95,7	100
Обробка по вегетації, друга концентрація	94,2	98
Обробка насіння + обробка по вегетації (стандартна концентрація)	95,9	100
НІР <sub>0,5</sub>	1,22	1,35

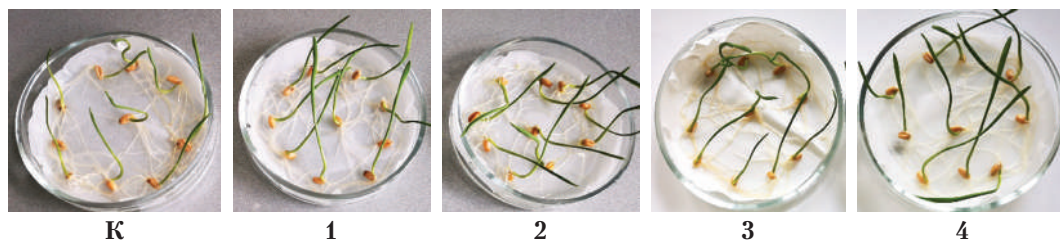


Рис. 1. Схожість проростків пшениці озимої, обробленої розчином полігуанідину

Примітка: К – контроль, 1–4 – варіанти досліджень.

Таблиця 2. Рости показники рослин пшениці за обробки розчином полігуанідину (7 діб)

№	Варіант обробки	Довжина вегетативної частини, см	Вага вегетативної частини, г	Довжина кореня, см	Маса кореня, г
1	Контроль (вода)	6,13	1,55	10,21	0,56
2	Обробка насіння	5,71	1,49	9,57	0,41
3	Обробка по вегетації стандартна концентрація	7,44	4,29	10,11	1,12
4	Обробка по вегетації друга концентрація	7,15	4,66	10,45	1,25
5	Обробка насіння + обробка по вегетації (стандартна концентрація)	6,18	1,78	10,25	0,71
НІР <sub>0,5</sub>		1,13	0,76	1,65	0,22

розвинену кореневу систему. Рослини, які отримували обробку препаратом в процесі вегетації, навпаки вирізняються краще розвиненою кореневою системою та більшою вегетативною масою.

Для розуміння отриманих результатів та у зв'язку із тим, що основним питанням щодо застосування будь-яких препаратів на рослину є питання підвищення її врожайності, нами було досліджено низку фізіологічно важливих показників.

Оскільки енергетичною основою фотосинтезу є поглинання фотосинтетичними пігментами сонячної радіації, яка використовується для утворення органічних речовин, то беззаперечно між вмістом хлорофі-

лу та продуктивністю рослин існує прямий зв'язок. Тому треба було перевірити, вміст основних фотосинтетичних пігментів у рослинах за умов обробки їх полігуанідином. На першому етапі наших досліджень для аналізу брали рослини на ранніх етапах онтогенезу (7 діб). Так, нами було показано, що обробка насіння пшениці препаратом на основі полігуанідину збільшує кількість хлорофілу *a* майже вдвічі. Вміст хлорофілу *b* та каротиноїдів також зростали, але дещо менше (рис. 2).

Отже, обробка насіння цією речовиною має вплив на зміну вмісту пігментів у пшениці озимої на ранніх етапах онтогенезу рослин.

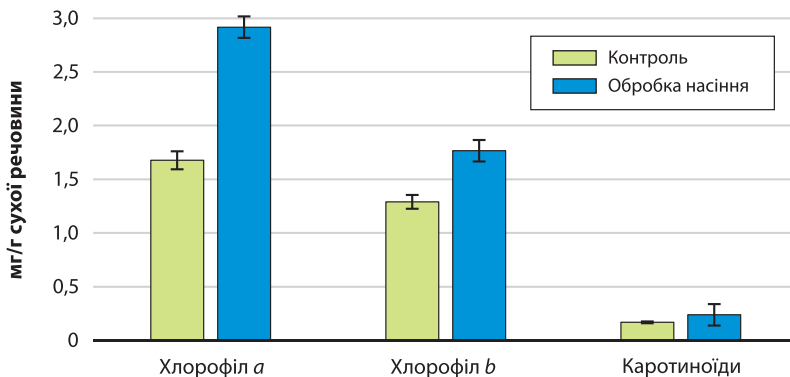
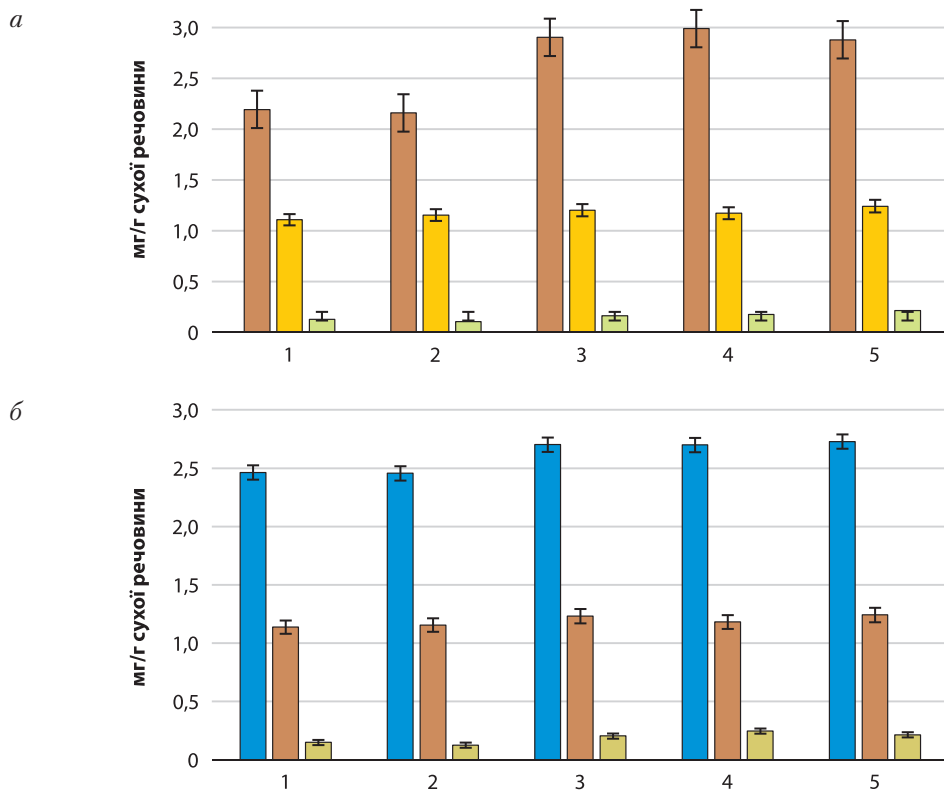


Рис. 2. Вплив обробки насіння полігуанідином на вміст пігментів проростків пшениці (7-ма доба)

Якщо розглянути рослини пшениці озимої після обробки по вегетації (рис. 3), то ми спостерігаємо, що вплив на вміст пігментів подібний до того, що було отримано раніше. Однак у цьому випадку обробка полігуанідином найбільше впливає на вміст хлорофілу *a*, проте кількість інших пігментів залишається практично такою самою. Також слід зазначити, що саме за умов першої обробки по вегетації (фаза — початок куцнення пшениці) спостерігається найінтенсивніший вплив на вміст хлорофілу *a*. Щодо використаних концентрацій полігуанідину, то вони однаково впливали на вміст досліджуваних пігментів у рослинах.

Зважаючи на те, що саме хлорофіл є основною складовою реакційних центрів фотосистем, можна припустити, що збільшення його вмісту вказує на інтенсифікацію процесу фотосинтезу не через регуляцію потоку електронів електронтранспортним ланцюгом, чи покращання відтоку фотоасимілятів, а саме завдяки утворенню нових фотосинтетичних одиниць. Тобто ця речовина за обробки рослини по вегетації (або обробці насіння) певним чином стимулює саме їх утворення. Загалом, у рослинах завжди більше хлорофілу *a*, ніж *b*. Водночас він вважається універсальним пігментом, тому що саме він визначає напрям і швидкість фотосинтезу в рослині.



**Рис. 3.** Вплив обробки пшениці озимої полігуанідином по вегетації на вміст пігментів: *a* — перша обробка; *б* — друга обробка

*Примітка:* 1. Контроль. 2. Обробка насіння. 3. Обробка по вегетації — концентрація 200 мл/га. 4. Обробка по вегетації — концентрація 150 мл/га. 5. Обробка насіння + обробка по вегетації — концентрація 200 мл/га.

Вважається, що хлорофіл *b* є регулятором продуктивності та розвитку рослин [18]. Якщо спостерігається його нестача, то відбувається затримання цвітіння, зменшення листків рослин і передчасне їх старіння. Для сільського господарства це означає зменшення біомаси рослин і зниження їх врожайності. Хлорофіл *b* вважається додатковим пігментом живих клітин. Він дає можливість рослинним клітинам використовувати більш широкий діапазон світлових хвиль для фотосинтезу; захоплює та передає електрони високої енергії до хлорофілу *a*. Та все-таки головну роль у фотосинтезі відіграє хлорофіл *a*, рівень якого, як було показано, можна збільшити обробкою рослин саме полігуанідином.

