

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

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



4•2022

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 № 6 від 20 грудня 2022 р.)**

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

Підписано до друку 10.11.2022 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 11,94. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-04–22.
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

4 • 2022



КИЇВ • 2022

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

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

Executive Secretary

SHUMYHAI I., Candidate of Agricultural Sciences

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

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

Відповідальний секретар

ШУМИГАЙ І.В., кандидат сільськогосподарських наук

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

- Соломаха І.В., Саблук В.Т., Гументик М.Я., Соломаха В.А.**
Особливості створення швидкорослих та поліфункціональних насаджень у Лісо-степовій зоні України
- Наконечна Ю.О.**
Сучасні морфологічні та гідроекологічні характеристики р. Березань
- Бондаренко О.Ю.**
Інвазійні види флори трансформованих ділянок залізничних колій у пониззі межи-річчя Дністер–Тилігул
- Чорнобров О.Ю., Ходинь О.Б.**
Екологічна оцінка запасу мертвої деревини у грабово-кленово-ясеневих лісових насадженнях Природного заповідника «Медобори»
- Пінчук В.О., Кривохижа Є.М., Тертична О.В.**
Екологічна оцінка нітрогенного бюджету тваринницьких систем виробництва в Україні
- Григорян О.О.**
Сукупність елементів управління інноваційною діяльністю
- Зайцев Ю.О., Гунчак М.В., Романова С.А.**
Стан родючості ґрунтів Чернівецької обл.
- Центило Л.В., Шило С.Л.**
Агрофізичні показники чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої (*Triticum vulgare*) в Правобережному Лісостепу України
- Кирильчук А.М., Паламарчук Р.П.**
Динаміка вмісту ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у ґрунтового покриві сільськогосподарських угідь Житомирської обл.
- Крупко Г.Д., Суходольська І.Л., Лико Д.В., Басараба І.В.**
Оцінка вмісту важких металів у підземних водах сільської місцевості Рівненщини
- 6 **Solomakha I., Sabluk W., Gumentyk M., Solomakha V.**
Features of creating fast-growing and multi-functional field-protecting forest strips in the Forest-Steppe zone of Ukraine
- 16 **Nakonechna Yu.**
Current morphological and hydroecological characteristics of the Berezan river
- 27 **Bondarenko O.**
Invasive species of the flora of transformed sections of railway tracks in the bottom of the Dnister–Tiligul river
- 34 **Chornobrov O., Khodyn O.**
Ecological assessment of dead wood volume in hornbeam-maple-ash forest in «Medobory» Nature Reserve
- 45 **Pinchuk V., Kryvokhyzha Ye., Tertychna O.**
Ecological assessment of the nitrogen budgets of livestock production systems in Ukraine
- 53 **Hryhorian O.**
Elements totality of innovative activity management
- 66 **Zaitsev Yu., Gunchak M., Romanova S.**
State of soil fertility in Chernivtsi region
- 76 **Tsentylo L., Shylo S.**
Agrophysical indicators of black soil typical in the agrocenose of winter wheat (*Triticum vulgare*) in the right bank Forest Steppe of Ukraine
- 84 **Kyrylchuk A., Palamarchuk R.**
Dynamics of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr content in the soil cover of agricultural lands in Zhytomyr region
- 93 **Krupko H., Sukhodolska I., Lyko D., Basaraba I.**
Heavy metals concentration in the underground waters of rural settlements in Rivne region

- | | |
|---|--|
| <p>Шумиґай І.В., Коніщук В.В.,
Душко П.М.
Біогеохімічні особливості важких металів агроєкосистем Лісостепу України</p> <p>Гаврилюк Л.В., Кічігіна О.О.,
Безноско І.В., Власенко І.С.
Патогенний мікобіом та якісні показники зерна сої (<i>Glycine max</i> Moench) за вирощування в органічних технологіях</p> <p>Бойко О.А., Цвігун В.О.,
Вашкевич П.Ю.
Вплив біокомпозиції «Біоєкофунґе-1» на ріст і розвиток рослин томата (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</p> <p>Лябах С.В.
Вплив способу обробітку ґрунту та системи удобрення на врожайність соняшнику (<i>Helianthus</i> L.) за вирощування в умовах Центрального Полісся України</p> | <p>105 Shumyhai I., Konishchuk V.,
Dushko P.
Biogeochemical characteristics of heavy metals in agroecosystems of the Forest-Steppe of Ukraine</p> <p>115 Havryliuk L., Kichigina O.,
Beznosko I., Vlasenko I.
Pathogenic mycobiome and quality indicators of soybean seed (<i>Glycine max</i> Moench) under growing in organic technologies</p> <p>123 Boyko O., Tsvigun V.,
Vashkevich P.
Influence of «Bioecofunge-1» biocomposition on the growth and development of tomato plants (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</p> <p>130 Liabah S.
Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (<i>Helianthus</i> L.) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine</p> |
|---|--|

НЕКРОЛОГ

Памяті М.І. Волошина

Реферати

Відомості про авторів

Правила для авторів

OBITUARY

136 In memory of Voloshin M.I.

138 Abstract

145 Information about the authors

147 Rules for the authors

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ШВИДКОРОСЛИХ ТА ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАСАДЖЕНЬ У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

І.В. Соломаха¹, В.Т. Саблук², М.Я. Гументик², В.А. Соломаха^{1,3}

¹ Інститут агроекології і природористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: i_solo@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8853-2973

² Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6124-4346
e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: 0000-0001-9052-9650

³ ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича НААН» (м. Київ, Україна)
e-mail: v.sol@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3975-5366