Отже, можна припустити, що обробка рослин полігуанідином у ключові фази для створення врожаю може, на певний період часу, збільшити утворення хлорофілу *a*, тобто нових фотосинтетичних одиниць. Це може стати ймовірною ланкою ланцюга, яка підсилить поглинання фотосинтетичними пігментами сонячної радіації для утворення органічних речовин — основи майбутнього урожаю. Також, ймовірно, що саме завдяки збільшенню хлорофілів *a*, в оброблених рослинах зростає вміст білка в зерні.

Відомо, що до 20% вуглецю, який фіксується при фотосинтезі надходить на утворення поліфенолів, серед яких значне місце посідають флавоноїди. Всі вони певною мірою беруть участь у антиоксидантному захисті клітин та слугують пастками для вільних радикалів, а також здатні хелатувати йони металів у радикальних процесах. Зміна вмісту флавоноїдів у рослинах відзначається при дії стресових чинників різноманітної природи (наприклад, дія низьких температур, дефіцит азоту або надлишкове освітлення). Слід відмітити, що сукупна дія таких чинників збільшує вміст цих речовин у декілька разів. Загалом вважається, що вони виконують чотири основні функції у рослин: участь у окисно-відновних процесах, роль атрактанта, сигнальної молекули та як антистресового агента. Оскільки вони є універсальни-

ми протекторами біотичних та абіотичних стресів, їх розглядають як компоненти загального адаптаційного синдрому в рослині. Тому нами було розглянуто динаміку вмісту флавоноїдів як універсального фізіологічного адаптогену рослини до несприятливих чинників середовища.

Оцінка вмісту флавоноїдів у рослинах пшениці озимої продемонструвала зниження їх кількості за обробки полігуанідином. Тобто після обробки рослини навпаки зменшували свій адаптивний потенціал, адже на біохімічному рівні вважали, що несприятливі чинники в навколишньому середовищі відсутні. Проаналізувавши всі отримані дані та зважаючи на наявність фітопатогенних мікроміцетів лише в контрольних рослинах, можна припустити, що в цьому випадку роль універсальних захисних речовин від грибних інфекцій виконують флавоноїдні глікозиди, які є основними фенольними компонентами всіх видів злаків. Це означає, що контрольні рослини використовують флавоноїди для захисту від мікозів, а оброблені досліджуванним препаратом полігуанідину мали інший тип захисту від фітопатогенів.

Ще одним із найвідоміших та розповсюджених системних індикаторів, який взаємодіє з усіма напрямками метаболізму вважається амінокислота L-пролін. Загалом, вона багатогранно впливає на функціонування рослин у стресових умовах і багато з її ефектів обумовлені прямим та непрямим впливом на про-/антиоксидантну рівновагу в клітинах.

Аналіз вмісту вільного проліну засвідчив збільшення його концентрації після обробки досліджуваною речовиною майже вдвічі як після першої, так і після другої обробки. Також необхідно звернути увагу, що зменшення концентрації препарату до 0,15 л на 200 л робочого розчину збільшує рівень проліну вже після першої обробки. Збільшення проліну в цьому випадку може зумовити зростання стресостійкості, яка забезпечується метаболічними та фізіологічними змінами. У результаті його накопичення та наступного перетворення на інші амінокислоти через зміни активності



проліноксидази вони можуть використуватися для синтезу нових білків, що і сприяє збільшенню вмісту білка в зерні.

Отже, дослідження вмісту білка в зерні пшениці озимої підтвердив, що обробка препаратом полігуанідину в фазі кушення та виходу в трубку, забезпечило вміст білка в зерні на рівні 13,4%, що більше на 11% порівняно з контролем.

Аналіз отриманих результатів може свідчити про роботу полігуанідину по типу системних фунгіцидів для рослин, тобто стимулює низку системних індикаторів, що взаємодіють з усіма напрямками метаболізму через L-пролін. Отримані дані розширюють наявні уявлення про дію сучасних речовин, що лише починають використовувати для обробки рослин та є основою для розробки технологій їх більш широкого застосування.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень нами було показано, що обробка насіння пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) препаратом на основі полігуанідину збільшує кількість хлорофілу *a* майже удвічі. Вміст

хлорофілу *b* та каротину також зростали, але дещо менше. Таким чином, обробка насіння цією речовиною має вплив на зміну вмісту пігментів у пшениці озимої на ранніх етапах її онтогенезу. Показано, що саме за умов першої обробки по вегетації (фаза — початок кушення пшениці) спостерігається найінтенсивніший вплив на вміст хлорофілу *a*. Припускаємо, що обробка рослин полігуанідином у ключові фази для створення врожаю може, на певний період часу, збільшити утворення хлорофілу *a*. Оцінка вмісту флавоноїдів у рослинах пшениці озимої продемонструвала зниження їх кількості за обробки полігуанідином. Тобто після обробки рослини навпаки зменшували свій адаптивний потенціал, адже на біохімічному рівні вважали, що несприятливі чинники в навколишньому середовищі відсутні. Аналіз вмісту вільного проліну засвідчив збільшення його концентрації після обробки досліджуваною речовиною майже вдвічі як після першої, так і після другої обробки. Його накопичення та перетворення на інші амінокислоти через зміну активності проліноксидази сприяє збільшенню вмісту білка в зерні.

## ЛІТЕРАТУРА

- Lyoshyna L., Tarasyuk O. and Bulko O. Effect of polymeric biocide polyhexamethylene guanidine hydrochloride on morpho-physiological and biochemical parameters of wheat seedlings under copper stress. *Agricultural Science and Practice*. 2020. Vol. 7 (1). P. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01.049>
- Almashova V.S. and Skok S.V. Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe Zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*. 2022. Vol. 47 (1). P. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2>
- Nyzhnyk, T.Yu. et al. Research and application of polyhexamethyleneguanidine in potato growing. *World Science*. 2019. Vol. 1. Iss. 2 (42). P. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.31435/rs.global/ws/28022019/6350>
- Василенко М.Г., Терновий Ю.В., Швиденко І.К., Душко П.М. Застосування біологічного стимулятора росту рослин «Екостим» у сільськогосподарському виробництві. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3>. O.C. 2020.211532
- Любич В.В. Формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від застосування регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2020. № 10 (1). С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385>
- Смірних В.М., Тищенко М.В., Філоненко С.В. та ін. Регулятор росту рослин «Грейнактив-С» покращує насіння цукрових буряків. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 50–55.
- Нагорнюк О.М., Матковська С.І., Матвійчук Б.В. та ін. Екологічна оцінка застосування регуляторів росту рослин в умовах закритого ґрунту за вирощування сянців Сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255187>
- Філонік І.О., Апасюхін О.І. Стимулятор росту і розвитку зернових культур та спосіб стимулювання росту і розвитку кукурудзи та пшениці: Пат. Україна 77607. № а200507758; 15.12.2006, Бюл. № 12.
- Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І. Фунгіциди в практиці захисту дерев'яних будівельних конструкцій від мікропошкоджень. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2018. № 1 (20). Т. 1. С. 151–155.
- Lysytsya A.V. Research on the impact of polyhex-

- amethyleneguanidine on the plant component of biocenoses. *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25 (2). P. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.15421/011713>
11. Lachenmeier Dirk W. Antiseptic Drugs and Disinfectants. Side Effects of Drugs Annual. 2015. Vol. 37. P. 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.seda.2015.06.005>
  12. Durán-Lara E.F., Valderrama A. and Marican A. Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming. *Agriculture*. 2020. Vol. 10 (2). P. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041>
  13. Feitosa de Vasconcelos A.C. and Garófalo Chaves L.H. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses. *Biostimulants in Plant Science*. 2020. IntechOpen. 160 p. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88829>
  14. Михальська О.М., Бельдій Н.М., Дем'янюк О.С. Агроекологічна оцінка застосування регуляторів росту рослин для вирощування овочевих культур. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 1. С. 71–75.
  15. Ben Mrid, R. et al. Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 777. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204>
  16. Roupheal Y. and Colla G. Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. P. 40–47. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
  17. Ященко С.А., Грабовська Т.О., Грабовський М.Б., Слободенюк О.І. Ефективність біопрепарату Ентеронормін на ранніх етапах онтогенезу рослин пшениці озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 50–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174019>
  18. Ricci M., Tilbury L., Daridon B. and Sukalac K. General Principles to Justify Plant Biostimulant Claims. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10 (494). P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00494>
  19. Лисиця А.В., Висоцький А.О., Мандигра Ю.М. Перспективні напрями застосування похідних гуанідину в ветеринарній медицині, біотехнології та агровиробництві. *Ветеринарна біотехнологія. Бюлетень*. 2017. № 30. С. 133–145. DOI: [https://doi.org/10.31073/vet\\_biotech30-18](https://doi.org/10.31073/vet_biotech30-18)
  20. Гриненко У.В., Журавель І.О. Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів в листі шпинату городнього (*Spinacia oleracea* L.) *Збірник наукових праць співробітників Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика*. 2017. № 28. С. 29–33.
  21. Вронська Л.В. Розробка спектрофотометричної методики визначення флавоноїдів у пагонах чорниці звичайної. *Фармацевтичний часопис*. 2018. № 4. С. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2018.4.9703>
  22. Шихалєєва Г.Н., Будняк А.К., Шихалєєв І.І., Івашченко О.І. Модифікована методика визначення проліну в рослинних об'єктах. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Сер.: біологія*. 2014. № 21 (1112). С. 168–172.
  23. Богдан Т.З., Богдан О.В. Спосіб обробки коренеплодів та бульб як посівного матеріалу. Пат. Україна 65952. №u201103157; заяв. 17.03.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. №24, 2011 р.