Для забезпечення максимального захисту посівів сільськогосподарських культур від несприятливих для їх росту і розвитку кліматичних чинників потрібно створити оптимальну кількість позахисних лісових смуг та пов'язаних з агроландшафтами насаджень. Зокрема, для лісостепової зони України за оптимальної потреби наявно менше половини, що свідчить про нагальну потребу в додатковому їх створенні. Обґрунтовано доцільність формування швидкорослих та поліфункціональних насаджень, які в поєднанні з певними деревостанами можуть використовуватися як польові лісо-смуги з урахуванням особливостей їх формування й бути перспективними для використання у бджільництві та в якості біопалива. З цією метою запропоновано формування моделі штучного насадження з можливою подальшою її експлуатацією з використанням багатофункціональних видів дерев, які окрім здійснення функцій вітро-, водо- та пилозахищення будуть виконувати й інші господарські завдання. Для прискореного створення таких насаджень доцільно використати змішані 6–8-рядні насадження, де середні 2–3 ряди висаджуються із залученням деревних порід, у т. ч. з використанням видів сировинно-цінних для бджільництва. Ці насадження з обох боків доповнюються утвореними смугами енергетичних культур, які мають значення для бджільництва та є цінним ресурсом для отримання паливної сировини. Для цього доцільно висаджувати на одному гектарі 10–12 тис. шт. живців тополі (*Populus sp.*), 1250 шт. рослин павловнії (*Paulownia tomentosa Steud.*) з шириною міжрядь 2×4 м та 17–18 тис. шт. живців енергетичної верби (*Salix viminalis L.*). Також є можливою часткова або повна заміна живців тополі на живці робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia L.*) та липи сердцелистої (*Tilia cordata Mill.*). Створення подібних насаджень поблизу населених пунктів сприятиме їхньому значному сировинному використанню та буде досить ефективним для здійснення їх основної функції щодо екологічної стабілізації агроландшафтів поблизу населених пунктів громад.

Ключові слова: біоенергетичні культури, медоносні культури, павловнія, тополя, енергетична верба.

ВСТУП

Історично повсюдне створення позахисних лісових смуг у лісостеповій та степовій зонах України здійснювалося паралельно з процесом розорювання степів та степових лук із використанням у насадженнях широкого спектра деревних та чагарникових видів, що сприяло відновленню екологічної та біологічної рівноваги

сільськогосподарських угідь. Цей меліоративний засіб став впливовим чинником стабілізації екологічних умов сучасних агроландшафтів, знижуючи вітрову та водну ерозію ґрунту, затримуючи сніг на полях, зменшуючи поверхневий стік атмосферних опадів, збільшуючи вологість ґрунту, що сприяло підвищенню та стабілізації врожайності сільськогосподарських культур.

Окрім того, захисні лісові насадження сприяють формуванню флористичного й

фауністичного різноманіття та підтримці їхніх міграційних зв'язків і формуванню додаткових оселищ, що допомагає збалансуванню агробіогеоценозів, слугуючи надійним засобом формування біологічної повноцінності сільськогосподарських угідь. Водночас розвиток цих процесів сприяє поширенню різного роду адвентивних та інвазійних видів рослин і тварин, що потребує додаткових заходів їхнього контролю.

В Україні є близько 45 млн га сільськогосподарських угідь, у складі яких рілля сягає 34,3 млн га, сіножаті і пасовища — 7,0 млн га, багаторічні плодові насадження — 1,1 млн га [1]. Внаслідок інтенсивного використання цих земель вони зазнають відчутної деградації за наявності надзвичайно високого порівняно з іншими заходами рівня розораності територій (57%), досить поширеної ерозії та погіршення хімічного складу ґрунтового середовища, переуцільнення ґрунтів і забруднення різноманітними небезпечними речовинами.

Усі ці процеси викликають істотні зміни природних (автентичних, алохтонних) властивостей земель із втратою ними самовідновлювальної здатності. Крім того, повсюдного поширення в агроландшафтах України набули масштабні прояви ерозійних процесів. Для досягнення стабільного стану агроландшафтів, окрім застосування агротехнічних заходів, навіть найсучасніших, необхідне використання ефективних лісомеліоративних заходів, що повинно стати стратегічним напрямом розвитку агроєкології України.

За даними державного обліку лісів, площа лісових насаджень, які виконують агролісомеліоративну функцію, сягає 2642,2 тис. га. З них: 1001,1 тис. га байрачних лісів, 432,3 тис. га лісових насаджень лінійного типу; 919,1 тис. га протиерозійних лісів та 289,7 тис. га лісові ділянки вздовж берегів річок, навколо озер, водоймищ та інших водних об'єктів. Вони поширені майже на 40% орних земель (<https://forest.gov.ua/>). Сучасний стан полезахисної лісистості країни становить лише 1,3%, зокрема, у Степу — 2,2%, Лісостепу — 1,0 та

у Поліссі — 0,4%, що значно нижче за оптимальну (3,8–6,2%; 2,7–4,4; 2,4–4,5% відповідно). З огляду на це, потрібно констатувати, що площі полезахисних насаджень різного цільового призначення, а також лісів, які виконують захисні функції, є недостатніми для забезпечення стабільності агроландшафту в усьому спектрі його показників та наявності сприятливих умов для ефективного господарювання й високої економічної ефективності сільськогосподарської діяльності. Крім того, ще екологічний стан агроландшафту оцінюють за співвідношенням орних земель до природних кормових угідь та лісів, а це — 1 : 1,6 : 3,6 відповідно. Однак, наразі цей показник становить лише 1 : 0,23 : 0,3 [1], що свідчить про сильно погіршений екологічний стан агроландшафтів України. У Лісостепу він перебуває практично в катастрофічному стані.