## REFERENCES

1. Lyoshyna, L., Tarasyuk, O. & Bulko, O. (2020). Effect of polymeric biocide polyhexamethylene guanidine hydrochloride on morpho-physiological and biochemical parameters of wheat seedlings under copper stress. *Agricultural Science and Practice*, 7 (1), 49–58. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp.7.01.049> [in English].
2. Almashova, V.S. & Skok, S.V. (2022). Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe Zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47 (1), 11–17. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2> [in English].
3. Nyzhnyk, T.Yu. et al. (2019). Research and application of polyhexamethyleneguanidine in potato growing. *World Science*, 2 (42), 33–37. DOI: <https://doi.org/10.31435/rs.global.ws/28022019/6350> [in English].
4. Vasylenko, M.H., Ternovyy, Yu.V., Shvydenko, I.K. & Dushko, P.M. (2020). Zastosuvannya biolohichnoho stymuliatoru росту росlyn «Ekostym» u silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Application of the biological stimulator of plant growth «Ekostym» in agricultural production]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.O.C.2020.211532> [in Ukrainian].
5. Liubych, V.V. (2022). Formuvannya produktyvnosti pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid zastosuvannya rehuliatoriv росту [Formation of productivity of soft winter wheat depending on the application of growth regulators]. *Novitni ahrotekhnolohiyi — The latest agrotechnologies*, 10 (1), 1–7. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385> [in Ukrainian].
6. Smirnych, V.M. et al. (2018). Rehuliator росту росlyn «Hreinkativ-S» pokrashchuie nasinnia tsukrovykh buriakiv [Plant growth regulator «Grainaktiv-S» improves sugar beet seeds]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrranoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 50–55 [in Ukrainian].
7. Nagorniuk, O.M., Matkowska, S.I., Matviichuk, B.V. et al. (2022). Ekolohichna otsinka zastosuvannya rehuliatoriv росту росlyn v umovakh zakrytoho gruntu za vyroshchuvannya siantsiv Sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) [Ecological evaluation of the application of plant growth regulators in closed soil conditions for growing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255187> [in Ukrainian].
8. Filonik, I.O. & Aprasiuchin, O.I. (2006). Stymuliator росту i rozvytku zernovykh kultur ta sposib stymulivannya росту i rozvytku kukurudzuy ta pshenytsi: Patent 77607 na korynsnu model [Stimuliator of growth and

- development of grain crops and method of stimulation of growth and development of corn and wheat: Patent 77607 for a utility model]. № *a200507758*; *15.12.2006, Bull. No 12* [in Ukrainian].
9. Perebynos, A.R. & Kryvomaz, T.I. (2018). Funhitytsy v praktysyi zakhystu derevianykh budivelnykh konstruksii vid mikroposhkodzhen [Fungicides in the practice of protecting wooden building structures from microdamage]. *Ekologichni nauky — Ecological sciences*, *1* (20), 151–155 [in Ukrainian].
  10. Lysytsya, A.V. (2017). Research on the impact of polyhexamethyleneguanidine on the plant component of biocenoses. *Biosystems Diversity*, *25* (2), 89–95. DOI: <https://doi.org/10.15421/011713> [in English].
  11. Lachenmeier, Dirk W. (2015). Antiseptic Drugs and Disinfectants. *Side Effects of Drugs Annual*, *37*, 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.seda.2015.06.005> [in English].
  12. Durán-Lara, E.F., Valderrama, A. & Marican, A. (2020). Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming. *Agriculture*, *10* (2), 41–49. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041> [in English].
  13. Feitosa de Vasconcelos, A.C. & Garófalo Chaves, L.H. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses. *Biostimulants in Plant Science*. IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88829> [in English].
  14. Myholska, O.M., Beldii, N.M. & Demyanyuk, O.S. (2013). Ahroekologichna otsinka zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn dlia vyroshchuvannia ovochevykh kultur [Agroecological assessment of the use of plant growth regulators for growing vegetable crops]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, *1*, 71–75 [in Ukrainian].
  15. Ben Mrid, R. et al. (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of The Total Environment*, *777*, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204> [in English].
  16. Roupael, Y. & Colla, G. (2020). Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 40–47. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040> [in English].
  17. Yashchenko, S.A., Grabovska, T.O., Grabovskiy, M.B. & Slobodeniuk, O.I. (2019). Efektyvnist biopreparatu Enteronormin na rannikh etapakh ontogenezu roslyn pshenytsi ozymoi [Effectiveness of biological preparation Enteronormin at early stages of ontogenesis of winter wheat plants]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, *2*, 50–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174019> [in Ukrainian].
  18. Ricci, M., Tilbury, L., Daridon, B. & Sukalac, K. (2019). General Principles to Justify Plant Biostimulant Claims. *Frontiers in Plant Science*, *10* (494), 1–8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00494> [in English].
  19. Lysytsia, A.V., Vysotskiy, A.O. & Mandyhra, Yu.M. (2017). Perspektyvni napriamy zastosuvannia pokhidnykh huanidynu u veterynarnii medytsyni, biotekhnologii ta ahrovyrobnytstvi [Prospective areas of application of guanidine derivatives in veterinary medicine, biotechnology and agroindustry]. *Veterynarna biotekhnologiya — Veterinary biotechnology*, *30*, 133–145. DOI: [https://doi.org/10.31073/vet\\_biotech\\_30-18](https://doi.org/10.31073/vet_biotech_30-18) [in Ukrainian].
  20. Hrynenko, U.V. & Zhuravel, I.O. (2017). Vyznachen-nia vmistu khlorofiliv ta karotynoidiv v lysti shpynatu horodnoho (*Spinacia oleracea* L.) [Determination of the content of chlorophylls and carotenoids in spinach leaves (*Spinacia oleracea* L.)]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsional'noyi medychnoyi akademiyi pislyadyplomnoyi osvity imeni P.L. Shupyka — Collection of scientific works National Medical Academy of Postgraduate Education of the P.L. Shupyka*, *28*, 29–33 [in Ukrainian].
  21. Vronska, L.V. (2018). Rozrobka spektrofotometrychnoi metodyky vyznachennia flavonoidiv u pahonakh chornytsi zvychainoi [Development of a spectrophotometric method for the determination of flavonoids in common blueberry shoots]. *Farmatsevtichnyy chasopys — Pharmaceutical journal*, *4*, 49–56. DOI: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2018.4.9703> [in Ukrainian].
  22. Shykhaliyeva, H.M., Budniak, A.K., Shykhaliyev, I.I. & Ivashchenko, O.L. (2014). Modyfikovana metodyka vyznachennia prolinu v roslynnykh ob'ektakh [A modified method for determination of proline in plants]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina — Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin*, *21*, 168–172 [in Ukrainian].
  23. Bogdan, T. Z. & Bogdan, O. V. (2011). Sposib obrobky koreneplodiv ta bulb yak posivnogo materialu: Patent 65952 na korysnu model [Method of processing root crops and tubers as a seed material: Patent 65952 for a utility model]. № *u201103157*; *Bull. No. 24* [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.12.2022

## ПАМ'ЯТІ В.П. ЛАНДІНА

9 лютого 2023 р. пішов із життя доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник **ЛАНДІН Володимир Петрович**, широко відомий у наукових колах лісівників, екологів, радіоекологів та ґрунтознавців.

Життєвий шлях Володимира Петровича — зразок людської гідності, добропорядності та мудрості. Народився В.П. Ландін 26 серпня 1947 р. у с. Дем'янівка Шебекінського р-ну Білгородської обл. У 1972 р. Володимир Петрович закінчив Харківський сільськогосподарський інститут ім. В.В. Докучаєва з присвоєнням кваліфікації вченого агронома агрохіміка-ґрунтознавця. У 1984 р. захистив кандидатську, а вже 1987 р. йому було присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника зі спеціальності «Лісознавство і лісівництво; лісові пожежі та боротьба з ними».

Досвід умілого організатора і науковця Володимир Петрович збагачував на кожній ввіреній йому посаді. Пройшов шлях від молодшого наукового співробітника Вінницької лісової дослідної станції УкрНДІЛГА до завідувача відділу радіоекології в агросфері Інституту агроєкології і природокористування НААН, де і захистив у 2013 р. докторську дисертацію на тему «Методологія реабілітації збалансованого використання радіоактивно забруднених лісових екосистем». З 1986 р. був безпосереднім учасником ліквідації наслідків аварії у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС на посаді старшого наукового співробітника УкрНДІЛГА, згодом — на посаді начальника відділу радіоекології лісу Міністерства лісового господарства України,



а до останніх днів — на посаді завідувача сектору природокористування та реабілітації Інституту проблем безпеки атомних електростанцій України. Розробив методикку і забезпечив радіаційне обстеження 4,5 млн га лісів у 18 областях України. Результати проведених ним досліджень з міграції радіонуклідів у лісових екосистемах були покладені в основу «Рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» (1986;

1988; 1995; 2000 і 2008 рр.).

Володимир Петрович — автор і співавтор понад 200 наукових праць, присвячених актуальним проблемам радіоактивного забруднення лісових екосистем та сільськогосподарських угідь, мінімізації його негативних наслідків і питань лісової та сільськогосподарської радіоекології та дозиметрії, 6 колективних монографій, низки авторських свідоцтв і патентів на винаходи, методичних рекомендацій. Головними напрямками наукової діяльності В.П. Ландіна були лісова та сільськогосподарська радіоекологія і радіобіологія. Вчений був ініціатором експедиційних, польових досліджень на радіаційно забрудненій території Полісся, а також на об'єктах природно-заповідного фонду. Володимир Петрович займався реабілітацією радіаційно забруднених земель, заклав дослідні, експериментальні полігони. Свої глибокі знання, багатий науковий і практичний досвід, доктор наук щедро передав молодим ученим Інституту. Під його науковим керівництвом підготовлено і захищено три кандидатські дисертації за спеціальністю 03.00.16 «Екологія».

---

Ландін В.П. був членом ВГО «Асоціація радіоекологів України», редакційної колегії науково-теоретичного журналу «Агроекологічний журнал», членом спеціалізованої вченої ради із захисту докторських та кандидатських дисертацій при Інституті агро-екології і природокористування НААН. За багаторічну сумлінну працю, високий професіоналізм, особистий внесок у розвиток наукових досліджень та підготовку кадрів Володимира Петровича Ландіна неодноразово було відзначено багатьма грамотами та подяками, серед яких Почесна відзнака Державного комітету з лісового господарства; Почесна відзнака Міністерства з надзвичайних ситуацій України; Подяка Національної академії аграрних наук України та багато інших, а також удостоєно

присудження звань «Відмінник лісового господарства» та «Заслужений природоохоронець України».

Висловлюємо щире, глибоке співчуття рідним і близьким, друзям, колегам.

Світла пам'ять про Володимира Петровича як щирої, порядної, високоморальної людини, патріота України, знаного вченого-практика, громадського діяча назавжди залишиться у нашій пам'яті та серцях.

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

*Колектив Інституту агро-екології  
і природокористування НААН,  
редколегія та редакція  
«Агроекологічного журналу»*

---

---

---

# ABSTRACT

---

---

**Smolii L., Dikhtyarenko N.** Strategic Priorities for the Development of the «Green Economy» in Agricultural Sector in the Conditions of European Integration. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 6–15.

*Uman National University of Horticulture*  
*e-mail: lsmolii@ukr.net*

The article is devoted to the consideration of aspects of the implementation of the principles of the «green economy» as an innovative strategic model in the functioning of the agrarian sector of the economy. The research was carried out using a complex approach, analytical-monographic, statistical-economic methods, the method of logical generalization, etc. It has been proven that the conceptualization and practical implementation of the principles of the «green economy» is a priority direction for the development of agricultural production and rural areas in the countries of the European Union and should become so for Ukraine. An assessment of the conditions for the formation of the «green economy» in the agrarian sphere was carried out, and the trends of its development were analyzed. It has been established that realizing the potential of «greening» of the agrarian economy requires overcoming a number of environmental problems: depletion and degradation of agricultural land, water pollution, a significant amount of emissions into the atmosphere, etc. A structural and logical model of the transformation of the agrarian sector of Ukraine's economy under the conditions of implementation of the European Green Deal was formed, which includes goals, principles, directions, implementation tools and determines the main beneficiaries of the transition to the «green economy» concept. The strategic priorities of the development of the «green economy» in the agrarian sphere have been substantiated, and target orientations for the nearest future have been defined, which cover almost all spheres of the agrarian sector of the Ukrainian economy. They should include increasing the level of food security, increasing the efficiency of the use of resources, both ecological and economic, reducing energy dependence, increasing the export potential of the industry and the national economy in general. Quantitative indicators of the implementation of the principles of the «green economy» and the European Green Deal regarding implementation in the field of agricultural production have been summarized and systematized. The insufficient level of the existing financial support for the measures envisaged by the proposed strategy was established, and the possible sources of funding for measures to ensure the greening of the agrarian economy were outlined.

**Key words:** environmentalization, agricultural production, European Green Deal, target orientations, «greening» of the economy.

**Malinovska O.<sup>1</sup>, Vysochanska M.<sup>2</sup>** Energy security of Ukraine as the main criterion of effectiveness of the national economy functioning. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 16–28.

<sup>1</sup> *Ivan Franko National University of Lviv*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: mariya\_vysochanska@ukr.net*

The article analyzes the energy security of Ukraine as the main criterion for the effectiveness of the functioning of the national economy today, its realities and prospects. It is stated that as of February 2022, the Ukrainian energy sector was one of the most powerful in Europe, and remains so now, despite significant damage as a result of the Russian invasion. In particular, Ukraine is among the top 10 European countries in terms of installed power generation capacity, among the top 3 gas producers, and has the largest underground gas storages in Europe. It was determined that the lack of a systematic approach to ensuring energy security is the main shortcoming of the current legislation of Ukraine. Complexes of legislative acts are developed by individual subjects in mutually inconsistent directions (regulation of energy markets, security of supply, standardization, physical protection, environmental requirements, etc.). It is substantiated that currently there are actually no tools for ensuring «energy security» and protection of Ukrainian subjects of the domestic energy market in the face of purposeful, politically motivated influence of other states, especially in view of the international obligations adopted by Ukraine regarding the construction of open, liberalized domestic energy markets. It has been proven that the purpose of introducing a new electricity market is to introduce competitive market functioning mechanisms, free choice of counterparties, and ensuring the consumer's right to freely choose an electricity supplier. The law provides for various mechanisms for the purchase and sale of electricity – bilateral contracts, the day-ahead market and the intraday market to ensure sufficient volumes of electricity, and for the financial settlement of electricity imbalances, the balancing market and the market for auxiliary services are provided.

**Key words:** national security, economic security, energy security, threats, environmental and economic efficiency, mechanisms.

**Raichuk L.<sup>1</sup>, Chobotko H.<sup>1</sup>, Musych O.<sup>2</sup>, Konishchuk V.<sup>1</sup>** Social component as a factor and indicator of sustainable development of Ukrainian Polissia region. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 29–37.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *SI «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»*

*e-mail: edelvoice@ukr.net*

Official international organizations claim that existing notions about the relationship between a decrease in life expectancy and a reduction in population in affected regions are controversial and are a result of the impact of radioactive emissions from the Chernobyl explosion. However, despite the weak link between the level of radioactive contamination and population dynamics in the studied areas, the level of natural decline in rural population on radioactively contaminated land is significantly higher than in other territories. This indicates the need for further research in this direction. The aim of the study was to clarify the social basis for the implementation of balanced development in radioactively contaminated areas of Ukrainian Polissia. The article presents the results of a study on the role of the social component in the implementation of sustainable development in radioactively contaminated areas of Ukrainian Polissia, taking into account both long-term complex ecological, economic, and social challenges and the potential consequences of Russian military aggression. The methodology of the research is based on a systemic approach, which involves using both modern and classical scientific methods of research, including general scientific methods such as data analysis and synthesis; retrospective and comparative analysis for identifying causal relationships; analytical and synthetic methods for studying scientific and statistical data, archival materials, legislative and regulatory documents, among others; and mathematical methods for the mathematical processing of the obtained results. The research is based on the official statistical data provided by the main statistical departments in Volyn, Zhytomyr, Kyiv, Rivne, and Chernihiv regions. Existing trends and results of studies on the interrelation between radioecological and social components have been analyzed. The study examines social indicators of the quality of life of the inhabitants of Ukrainian Polissia region (total income, level of wages, structure of population expenditures, etc.), demographic indicators (population, gender-age structure and population growth/decline), employment rate, morbidity, and consumer basket for rural and urban settlements in the studied regions. It has been established that indicators of the social sphere in the region of Ukrainian Polissia can serve as additional criteria for assessing the current socio-economic situation and its dynamics. It has been determined that the social factor is an integral component and at the same time a criterion for sustainable development of radioactively

contaminated territories. The need for a series of measures aimed at increasing the effectiveness of the state policy on employment of the population and the vocational education system has been proven, taking into account the forecasts of the regional enterprises' demand for certain skilled personnel by professions and specialties, as well as the list of the most in-demand and promising professions and specialties. The list of such professions is individual for each region.

**Key words:** radioactively contaminated areas, demographic situation, comprehensive revival of the region, level of well-being.