На сільськогосподарських землях, які забезпечені системами захисних лісових насаджень, створюються більш сприятливі умови для стабільного функціонування сільськогосподарського виробництва. Отже, оптимізовані системи захисних лісових насаджень в агро- та лісоаграрних ландшафтах є основним чинником їх стабілізації, створення оптимальних умов для ефективного вирощування сільськогосподарських культур, підвищення родючості й продуктивності сільськогосподарських земель. Крім поліпшення екологічної ситуації агроєкоосистем з оптимізованим рівнем насичення лісовими захисними насадженнями та збереження біорізноманіття, вони можуть виконувати функції цільового господарського використання, наприклад, для розвитку галузі бджільництва.

Зважаючи на особливості розвитку та формування польових лісосмуг на початкових стадіях, їх еколого-фітоценотичному обстеженню не приділялося належної уваги. Цільовому дослідженню їх, на території лісостепової зони України, була приділена увага лише в останні роки. Паралельно було розпочато вивчення поширення сировинно-цінних рослин для бджільництва в захисних лісових насадженнях цієї

зони. При цьому виникла потреба в обґрунтуванні можливостей створення ефективних та економічно вигідних швидкорослих насаджень, формування яких за короткий відрізок часу (3–4 роки) сприяло б не тільки виконанню функцій захисних лісових насаджень, а й використанню їх у якості сировинних угідь для бджільництва та біопалива. Подібному поєднанню певного набору деревних видів буде присвячене це дослідження.

Здебільшого питання збереження, належного догляду та цільового відтворення лісосмуг за відсутності ефективного власника не виконувалися, а самі насадження поступово втрачали свої захисні функції. Тому спостерігалось перетворення полезахисних лісових смуг на об'єкти для накопичення побутового сміття та різноманітних відходів виробництва з промислових та сільськогосподарських підприємств, також місць резервації шкідливих організмів (шкідників, хвороб та бур'янів), а також наявних на значних площах механічних пошкоджень цих насаджень. Доволі часто відбувається використання місцевим населенням насаджень на пиломатеріали або дрова, також вони потерпають під час пожеж за випалювання залишків стерні на полях та сухої рослинності на сінокосах і пасовищах. Загалом, недотримання достатнього догляду за полезахисними лісовими смугами значно знижує їх агролісомеліоративні функції, що, своєю чергою, позначається на врожайності сільськогосподарських культур та сприяє розвитку водної та вітрової ерозії ґрунтового покриву агроландшафтів.

Полезахисні лісові смуги утримуються та зберігаються за правилами, встановленими постановою Кабінету Міністрів України [2]. Правилами визначається процедура утримання та збереження польових лісосмуг, зокрема встановлюються: механізм і підстави для проведення заходів; показники лісомеліоративного стану насаджень залежно від виду, вікового стану, конструкції та лісівничо-меліоративної оцінки; комплекс заходів із поліпшення їх якісних показників (зріджування в процесі

рубок догляду, створення (відновлення), збереження від пожеж, незаконних рубок та пошкодження, захист від шкідників і хвороб тощо); умови, що негативно впливають на збереження та використання полезахисних лісових смуг.

Сучасний підхід створення ефективних систем захисних лісових насаджень в агроландшафтах передусім передбачає обов'язкове врахування екологічної ситуації в зоні їх створення. Інтенсивний екологічний вплив на ці насадження передбачає створення таких систем, в основі яких мають бути довговічні деревні породи.

Для досягнення **мети** в процесі дослідження вирішувались такі завдання:

- обґрунтування найефективніших способів та раціональної схеми створення швидкорослих та поліфункціональних насаджень;
- встановлення оптимальної густоти насадження та ширини міжрядь для біоенергетичних культур.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В останні роки польові лісосмуги лісостепової зони підпали під комплекс наукових досліджень. Передусім було проаналізовано сучасний стан їхнього фіторізноманіття та досліджено їх екологічно-типологічні особливості [3; 4]. На другому етапі було оцінено їх використання та функціональні особливості [1], а в подальшому було визначено соціально-економічне значення [5]. З цього блоку більш детально було відпрацьовано можливість використання насаджень польових лісосмуг як сировинних угідь для бджільництва [6–8].

Групою дослідників Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН проведено дослідження з можливості використання цілого комплексу енергетичних культур для створення штучних деревних та чагарникових насаджень [9; 10]. У зв'язку з нестабільними кліматичними умовами, що зумовлюють до глобального потепління, виникає потреба пошуку нових технологій використання біоенергетичних

культур з виносливістю до посухи та високою окупністю. Тому цікавою нішею для сільгоспвиробників в Україні під час створення полезахисних лісосмуг будуть швидкоростучі культури, які можуть також використовуватися для отримання біоенергії [9–11]. Економічно та екологічно доцільними культурами, які широко використовуються в біоенергетиці, є тополя (*Populus* sp.), енергетична верба (*Salix viminalis* L.) та павловнія (*Paulownia tomentosa* Steud.), що дають можливість скоротити термін вегетації дерев від 10–20 до 3–5 років, а сировину з яких можна також переробити у паливну тріску [12–16].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали впродовж 2017–2021 рр. на полях науково-технічного центру «Біоенергія» (м. Борщів Тернопільської обл.). Площа під дослідними ділянками становила 0,6 га. Дослідження проводились згідно з методиками польового дослідження [17; 18]. На полях переважають ясно-сірі та сірі лісові ґрунти. Вони не мають реліктових чорноземних ознак, тобто це справжні підзолисті ґрунти лісостепової зони [19].