**Solomakha I.<sup>1</sup>, Postoienko D.<sup>2</sup>, Solomakha V.<sup>1,2</sup>** Field forest strips of the Middle Dnipro Area Forest-Steppe as raw areas for beekeeping. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 38–46.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *NSC «Institute of beekeeping named after P.I. Prokopovich of NAAS»*

*e-mail: v.sol@ukr.net*

Studying the supply of beekeeping industry with a spectrum of nectar- and pollen-bearing plants is quite important for increasing the quantitative saturation of bee colonies in certain areas. To do this, it is necessary to analyze the entire phytodiversity of artificially created plantations, spontaneous and natural forest communities, which are widespread on the territory of the Middle Dnipro Area Forest-Steppe. We previously investigated the participation of these raw plants from the list of tree and shrub species of forest plantations of this territory, and in this work we analyzed the full participation of available plant species in the groupings of field protection forest strips. Analysis of the spreading of nectar-bearing and pollen-bearing species made it possible to identify 91 species of plants that have a diverse representation in these plant communities. The most valuable raw material species are *Tilia cordata* Mill. and *Robinia pseudoacacia* L., which prevail in some of the studied groups and are promising for the main productive honey collection. Also, in these plantations there are some species with a fairly high value of raw materials, but they mostly have a small spreading. In addition, a significant widespread group of plants was noted, but they do not belong to good honey plants. The investigated plantations in the combination of tree, shrub and herbaceous plant species present in them can also be actively used by bees as a source of supporting food practically throughout the entire period of their flight activity. Especially important is the use of field-protective forest strips as raw land, due to their frequent finding near settlements where apiaries are usually located, as well as the possible use of protective forest plantations for the location of apiaries during migrations. A partial correction of the values of nectar and pollen activity of individual

species and the total raw value of some of these species was also performed.

**Key words:** nectar-bearing and pollen-bearing plants, phytodiversity of field protection forest strips.

**Bondarenko O., Nazarchuk Yu.** Species of plants in Odesa School of Horticulture (XIX–XX centuries) (based on MSUD materials). *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 47–57.

*Odesa National Mechnykov University*  
e-mail: vseobovse123@gmail.com

Landscaping of the South of Ukraine was and remains a topical issue, as it helps to solve a wide range of long-term or local problems: from economic to environmental. Both amateurs and, historically, professional institutions (nurseries, arboretums, botanical gardens, etc.) play a huge role in leveling the demand for trees, shrubs, and beautiful flowering herbs. Information about their work can be obtained from various sources, in particular – on the basis of collections of various institutions (including herbariums). Regional herbariums, due to the direction and capabilities of collectors, contain information on the appearance of new species and assortment of plants, including cultivated ones. This is important information, because a certain segment of plant species can become naturalized and spread outside the areas of cultivation, be a threat to the biodiversity of natural ecotopes. The object of research, in the Herbarium of ONU named after I.I. Mechnikov (MSUD) were herbarium sheets, the labels of which contained the inscription «School of Horticulture». It existed in Odesa for a certain time: from 1886 to (according to indirect information) 1929. There are 116 herbarium sheets for 88 species. The collectors were G.Y. Potapenko (meetings of 1917, 1923) and A. Kratinov (1919, 1920). For the authorship of G.Y. Potapenko currently has 101 ha. with 78 species from 36 families. For the species *Vitis vinifera* L., 20 h.a. are presented, with materials of different grades. The largest number of species and genera is found in the following families: *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Salicaceae*, *Aceraceae*, *Pinaceae*. 22 families are monospecific. Among the life forms, the distribution is presented: 49 phanerophytes, 22 chamephytes, four species with transitional forms, three species – herbaceous plants. Sozophytes, with the category «exotic» are *Ginkgo biloba* L., *Taxus baccata* L. Only 19 species (24.36%) are adventive: one evapophyte, two ephemerophytes, five agrophytes, 11 ergasiophytes. According to the chronotype, chenophytes (16 species) prevail. According to the frequency of occurrence of tree–shrub species, currently in the flora of Odessa, the species are divided: 13 species occur «alone»; 14 – «occasionally», 24 – «often», 18 – «massively». There are also two herbarium sheets with an invasive species of North American origin, *Acer negundo* L., which has overcome the

F-barrier on the territory of Ukraine. The gatherings of A. Kratinov are presented by 15 h.a. and 13 species from 11 families. Only two families (*Oleaceae* and *Vitaceae*) are represented by two species and genera each. Other families are monospecific. The spectrum of life forms includes three phanerophytes, one species with a transitional form, four chamephytes, and five types of herbaceous plants. 30.80% of species are synanthropic species: one agrophyte and evapophyte, two ergasiophytes. Herbarium materials contain valuable information, in particular for the introduction of new species in the regions, help predict aspects of the existence of new synanthropic species in the region.

**Key words:** herbarium collections, professional institutions, horticulture.

**Senchuk T.<sup>1</sup>, Shakalii S.<sup>2</sup>, Atarshchykova A.<sup>1</sup>, Di-denko V.<sup>1</sup>** Forage characteristics of honey bees behavior in sunflower agrophytocenoses in the conditions of Poltava region. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 58–64.

<sup>1</sup> NSC «Institute of beekeeping  
named after P.I. Prokopovych»

<sup>2</sup> Poltava State Agrarian University  
e-mail: senchuktanya.bee@gmail.com

The article highlights the main results of assessing the sugar content and nectar content of hybrids of common sunflower (*Helianthus ánnuus* L.) Duet, Yason and Avalon in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine during pollination by honey bees of the Ukrainian steppe breed (*Apis mellifera sossimai* Engel) of the Gadyatsky type, the originator of which is the National Science Center «Institute of Beekeeping named after P.I. Prokopovich». The investigated sunflower hybrids are included in the State Register of plant varieties and are recommended for cultivation in the forest-steppe zone of Ukraine. The investigated bee families of the Ukrainian steppe breed of the Hadyatskyi type met the requirements of the breed standard according to the results of the exterior evaluation. Their selection for research was carried out by the method of analogues, taking into account their equality in strength, number of offspring, feed reserves, origin and age of queens. The bee colonies were cared for uniformly. The dependence of nectar secretion on weather conditions is shown. The maximum values of nectar secretion of the investigated sunflower hybrids were recorded at an air temperature of 28–30°C and a relative humidity of 67–70%. It is shown that under these conditions the maximum flight of bees was 182 pcs. and was observed in the morning until 12:00 without pollen and 51 pcs. with pollen (under the same conditions). The following nectar content values of sunflower hybrids were recorded: for the Yason hybrid, the nectar content values were 0.28–0.43 mg/day; Avalon – 0.47–0.59 mg/day; Duet – 0.40–0.47 mg/day. The sugar content of the Yason hybrid was 45.9–50.5%; Avalon – 35.9–39.7%;



Duet – 50.1–54.5%. It was shown that the visitation by forager bees of sunflower hybrid crops depends on their sugar content: the visitation by bees of Jason and Duet hybrid crops was higher than Avalon, due to the higher sugar content in the nectar of these two hybrids. Bees of the Ukrainian steppe breed of the Hadyatskyi type prefer plants with higher sugar content. Further studies of the productivity of sunflower varieties and hybrids from bee pollination are necessary to ensure obtaining agricultural products of appropriate quality.

**Key words:** Ukrainian steppe breed, Hadyatskyi type, pollination, nectar secretion, *Apis mellifera*, *Helianthus annuus*.

**Oliferchuk V.<sup>1</sup>, Shukel I.<sup>1</sup>, Kuzyarin O.<sup>2</sup>** Ecological and biological structure of flora of devastated lands at sulfur quarries. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 65–75.

<sup>1</sup> National Forestry University of Ukraine

<sup>2</sup> State Museum of Natural History of NAS of Ukraine

e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com

The peculiarities of floristic structure on the devastated lands of Yavoriv and Podorozhnie sulfur quarries were analyzed based on ecological and cenotic, trophic and biomorphological structure. According to the collected herbarium material dated July 2022 on the area of Yavoriv sulfur quarry, 187 taxons of land plants were identified, which belong to 125 genera of 49 families. On the territory of Podorozhnie sulfur quarry, 160 species of land plants belonging to 116 genera of 40 families were identified. Species structure of plant communities on the devastated lands of sulfur quarries is rather diverse which proves heterogeneity of edaphic conditions of embriozems. On the territory of Yavoriv sulfur quarry, *Asteraceae* is the prevailing family (28 species, 24 genera), which is typical for Holarctic flora, *Poaceae* Barnhart (24 species, 18 genera) and *Fabaceae* Lindl. (21 species, 9 genera). Similarly, on the territory of Podorozhnie sulfur quarry, the prevailing families are *Asteraceae* (28 species, 24 genera), *Poaceae* Barnhart (20 species, 13 genera), *Fabaceae* Lindl. (16 species, 8 genera). The first six families comprise 111 species (59.35%) on the lands of Yavoriv sulfur quarry and 88 species (56.05%) – on the lands of Podorozhnie sulfur quarry. In the ecological structure of Yavoriv sulfur quarry, 53 species (or 28.34%) in relation to moisture are the dominant mesophytes, in relation to natural lighting – heliophytes (184 species or 98.4%). Similar aspects were studied at Podorozhnie sulfur quarry – the dominant mezophytes in relation to moisture (67 species or 41.88%), mezophytes – in relation to nutrition (59 species or 36.88%), heliophytes – in relation to natural lighting (158 species or 98.75%). The structure of floral cenosis complexes of spontaneous flora on the devastated lands of the sulfur quarries is

represented by 14 groups, including prevailing forest-bush and meadow-steep types: accordingly for Yavoriv sulfur quarry – 36.9% and 22.46%, for Podorozhnie sulfur quarry – 45.63% and 20.63%. Insignificant part of segetal vegetation indicates certain stabilization of demutation processes. According to the classification by I. Serebryakov, herbaceous plants prevail among the studied cenoflora at the sulfur quarries: Yavoriv – 158 species (84.49%), Podorozhnie – 140 species (87.5%). However, the part of perennials is 53.48% and 55%, respectively. According to the mode of dissemination, spontaneous flora on the devastated lands of the sulfur quarries is mostly represented by allochorous plants: from 74.74% to 72.62%, respectively at the quarries. On the devastated lands of the sulfur quarries, four plant species listed in the Red Data Book of Ukraine were identified.

**Key words:** vegetation, ecological structure of flora, life-form, degraded landscapes, biodiversity.

**Mudrak O.<sup>1</sup>, Maievskiy O.<sup>2</sup>, Parfenyuk A.<sup>3</sup>, Tkach Ye.<sup>3</sup>, Tertychna O.<sup>3</sup>** Environmental and biological significance of the action of viper poison on the homeostasis of mammals. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 76–83.

<sup>1</sup> Public Higher Educational Establishment «Vinnytsia Academy of Continuing Education»

<sup>2</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv

<sup>3</sup> Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: ov\_mudrak@ukr.net

The article examines the ecological and biological significance of the action of animal poisons as an evolutionary adaptation that maximizes the adaptation of more than 250,000 species to the conditions of their habitat. It was found that animal poisons have a significant impact on the formation and course of various forms of connections in ecosystems, perform several ecological functions and are important biotic factors of the environment. The best-studied venomous animals have been found to be snakes, of over 3,800 different species, only a small number are highly venomous. The *Viperidae* family includes 101 species of poisonous snakes. In Europe, *Vipera ammodytes*, *Vipera aspis*, *Vipera berus*, *Vipera latastei*, *Vipera seoanei* and *Vipera ursinii* are the most dangerous species, their bites cause severe poisoning. In Ukraine, the genus *Vipera* is represented by the steppe viper (*Vipera renardi* (Cristoph, 1861)) and two subspecies of the common viper (*Vipera berus* (Linnaeus, 1758)) – *Vipera berus berus* and Nikolsky's viper (*Vipera berus nikolskii*, Vedmederja Grubant et Rudaeva, 1986). The factors that affect the diversity of the composition of snake venom are given. It is noted that snake venoms are complex mixtures of proteins, peptides and low molecular weight substances, among which enzymes and non-enzymatic components are distinguished. The biological properties of snake venom depend

significantly on the properties of its components, which have a wide range of effects on the general state of homeostasis of a living organism. A generalization of scientific data on the study of the chemical composition of the venom of *Vipera renardi*, *Vipera berus nikolskii* and *Vipera berus berus* and the effects of these venoms on the functioning of the mammalian body has been carried out. It was found that the venom of *Vipera berus nikolskii* is the most, and *Vipera renardi* – the least toxic for mammals (mice). The effect of *Vipera berus nikolskii* and *Vipera berus berus* venom on the proteolytic balance of individual organs of rats was evaluated. It is emphasized that viper venom toxins have a great, not yet fully developed potential in many scientific fields, therefore they deserve further practical research.

**Key words:** biotic relationships, toxins, *Vipera berus berus*, *Vipera berus nikolskii*, *Vipera renardi*, chemical composition, mammals, homeostasis, proteolytic balance.

**Maievskiy O.<sup>1</sup>, Sliptsova I.<sup>2</sup>** Histological changes in the rat's jejunum wall under the conditions of action of common European adder (*Vipera berus berus*) venom. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 84–91.

<sup>1</sup> «Institute of Biology and Medicine»  
of Taras Shevchenko National University

<sup>2</sup> Institute of Agroecology and Environmental  
Management of NAAS

e-mail: inna7slyptsova@gmail.com

The numerous components of the venoms of various animal species cause an extremely wide range of effects and symptoms in the recipient's body. At the same time, the degree of severity of pathological changes is determined, in general, by the type of animal, the volume and method of toxin administration, as well as the characteristic features of the victim. Changes in the structural and functional parameters of the wall of the jejunum under the influence of viper venom are still poorly understood. Research aimed at identifying new components of snake toxins, determining the degree of their influence on the affected organism and using the obtained data for the production of antidotes, and thereby eliminating economic losses associated with snake bites, should be considered extremely relevant. The purpose of the study is to establish the manifestations of damage to the small intestine under the conditions of the action of the venom of the common European adder (*Vipera berus berus*). The experiment was conducted on 20 non-linear white male rats. During the study, rats were divided into two groups – control and experimental. Poisoning was modeled by intraperitoneal injection of common European adder venom at an ED<sub>50</sub> dose of 1.576 µg/g to the rats of the research group. Histological preparations were examined under a SEO SCAN light microscope, images were processed using a Vision CCD Camera with an available

image display system on a computer monitor. It was established that under the conditions of action of common European adder venom, the toxic substances of its venom cause destructive-degenerative changes in the relief and stromal-vascular components of the mucous membrane of the organ in the wall of the jejunum. Thus, increasing the permeability of the walls of vessels of the microcirculatory channel, thinning and complete destruction of the walls of hemocapillaries, together with the cytotoxic effect of the poison on erythrocytes, leads to the formation of multiple, small hemorrhages with hemolysis of erythrocytes.

**Key words:** vipers, small intestine, toxins, structural changes, poison.

**Zaitsev Yu.<sup>1</sup>, Demchyshyn A.<sup>2</sup>, Gunchak M.<sup>3</sup>** State of soil fertility in Lviv Region. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 92–100.

<sup>1</sup> State Institution «Soils Protection Institute  
of Ukraine»

<sup>2</sup> Lviv branch of the State Institution  
«Soils Protection Institute of Ukraine»

<sup>3</sup> Chernivtsi branch of the State Institution  
«Soils Protection Institute of Ukraine»

e-mail: info@iogu.gov.ua

The main indicators of soil fertility based on the results of an agrochemical survey of agricultural lands of Lviv region in the XI round (2016–2020) are given. It was established that the acidity of the soil solution in the region is dominated by lands with a neutral reaction of the soil solution (31.3%). The weighted average indicator of saline pH is 6.0, which corresponds to a close to neutral reaction of the soil solution. According to the level of humus provision, soils with an average humus content prevail (36.1%) and the weighted average humus content in the region is 2.6%. According to the content of easily hydrolyzable nitrogen, most of the lands have a low (60.4%) and medium nitrogen content (18.0%). The weighted average indicator of easily hydrolyzable nitrogen content for the reporting period is 125.6 mg/kg of soil, which corresponds to the low availability of this element. The region is dominated by lands with increased (25.1%) and high content of mobile phosphorus compounds (25.3%) and the weighted average indicator of the content of mobile phosphorus compounds is 107.2 mg/kg, which corresponds to increased availability. In terms of the content of mobile potassium compounds, lands with average potassium content (30.3%) prevail and the weighted average indicator of the content of mobile potassium compounds is 72.2 mg/kg, which corresponds to the average supply with macro element. It was established that in Lviv region, the largest area is occupied by soils of average quality (52.2%), and the average weighted assessment of agricultural land in Lviv region is 43. A comparison of the qualitative assessment of the soils of Lviv region for the X (2011–2015) and XI rounds (2016–2020)

of agrochemical examinations is carried out. The results established that the quality of the soils in the Starosambir, Mostysky, Radekhyv and Drohobysky districts has hardly changed. The quality assessment of the soils of Busky, Zhovkivskyi, Kamianka-Buskyi and Sokalskyi districts improved by 2–4 points, the qualitative assessment of the land condition of Pere-myshlyanskyi, Zolochivskyi and Yavorivskyi districts improved by 7–19 points. A decrease in land quality indicators by 2–5 points was recorded in Brodivskyi, Pustomytivskyi, Sambirskyi and Stryiskyi districts, indicators of the qualitative assessment of land condition in Zhydachivskyi and Mykolaiivskyi districts worsened by 12–13 points.

**Key words:** soil, agroecological survey, humus, easily hydrolyzable nitrogen, mobile compounds of phosphorus and potassium, acidity, bonitet score.