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки, де проводились польові дослідження, характеризується такими показниками: ґрунт ясно-сірий лісовий, вміст рухомого фосфору (за методом Кірсанова) в шарі ґрунту 0–30 см становить 9,5 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за методом Кірсанова) — 6 мг на 100 г ґрунту, вміст азоту (за Корнфілдом) — 28 мг на 100 г ґрунту, кислотність ґрунту (рН) — 6,0.

Клімат району помірно континентальний із незначними амплітудами коливання температур, характеризується короткою м'якою зимою, теплим вологим літом і достатньою кількістю опадів [19]. За сумою активних температур, кількістю опадів і періодом вегетації територія господарства належить до мікрокліматичного району «Тепле Поділля», яке характеризується м'яким, достатньо зволженим, помірно континентальним кліматом. Сума пози-

тивних температур — 2500...2600°C. Період із середньодобовою температурою понад 10°C триває 160–165 діб. Упродовж цього періоду випадає 370...420 мм опадів, а за рік — 570...680 мм, величина гідротермічного коефіцієнта — 1,1...1,2. Погодні умови, що склалися у регіоні досліджень, зокрема температурні режими впродовж вегетаційних періодів 2017–2021 рр., загалом можна охарактеризувати як середньозважені без екстремальних відхилень.

Полезахисні лісові насадження формувалися з врахуванням оптимальності їх складу, що відповідало їх цільовому використанню. Оптимальна конструкція та структура створювалася за певним породним складом, внаслідок відбору найефективніших головних і супутніх порід із врахуванням відповідності екологічним умовам їх зростання. Також враховувались оптимальне розміщення деревних порід та здійснювався їх розподіл за породним складом. Найважливішим у цьому комплексі заходів є набуття насадженнями цільового призначення шляхом подальшого вирощування та одержання відповідної конструкції лісосмуги. Оптимальність структури та складу полезахисних лісових насаджень, яка також підтримується заходами догляду за ними, має істотне значення для підвищення ефективності полезахисного лісорозведення в різних регіонах України.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час створення захисних насаджень важливо правильно встановити їх конструкцію, підібрати асортимент деревних і чагарникових порід та скласти схему їх змішування, водночас необхідно врахувати взаємовідносини між ними. У насадженнях види поділяються на головні, супутні і чагарникові. Головні — виконують основну захисну функцію і утворюють верхній ярус насадження, супутні види — допоміжну роль, а чагарники — ґрунтозахисну роль. Вони сприяють снігонакопиченню та підвищенню родючості ґрунтів.

У числі деревних видів для створення лісосмуг можна використати нові високо-

продуктивні біоенергетичні культури в сумісних насадженнях з метою отримання сировини для виробництва біопалива та для розвитку бджільництва. Однією з найперспективніших та економічно доцільних культур для формування лісосмуг є павловнія (*Paulownia tomentosa* Steud.) – представник м'якої породи дерев, що набирає біомасу до 120–140 т/га за п'ять років вегетації, росте з неймовірною швидкістю – 3–5 м на рік. Після вирубок дерево відрастає з пенька, декілька разів самостійно регенерує з коренів і здатне рости в екстремальних температурних умовах на різних типах ґрунтів, при цьому не виснажуючи родючий шар ґрунту (рис. 1).

Основний період накопичення деревинної біомаси відбувається у перші три роки вегетації і має один з найвищих у світі показників з продуктивності 0,5–0,6 м³ деревини за 5–6 років вегетації з одного дерева, а за 7–8 років можна отримати приріст близько 1,0 м³ цінної деревини. Павловнія не вибаглива до умов зростання, може вирощуватись на низькопродуктивних ґрунтах із відповідною технологією створення лунок і внесення поживних речовин під кожен рослинку окремо. Рослини павловнії мають набагато швидший розвиток, ніж тополя та енергетична верба.

Листкова маса з павловнії може використовуватися для годівлі травоядних тва-

рин (корови, вівці, кози та ін.). Поживні характеристики біомаси близькі до люцерни й конюшини, передусім за вмістом до 20% протеїнів (білків) та мікроелементів. Завдяки особливо великим розмірам вони утворюють тінь і зберігають ґрунтову вологу, створюючи при цьому сприятливий мікроклімат рослинам, котрі вирощують спільно з нею. Після листопада листкова маса збагачує ґрунт азотом і покращує його структуру. Таким чином, за умови, що листки не використовують для фуражу, павловнія вносить у ґрунт органічні відходи, якими живляться інші рослини при сумісному вирощуванні, підвищуючи продуктивність [12; 15; 16].

Деревина павловнії є цінним будівельним матеріалом та сировиною для виробництва біопалива. Крім того, квіти павловнії є медоносними, що продукують значну кількість пилюку та нектару, який бджоли використовують для виробництва меду, тому розміщення пасіки поблизу плантації може забезпечити збір з одного гектара насаджень близько 700 кг меду. В процесі вирощування деревини павловнії, тополі та енергетичної верби не використовуються пестициди, що запобігає отруєнню бджіл. Мед павловнії є поширеним на азійському континенті та протягом багатьох тисячоліть споживається в Азії, Китаї, Австралії та Іспанії. Павловнієвий мед високої якос-



Рис. 1. Листки, бутони та квіти павловнії Клон-112.
Науково технічний центр «Біоенергія», 2021 р. (фото Гументик М.Я.)

ті, світлого кольору схожий до білого, має дуже чудовий смак та аромат. За кольором і консистенцією схожий на акацієвий мед, не кристалізується, має лікувальні властивості при лікуванні бронхітів та запаленні легенів. Пасічники можуть отримувати значну користь від цієї нової культури, тому через деякий час за збільшення плантацій павловнії вітчизняний бджоляр матиме можливість виробляти монофлорний павловнієвий мед [12; 14; 15].

За походженням павловнія є дуже теплолюбною рослиною. За допомогою надзвичайно великих розкидистих листків рослини павловнії оптимально використовують сонячне світло. Таким чином, південна сторона захисного лісового насадження є оптимальним розташуванням для неї. Чим більше рослини розміщуються до сонячної сторони, тим більше сонячного випромінювання концентрується на поверхні листків, а це сприяє подовженню вегетаційного періоду і збільшенню приросту деревини.

Плантації павловнії для виробництва біомаси застосовуються, як правило, зі схемою посадки $1,5 \times 3$ м. У дуже загущених місцях із високою сонячною радіацією посадка 2×2 м теоретично можлива, але мала відстань між рядами є проблемною для механізованих робіт через те, що більшість сільськогосподарських машин не вміщуватиметься у міжряддя. Розмір $1,5 \times 3$ м відповідає посадці 2222 шт. рослин на одному гектарі, а схема 2×2 м відповідає кількості 2500 шт. на одному гектарі. Насадження, яке створено для вирощування біомаси може бути зібрано впродовж трьох-чотирьох років. Для промислового вирощування павловнії в Україні використовують схему 4×4 м, за якої розміщується 625 дерев на одному гектарі. У запропонованому варіанті для створення захисних лісових насаджень доцільно висаджувати 1250 шт. рослин на одному гектарі за схемою 2×4 м. З висадкою двох захисних рядів із рослин енергетичної верби, які, своєю чергою, захищають рослини павловнії від вітряних морозів та сильного сонячного світла, що покращує умови для їх росту та розвитку,

зменшує вплив негативних, несприятливих чинників.

Створені захисні насадження з біоенергетичних культур, таких як тополя та енергетична верба, сприяють хорошему розвитку павловнії у перші роки вегетації. Вони зберігають її зокрема від пошкодження шквальними вітрами й приморозками, а трирічні дерева можуть періодично зрізатися для отримання енергетичної біомаси та відростати знову. Сумісне вирощування павловнії з тополею та енергетичною вербою загалом забезпечує високу ефективність лісосмуги.

За проведеними розрахунками в лісостеповій зоні України найбільшу продуктивність в поліфункціональних полезахисних лісових насадженнях зі швидким оборотом забезпечують трирічні біоенергетичні культури павловнії, а саме 20 т/га сухої речовини з виходом енергії 300 ГДж/га, з яких можна виробити 62,5 Гкал/га теплової енергії та енергетична верба — 15 т/га сухої речовини (210,0 ГДж/га), з яких можна виробити 42,8 Гкал/га теплової енергії відповідно (*табл.*).

В Україні захисні лісові насадження створювалися переважно за змішаним типом, оскільки такі насадження характеризуються швидким ростом і високою біологічною стійкістю порівняно з простими за складом насадженнями. До того ж необхідно враховувати біологічні особливості деревних порід, від яких залежить максимальна захисна висота за формування першого ярусу. Найбільш стійкими і ефективними є змішані за видовим складом двох-трьох'ярусні насадження за участі високорослих чагарників, які створені за деревно-чагарниковим типом.

Також, з нашої точки зору, для створення ефективної системи польових лісосмуг можливе застосування нових нетрадиційних підходів для їх формування. Це твердження підкріплюється тим, що створення їх потребує значних фінансових витрат із поступовим набуттям економічної ефективності в подальшій перспективі. Тому, створення ефективних швидкорослих та високоенергетичних насаджень, які мо-

Енергетична продуктивність біомаси біоенергетичних культур, які використовуються для створення поліфункціональних насаджень (середнє за 2017–2021 рр.)

Біоенергетичні культури	Вологість біомаси, %	Продуктивність сухої речовини, т/га	Теплота згоряння		Насипна щільність, кг/м ³	Вихід енергії, ГДж/га	Виробництво теплової енергії, Гкал/га
			МДж/кг	Ккал/кг			
Павловнія	50–60	20	15,0	3860	310	300,0	62,5
Енергетична верба	50–60	15	13,0	3330	400	210,0	42,8
Тополя	40–50	14	14,0	3500	430	168,0	34,2
Клен ясенolistий	50–60	12	14,0	3500	450	140,0	28,5

жуть використовуватися і в якості польових лісосмуг значно підвищить економічну ефективність. Воно має бути спрямованим на поєднання використання традиційних деревних порід, які можуть мати високу сировинну цінність для бджільництва — липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) або робінія звичайна (акація біла) (*Robinia pseudoacacia* L.) із меншим додатковим використанням цінних у цих типах насаджень — дубом звичайним (*Quercus robur* L.), ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior* L.) або кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.), які допоможуть стабілізувати центральну частину створюваної лісосмуги. Три останні види можуть мати

й певну підтримувальну функцію для сировинного використання у бджільництві.