**Shumyhai I.1, Konishchuk V.1, Moroz V.2, Manishevskya N.3** Biogeochemical and physiological adaptability of winter wheat (*Triticum* L.) under the influence of heavy metals in the Forest-Steppe of Ukraine. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 101–109.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Lviv National University of Nature*

<sup>3</sup> *Separated structural subdivision «Boyarka Vocational College of National University of life and environment sciences of Ukraine»*

*e-mail: inmashum27@gmail.com*

In recent decades, the main objects of biogeochemical research have become the territories of agroecosystems, industrial cities and adjacent agricultural lands. The problem of environmental pollution with pollutants, chemical compounds of microelement composition is one of the most important problems of environmental safety. At present, modern studies of scientists consider toxic heavy metals as the most dangerous pollutants of soil, water and plant products of agriculture. In addition, the most active agents of pollution are their mobile chemical forms, which are able to pass from solid phases into soil and water solutions and be absorbed by plants and other organisms. Cereal crops have the ability to absorb nutrients both through the root system and the leaf apparatus, the surface of the stem. Also, trace elements are involved in many physiological and biochemical processes in plants, including acceleration of development, flowering, fertilization and fruiting, metabolism, etc. Quantitative characteristics of the migration of heavy metals from soil to plants during 2022 were evaluated for the studied territories of the Forest Steppe of Ukraine, in particular in Kyiv and Vinnytsia regions. Complex studies were carried out to determine the influence of  $Zn^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  on phytocomponents of ecosystems. At the same time, data were obtained on

the effect of zinc and copper salts on seed germination and growth of winter wheat seedlings. It is shown that, depending on the concentration of salts, there is a different effect on seed germination. As you know, heavy metals have a mutagenic, toxic effect and affect the intensity of biochemical processes. The authors established that according to the ecotoxicological criterion of bioaccumulation in the «soil – plant» system, the studied trace elements can be arranged in the following order:  $Cu^{2+} > Zn^{2+}$ . Based on the results of experimental and theoretical research, a comparative analysis of the accumulation of heavy metals in the organs of *Triticum aestivum* (*vulgare*) L. (common wheat) is presented. According to the results of field experience, differences in the distribution of  $Zn^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  in the organs of winter wheat have been established, grown on typical chernozem and gray podzolized soils. It was found that the main barrier function of the inactivation of the investigated heavy metals is performed by the roots of plants.

**Key words:** *Triticum aestivum* (*vulgare*) L.,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , bioaccumulation, migration of chemical elements, soil, winter plant.

**Bortnik A.1, Bortnik T.2, Gavryliuk V.2** Efficiency of molasses waste when growing potatoes (*Solanum tuberosum*) as a new promising organic fertilizer. Agroecological journal. 2023. No. 1. P. 110–117.

<sup>1</sup> *Volyn branch of the SI «Derzhgruntokhorona»*

<sup>2</sup> *Polissya research station NSC «ISA named after O.N. Sokolovsky»*

*e-mail: bam.bortnik@gmail.com*

It has been established that the waste of the alcohol and sugar industry (molasses innovative fertilizer) contains a complex of nutrients, which indicates the feasibility of their use as fertilizers for growing crops. This use of these types of waste will help solve the problem of their utilization, as they accumulate in significant volumes in the areas adjacent to the factories, in storage ponds. At the same time, the issue of reducing soil depletion of key nutrients due to the shortage of traditional organic fertilizers and the high cost of mineral fertilizers will be partially resolved. According to the results of field studies, the effectiveness of using waste in potato fertilization systems on soddy-loamy, bound sandy soil has been proven in order to obtain consistently high yields. In particular, it was found that the introduction of this type of waste at a rate of 10 t/ha ensures the formation of tubers weighing 92.7 g and 66 mm in diameter, and with a twofold increase in the rate – 109.3 g and 74 mm, respectively. These biometric parameters provided potato yields of 19.7 t/ha when using waste at a rate of 10 t/ha and 26.6 t/ha when using 20 t/ha. A positive effect on the quality indicators of potato tubers was recorded when using waste as fertilizer, in particular, the starch content was at the level of 16.6–16.7%. A positive effect of molasses innovative fertilizer on

the agrochemical parameters of the soil was also found, which is manifested in an increase in the content of nutrients in the tilth layer of soil (0–20 cm): nitrate forms of nitrogen ( $\text{N-NO}_3$ ) by 2.0–7.2 mg/kg, ammonium forms of nitrogen ( $\text{N-NH}_4$ ) – 0.4–1.1 mg/kg, mobile forms of phosphorus ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 5.4–8.4 mg/kg and mobile forms of potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 26.6–40.6 mg/kg. The possibility of using waste in combination with mineral fertilizers was noted, which balances the fertilizer system and provides additional growth of potato tuber yield.

**Key words:** not a traditional fertilizer, biometric indicators, yield, agrochemical indicators.

**Savchuk O.<sup>1</sup>, Prymachuk T.<sup>1</sup>, Drobot O.<sup>2</sup>, Tsuman N.<sup>3</sup>, Ilyinsky Yu.<sup>3</sup>** Agroecological assessment of short crop rotation on sod-podzolic soil. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 118–126.

<sup>1</sup> Polissia Institute of Agriculture of NAAS

<sup>2</sup> Polissia National University

<sup>3</sup> Zhytomyr Agricultural Technical Professional College

e-mail: grunt17isgp@gmail.com

In the conditions of drained lands with unsatisfactory work of reclamation systems, in the Polissia zone it became possible to grow commercially attractive crops, in particular, such as winter rapeseed and corn for grain. A short-rotation crop rotation was analyzed: lupine – winter rapeseed – winter rye – corn, on the basis of which various variants of the fertilization system were studied, including by replacing litter manure with siderate and by-products of all crops in combination with the recommended for the zone and increased (intensive) mineral norms fertilizers. The goal of the task was to determine the optimal agrochemical support for grain crop rotation to obtain stable crop productivity and preserve soil fertility. It was noted that during the 2016–2020 research, during the growing season of agricultural crops, the reserves of productive moisture in the meter-long layer of drained sod-podzolic sandy soil decreased to 60–80 mm, that is, to a critical level. It was established that the overall productivity of the crop rotation depended on its saturation with corn, the grain yield of which was 6.01–7.13 t/ha on average over 5 years at different levels of organic and mineral nutrition. The highest yield of grain and fodder units from 1 ha of crop rotation area (4.23 and 4.52 tons, respectively) was obtained when by-products were applied together with an increased rate of mineral fertilizers ( $\text{N}_{67}\text{P}_{84}\text{K}_{91}$ ). It was established that the replacement of litter manure with the by-products of grain, leguminous and oilseed crops as an organic fertilizer, together with the use of the recommended ( $\text{N}_{45}\text{P}_{56}\text{K}_{61}$ ) and increased ( $\text{N}_{67}\text{P}_{84}\text{K}_{91}$ ) mineral fertilizer rates, does not reduce the productivity of crop rotation, ensures a deficit-free nitrogen balance and the annual accumulation of humus in the amount of

320 and 440 kg, respectively, which guarantees extended reproduction and increased soil fertility.

**Key words:** reclaimed land, market crops, fertilization system, productivity, humus, nitrogen balance.

**Hranovska L., Reznichenko N., Roi S.** Weediness of soybean (*Glycine max*) crops under different systems of main tillage and green manuring. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 127–135.

*Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS*

e-mail: G\_Ludmila15@ukr.net

Study of the impact of traditional and zero-tillage systems and organo-mineral fertilization systems with the use of green manure crops in intermediate post-harvest sowings on crop weediness and soybean yield when growing it in an irrigated short-rotation crop rotation of the Southern Steppe of Ukraine. The research was carried out on the basis of a stationary experiment laid out in the fields of the Askanian State Agricultural Research Station Institute of Irrigated Agriculture of NAAS in the area of operation of the Kakhovka irrigation system. The scheme of the experiment included three variants of the main tillage and four variants of fertilization with post-harvest sowings of green manure of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.), phacelia (*Pracelia tanacetifolia* Benth.) and white one-year-old sweet clover (*Melilotus albus*). Field, quantitative-weight, calculation-comparative, and mathematical-statistical methods were used. The average number of weeds in soybean crops when plowing was the lowest and was 28.5 pcs/m<sup>2</sup>. With zero tillage, both in the second year and long-term use, an increase in the weediness of crops was observed by 16 and 8.5 pcs/m<sup>2</sup>, respectively. When sowing soybeans according to zero technology, weediness was lower in the options with post-harvest sideral sowing of phacelia and buckwheat, where the number of weeds, compared to the control, was 10 and 16 pcs/m<sup>2</sup> fewer. For all methods of the main tillage, an increase in soybean yield was recorded when using post-harvest green manures, which was 0.22–0.57 t/ha when sowing buckwheat on green manure, 0.06–0.23 t/ha when using white one-year-old sweet clover, and 0.29–0.67 t/ha when using phacelia. It was established that when growing soybeans in an irrigated short-rotation crop rotation in the Southern Steppe zone of Ukraine, the least weediness of crops and the highest crop yield at the level of 3.77 t/ha was provided by plowing to a depth of 28–30 cm. Sowing of post-harvest green manures contributed to an increase in soybean productivity from 0.06 to 0.67 t/ha. When growing soybeans according to zero technology, using buckwheat in the intermediate post-harvest sowings and phacelia for green manure can reduce weediness of the main crop by 24 and 39%, respectively, and increase productivity by 0.22 and 0.29 t/ha.