Для прискореного створення полязахисних лісосмуг доцільно використати змішані 6–8-рядні насадження, де середні 2–3 ряди висаджуються із перерахованих вище видів деревних порід, а з обох боків доповнюються насадженими смугами енергетичних культур, наприклад верби й павловнії, які мають цінність для бджільництва та є цінними сировинними рослинами для отримання паливної сировини (рис. 2). Також ці насадження повинні мати ширину сумісну з розмірами техніки для зрізання їх раз на 3–4 роки, але найбільш оптимальним є часткове вирізання окремих стовбурів

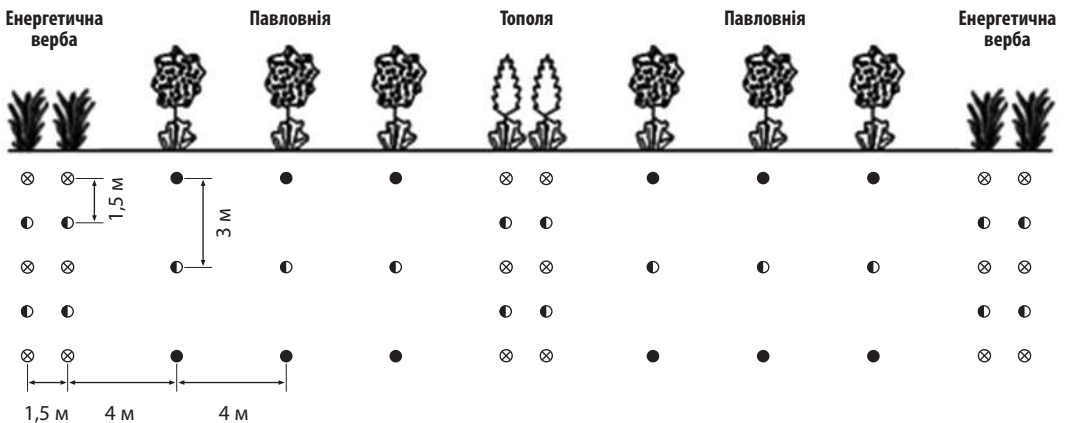


Рис. 2. Схема розміщення біоенергетичних культур — енергетичної верби, павловнії та тополі в лісосмузі

енергетичних рослин зі створенням оптимального розвитку для залишених пагонів. Отримана деревна сировина може використовуватися, крім дров, і для виробництва паливної тріски.

Наведена схема є умовною і абсолютно придатною для перегрупування наведених смуг насаджень у просторі (див. *рис. 2*). Також за створення подібних насаджень поблизу населених пунктів і за відсутності у громад потрібної техніки для суцільного зрізання буде здійснюватися у осінній або зимовий період вибіркове вирізання більш зрілих стовбурів енергетичних культур як паливного матеріалу. Це сприятиме підтримці вітропродувної конструкції насаджень за його використання в якості польової лісосмуги.

ВИСНОВКИ

З метою покращення екологічного стану довкілля, здійснення функції вітро-, водо- та пилозатримання, збільшення обсягів використання відновлювальних джерел енергії в Україні, необхідно збільшувати площі під насадженнями з використанням високопродуктивних біоенергетичних культур, що може бути досить ефективним не тільки для здійснення функції екологіч-

ної стабілізації агроландшафтів, а також для прискореного отримання з них сировинної продукції.

Оптимізація термінів економічного використання подібних насаджень в агрофермі і в межах окремих фермерських господарств буде досить ефективним за умови їх наявності і використання у місцевих громад на законодавчому рівні, сприятиме створенню значних додаткових площ насаджень за рахунок залучення поряд із незначним державним фінансуванням і місцевих коштів.

З метою отримання сировини для виробництва біопалива й ефективного використання ранніх медоносних культур, найбільш доцільно висаджувати 10–12 тис. шт./га тополі, 1250 шт./га павловнії з шириною міжрядь 2×4 м та 17–18 тис. шт./га енергетичної верби, що сприятиме створенню швидкорослих і поліфункціональних захисних насаджень у лісостеповій зоні України. Також є можлива часткова або повна заміна живців тополі на живці робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*) та липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) для підвищення в перспективі більш повного господарського використання цих насаджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соломаха І.В., Коніщук В.В., Соломаха В.А. та ін. Екологічна паспортизація, збереження, реконструкція існуючих та створення нових захисних лісових насаджень в Україні: методичні рекомендації. Київ, 2022. 41 с.
2. Про затвердження Правил утримання та збереження позахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення: постанова від 22 липня 2020 р. *Кабінету Міністрів України* № 650.
3. Соломаха І.В., Шевчик В.Л. Синтаксономія позахисних 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>
4. Goncharenko I. et al. A phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2022. 10 (2). P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2022-0009>
5. Соломаха І.В., Соломаха В.А., Тимочко І.Я., Чорнобров О.Ю. Еколого-економічні функції захисних лісових насаджень у наданні екосистемних послуг: методичні рекомендації / під заг. ред. О.І. Фурдичко. Київ, 2020. 31 с.
6. 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>
7. Соломаха І.В., Тимочко І.Я., В.О. 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>
8. Шевчик В.Л., Борисенко М.М., Соломаха І.В., Соломаха В.А. Особливості використання лісових насаджень Середнього Придніпров'я з участю *Robinia pseudoacacia* як сировинних угідь для бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317>
9. Роїк М.В., Фучило Я.Д., Ганженко О.М. Полезахисні лісові насадження та біоенергетика. *Агробізнес сьогодні*. 2021. № 13. С. 44–48.

10. Роїк М.В., Фучило Я.Д., Ганженко О.М. Теоретичні та прикладні аспекти використання агролісомеліоративних насаджень України в енергетичних цілях. *Біоенергетика*. 2021. 1 (17). С. 5–8.
11. Гументик М.Я. Технологічні основи створення промислових плантацій високопродуктивних біоенергетичних культур. *Біоенергетика*. 2020. 1 (15). С. 13–17.
12. Роїк М.В., Шафаренко Ю.А., Сінченко В.М. та ін. Технологія вирощування та використання павловнії в умовах Лісостепу України: рекомендації. 2020. 75 с.
13. Kaymakci A. Surface Roughness and Wettability of Polypropylene Composites Filled with Fast-Growing Biomass: *Paulownia elongata* Wood. *Journal of Composite Materials*. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0021998313480199>
14. Гументик М.Я., Ягольник О.О. Павловнія високопродуктивна культура для виробництва біопалива та деревини. *Біоенергетика*. 2020. 2 (16). С. 6–8.
15. Мацкевич О.В., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Андрієвський В.В. Павловнія. Біла Церква: БНАУ, 2019. 80 с.
16. Sinchenko V., Bondar V., Gumentyk M., Pastukh Yu. Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (1). P. 85–89. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_13
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6: методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.
19. Дроздовський Й.П. Грунтовий покрив Борщівського району. Борщів, 2003. 254 с.

REFERENCES

1. Solomakha, I., Konishchuk, V., Solomakha, V. et al. (2022). *Ekologichna pasportyzatsiia, zberezheniia, rekonstruktisiia isnuichykh ta stvorennia novykh zakhysnykh lisovykh nasadzhen v Ukraini: metodychni rekomendatsii [Environmental certification, conservation, reconstruction of existing and creation of new protective forest plantations in Ukraine: methodological recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Pro zatverdzhennia Pravyl utrymannia ta zberezheniia polezakhysnykh lisovykh smuh, roztashovanykh na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia: Postanova vid 22.07.2020 roku [On Approval of the Rules for the Maintenance and Preservation of Field Protection Forest Strips Located on Agricultural Lands: Resolution of 22.07.2020]. *Kabinet Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers of Ukraine, 650* [in Ukrainian].
3. Solomakha, I. & Shevchuk, V. (2020). Syntaksonomiia polezakhysnykh lisovykh smuh Serednoho Prydniprovia [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].
4. Goncharenko, I. et al. (2022). A phytoindicational assessment of the vegetation of afforestation belts in the Middle Dnipro Region, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies, 10 (2)*, 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2022-0009> [in English].
5. Solomakha, I., Solomakha, V., Tymochko, I., Chornobrov, O. & Furdychko, O. (Ed.). (2020). *Ekoloho-ekonomichni funktsii zakhysnykh lisovykh nasadzhen u nadanni ekosystemnykh posluh: metodychni rekomendatsii [Ecological and economic functions of protective forest plantations in the provision of ecosystem services: methodological recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Tymochko, I. (2021). Osoblyvosti rozpodilu nektaronosnykh ta pylkonosnykh roslin u lisovykh nasadzheniakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of distribution of nectariferous and polleniferous plants in forest plantations 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].
7. Solomakha, I., Tymochko, I., Postoienko, V. & Solomakha, V. (2022). Nektaronosni ta pylkonosni rosliny u lisovykh nasadzheniakh Srednoho Lisostepovoho Prydniprovia [Nectariferous and polleniferous plants in forest plantations of the Middle Forest-Steppe of Prydniprovia]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal, 1*, 38–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257124> [in Ukrainian].
8. Shevchuk, V., Borysenko, M., Solomakha, I. & Solomakha, V. (2022). Osoblyvosti vykorystannia lisovykh nasadzhen Srednoho Prydniprovia z uchastiu *Robinia pseudoacacia* yak syrovynnykh uhid dlia bdzhilnytstva [Peculiarities of the Middle Prydniprovia forest plantations use with the participation of *Robinia pseudoacacia* as raw material land for beekeeping]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal, 2*, 55–63. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263317> [in Ukrainian].
9. Roik, M., Fuchylo, Ya. & Ganzhenko, O. (2021). Polezakhysni lisovi nasadzheniia ta bioenerhetyka [Windbreak forest plantations and bioenergy]. *Ahro-biznes sohodni — Agrobusiness today, 13*, 44–48 [in Ukrainian].
10. Roik, M., Fuchylo, Ya. & Hanzhenko, O. (2021). Teoretychni ta prykladni aspekty vykorystannia ahroliсомеліоративnykh nasadzhen Ukrainy v enerhetychnykh tsiliakh [Theoretical and applied aspects of the use of agricultural and forest meliorative plantations of Ukraine for energy purposes]. *Bioenerhetuka — Bioenergy, 1 (17)*, 5–8 [in Ukrainian].
11. Gumentyk, M. (2020). Tekhnologichni osnovy stvorennia promyslovykh plantacij vysokoproduktyvnykh bioenergetychnykh kultur [Technological bases of cre-

- ation of industrial plantations of highly productive bioenergy cultures]. *Bioenerhetuka — Bioenergy*, 1 (15), 14–17 [in Ukrainian].
12. Roik, M., Shafarenko, Yu., Sinchenko, V. et al. (2020). *Tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia pavlovnii v umovakh Lisostepu Ukrainy: rekomendatsii [Technology of cultivation and use of paulownia in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine: recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].
 13. Kaymakci, A. (2013). Surface Roughness and Wettability of Polypropylene Composites Filled with Fast-Growing Biomass: *Paulownia elongata* Wood. *Journal of Composite Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1177/0021998313480199> [in English].
 14. Humentyk, M. & Yaholnyk, O. (2020). Pavlovniiia vysokoproduktyvna kultura dlia vyrobnytstva biopalyva ta derevyny [Pavlovniiia highly productive culture for the production of biofuels and wood]. *Bioenerhetuka — Bioenergy*, 2 (16), 6–8 [in Ukrainian].
 15. Matskevich, O., Filipova, L., Matskevich, V. & Andrievsky, V. (2019). *Pavlovniiia [Pavlovniiia]*. Bila Tserkva: BNAU [in Ukrainian].
 16. Sinchenko, V., Bondar, V., Gumentyk, M. & Pas-tukh, Yu. (2020). Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (1), 85–89. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_13 [in English].
 17. Dospikhov, B. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issle-dovaniy) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
 18. Ermantraut, E., Prysiazhniuk, O. & Shevchenko, I. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslid-nykh danykh v paketi Statistica-6: metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic research data in pack-age Statistica 6.0: methodological instructions]*. Kyiv [in Ukrainian].
 19. Drozdovskyi, J. (2003). *Gruntovyi pokryv Borschchiv-skoho raionu [Soil cover of Borschchiv district]*. Borschchiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 20.10.2022