**K e y w o r d s:** weeds, plowing, zero tillage, green fertilizers, irrigation, productivity.

**Levishko A., Gumeniuk I., Tsvigun V., Mazur S., Botsula O.** The influence of polyguanidin on the direction of biochemical processes in wheat (*Triticum L.*) plants. *Agroecological journal*. 2023. No. 1. P. 136–145.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com*

Modern crop production requires a balance of high and sustainable productivity with maximum safety for the environment, consumers and agricultural workers. The well-known chemical compound polyguanidine, which was previously used as a disinfectant, surfactant and complexing agent, has recently become widely used as a plant growth and development stimulant. Despite the increasing use of polyguanidine preparations as a growth stimulant, there is no data in the literature on its mechanism of action on plants. There are many studies that try to determine whether the effect of biostimulants on plant productivity is a direct or indirect response, for example, through the soil or microbiome. In many cases, biostimulants are considered in terms of their effects on various plant regulatory and functional systems (signaling, metabolic, uptake and transport mechanisms, etc.). But, in general, these modes of action are very diverse and may include activation of nitrogen metabolism or release of phosphorus from soils, general stimulation of soil microbial activity, or stimulation of root growth and increased plant nutrition. The effect of polyguanidin on the physiological parameters of wheat plants was studied under vegetation and laboratory conditions. Seeds of winter wheat variety Bogdana were used for the study. For the determination of flavonoids, a spectrophotometric method based on the measurement of their absorption with aluminum chloride complex was used. It was proved that the treatment of wheat in the tillering and earing phases with polyguanidin had the greatest effect on the protein content in win-

ter wheat grain, which ensured the formation of this indicator at the level of 11.0–13.4% compared to the control. The treatment of wheat seeds with a preparation based on polyguanidine increased the amount of chlorophyll a by almost two times, while the content of chlorophyll b and carotene increased somewhat less. Thus, the use of polyguanidine contributes to the efficient functioning of the photosynthetic apparatus of plants, which will increase their productivity. Since the energy basis of photosynthesis is the absorption of solar radiation by photosynthetic pigments, which are used to form organic matter, there is a direct link between chlorophyll content and plant productivity. Therefore, we decided to check the content of the main photosynthetic pigments in plants after treatment with polyguanidine. At the first stage of our research, plants at the early stages of ontogenesis were analyzed. Thus, we have shown that the treatment of wheat seeds with a polyguanidine-based preparation increases the amount of chlorophyll a almost twice. Evaluation of flavonoid content in wheat plants showed a decrease in their amount after treatment with polyguanidin. That is, after the treatment, the plants, on the contrary, reduced their adaptive potential, because at the biochemical stage it was believed that there were no unfavorable factors in the environment. The analysis of the free proline content showed an increase in its concentration after treatment with the test substance almost doubled both after the first and after the second treatment. Also, it should be noted that reducing the concentration of the drug to 0.15 liters per 200 liters of the working solution increases the level of proline after the first treatment. The increase in proline, in this case, can lead to an increase in stress resistance, which is provided by metabolic and physiological changes. Consequently, its accumulation and conversion into other amino acids due to changes in the activity of proline oxidase contributes to an increase in the protein content in the grain.

**K e y w o r d s:** winter wheat, photosynthetic apparatus of plants, polyguanidine, growth stimulating substances, agriculture.

---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**АТАРЩИКОВА Анна Миколаївна**, Інститут агроєкології і природокористування, м. Київ, Україна; ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, Україна (e-mail: Anniatara@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3343-5612>)

**БОНДАРЕНКО Олена Юріївна**, кандидат біологічних наук, доцент, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна (e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2383-6615>)

**БОРТНИК Андрій Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, Волинська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» м. Луцьк, Волинська обл., Україна (e-mail: bam.bortnik@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-0481>)

**БОРТНИК Тетяна Павлівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, Волинська обл., Україна (e-mail: didkovtana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8159-2479>)

**БОЦУЛА Олександр Іванович**, кандидат економічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: botsulaiap@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7047-0102>)

**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 Володимир Андрійович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, Волинська обл., Україна (e-mail: gavrilyuk-v@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3923-0842>)

**ГРАНОВСЬКА Людмила Миколаївна**, доктор економічних наук, професор, Інститут кліма-

тично орієнтованого сільського господарства НААН, с. Хлібодарське, Білявський р-н, Одеська обл., Україна (e-mail: G\_Ludmila15@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/000-0001-7021-3093>)

**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>)

**ГУНЧАК Михайло Володимирович**, кандидат сільськогосподарських наук, Чернівецька філія ДУ «Держґрунтохорона», м. Чернівці, Україна (e-mail: gunchak00@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-8531>)

**ДЕМЧИШИН Анатолій Михайлович**, Львівська філія ДУ «Держґрунтохорона», с. Оброшине, Львівська обл., Україна (e-mail: lviv@iogu.gov.ua)

**ДІДЕНКО Віталія Іванівна**, доктор філософії, ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, Україна (e-mail: vitaliiaididenko14@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5947-2307>)

**ДІХТЯРЕНКО Назар Володимирович**, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Черкаська обл., Україна (e-mail: dichtiarenkon@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3187-7919>)

**ДРЕБОТ Оксана Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, Україна (e-mail: o\_drebot@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4146-3266>)

**ЗАЙЦЕВ Юрій Олександрович**, доктор економічних наук, професор, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: info@iogu.gov.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8368-8127>)

**ІЛЬЇНСЬКИЙ Юрій Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, Агроєкологічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна (e-mail: ilinskyu@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5301-6714>)

**КОНІЩУК 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>)

**КУЗЯРІН Олександр Тимофійович**, кандидат біологічних наук, науковий співробітник, Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів, Україна (e-mail: kuzyarin@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7728-3665>)

**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 імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини», м. Київ, Україна (e-mail: maevskyalex8@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9128-1033>)

**МАЗУР Світлана Олександрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: mazurlanalana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5025-0134>)

**МАЛІНОВСЬКА Ольга Ярославівна**, кандидат економічних наук, доцент, Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна (e-mail: malinovska\_o@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5820-3896>)

**МАНІШЕВСЬКА Надія Миколаївна**, Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», м. Боярка-2, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: manishevskan@ukr.net)

**МОРОЗ Віра Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Львівський національний університет природокористування, м. Львів, Україна (e-mail: vera\_moroz@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1457-4641>)

**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>)

**МУСИЧ Олена Григорівна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна (e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-741X>)

**НАЗАРЧУК Юлія Сергіївна**, кандидат біологічних наук, доцент, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна (e-mail: bio\_july@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7046-958X>)

**ОЛІФЕРЧУК Вікторія Петрівна**, кандидат біологічних наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна (e-mail: victorijaoliferchuk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2800-2254>)

**ПАРФЕНЮК Алла Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vereskpar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>)

**ПОСТОЄНКО Дмитро Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, Україна (e-mail: dmytroiap@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8551-5809>)

**ПРИЙМАЧУК Тетяна Юріївна**, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Полісся НААН, м. Житомир, Україна (e-mail: isgp.ek@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6088-1730>)

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

**РЕЗНІЧЕНКО Надія Дмитрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, с. Хлібодарське, Білявський р-н, Одеська обл., Україна (e-mail: nadezhda.reznichenko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5741-6379>)

**РОЙ Сергій Сергійович**, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, с. Хлібодарське, Білявський р-н, Одеська обл., Україна (e-mail: roysergey11@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6821-9709>)

**САВЧУК Ольга Іванівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Полісся НААН, м. Житомир, Україна (e-mail: grunt17isgp@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6702-239X>)

**СЕНЧУК Тетяна Юріївна**, Інститут агроекології і природокористування, м. Київ, Україна; ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокіповича», м. Київ, Україна (e-mail: senchuktanya.bee@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5272-8947>)

**СЛЄПЦОВА Інна Володимирівна**, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: inna7slyeptsova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-7924>)

**СМОЛІЙ Людмила Василівна**, кандидат економічних наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Черкаська обл., Україна (e-mail: lsmoliy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7426-0468>)

**СОЛОМАХА Володимир Андрійович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: v.sol@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3975-5366>)

**СОЛОМАХА Ігор Володимирович**, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: i\_solo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8853-2973>)

**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>)

**ЦВІГУН Вікторія Олександрівна**, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vika-natcevich@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9517-9810>)

**ЦУМАН Наталія Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Агроекологічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна (e-mail: innater-59@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0770-6009>)

**ЧОБОТЬКО Григорій Михайлович**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: chobotko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8228-4331>)

**ШАКАЛІЙ Світлана Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна (e-mail: shakaliysveta@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4568-1386>)

**ШУКЕЛЬ Ігор Володимирович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна (e-mail: shukel@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-1523>)

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



---

---

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

---

---

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду оригінальні статті, підготовлені на високому науковому рівні, що мають важливе теоретичне, практичне значення та висвітлення результатів наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів. У журналі публікуються закінчені експериментальні і дослідні роботи, а також оглядові статті, які раніше не були надруковані за наступними напрямками: **актуальні проблеми екології, аграрні науки і продовольство, біологічні науки, економічні науки, лісове господарство, технологія виробництва та переробки продукції тваринництва.**

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 не вирішених 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 варіан-

ту, 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, 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 надаватися 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 телефонами: (044) 522-60-62.  
E-mail: agroecojournal@ukr.net