СУЧАСНІ МОРФОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ р. БЕРЕЗАНЬ

Ю.О. Наконечна

Одеський державний екологічний університет (м. Одеса, Україна)
e-mail: nakonечnayuulya25@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7903-8703

У статті приведені результати дворічних екологічних, гідрологічних і гідрохімічних досліджень Березані — однієї з степових річок Миколаївської обл., що започатковує Березанський лиман у пониззі Тилігуло-Бузького межиріччя. Нинішній стан р. Березань характеризує значний рівень антропогенної трансформації водотоку, пов'язаний із побудовою каскадних ставків. Самостійне існування проточності та цілорічної водності р. Березані, без підтримки її технічними засобами водопостачання безперечно є неможливим. За гідрохімічним складом води річки належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу з високим вмістом сульфатів, хлоридів та натрію, відрізняючись украй динамічним рівнем мінералізації — від 760 мг/дм³ у період половіддя, до 2900 мг/дм³ у період межени. Не менш активний вплив на стан цієї малої степової річки та започаткованому нею Березанському лиману проявляють і природні чинники — посилення аридності клімату, трансгресивні тенденції Чорного моря, підвищення температури середовища, зростання обсягів випаровуваності та зміни балансу поверхнево-підземного водообміну. Через це р. Березань сьогодні вже не здатна самостійно підтримувати водність, проточність та сталість гідрохімічного режиму, проявляючи тенденцію до перетворення в сезонно-дренуючу мережу балок. Нинішній характер водонаповнення річки забезпечений каскадом водосховищ і підтримкою режиму проточності за рахунок скидів вод Південно-Бузької зрошувальної системи, що живиться з Південного Бугу. Незважаючи на гідроекологічні проблеми річка досі є важливим дреноуючим водотоком Тилігуло-Бузького межиріччя, забезпечуючи водовідведення, водну регуляцію місцевості та поповнення підземних горизонтів, з якими пов'язане питне водопостачання 19 населених пунктів.

Ключові слова: басейн річок Причорномор'я, пересихаючі річки Степу, гідроекологія малих річок, гідрохімія тимчасових водотоків.

ВСТУП

Миколаївська обл. є однією з найбільш вододефіцитних областей України, значно (в 3–10 разів) поступаючись показниками водозабезпечення від сусідніх Херсонської та Одеської обл. Особливо проблемними в плані водозабезпечення є посушливі прибережно-низовинні місцевості Тилігуло-Бузького межиріччя, яке відрізняє мінімальна густина річкової мережі (0,09 км/км²). Відсутні також і достатні запаси підземних вод, більша частина яких значно мінералізована (1,5–3,5 тис. мг/дм³). Кліматично обмежений обсяг поверхневого стоку в умовах його інтенсивного випаровування ускладняється й відчутними інфільтраційними втратами вологи. Місцеві водойми жорстко потер-

пають від наслідків агрогенної трансформації земель, техногенної діяльності та кліматичних коливань, реагуючи на вказані чинники переходом до підземного стоку. Прикладом таких перетворень степових водотоків, функціонуючих в умовах довготривалого впливу антропогенних і природних деструкторів є мала р. Березань, розташована в південно-західній частині Миколаївської обл.

Відома з часів Геродота [1] р. Березань через власне морське гирло забезпечує водовідведення з рівнинного плато, розташованого між Тилігулом, Чичиклією та Південним Бугом, яке до середини ХХ ст. ще зберігало великі ділянки природно-степового ландшафту. Однак, у міру польової трансформації степів відбулась швидка деградація природного стану маловодної

Березані, постійна обводненість якої мала місце лише в передгірловій ділянці, по суті на межі переходу річки в лиман. Часткове відновлення та водогосподарча експлуатація р. Березані стало можливим після її поєднання з магістральними каналами Південно-Бузької зрошувальної системи (первинно – 23 тис. га), задіяної на Південний Буг. Скид промивних вод у річкову долину супроводжується міграційно-агрогенним забрудненням її поверхневих, а потім і підземних вод солуками азоту та фосфору, залишками пестицидів і гербіцидів. Закономірно, що ключова роль цієї малої річки в функціонуванні зрошувальної системи та підтримці балансу підземних горизонтів прісної води в місцевості, де відсутні інші джерела питного водозабезпечення, потребує уважного і детального вивчення стану цього водотоку. Враховуючи потужну антропогенну трансформацію р. Березані та її водозбору, потенційовану кліматичною нестабільністю останніх десятиріч і безальтернативну значимість цього водотоку в нормалізації балансу місцевих запасів підземних вод, метою роботи стало вивчення та оцінка її сучасного гідроекологічного стану.

В якості головних завдань обрано: 1 – організацію та проведення різних сезонних маршрутно-оглядових обстежень річки; 2 – виконання гідрохімічних досліджень річкової води; 3 – аналіз водогосподарчої ситуації.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Хоча гідроекологічні проблеми малих річок в Україні завжди привертала увагу дослідників, проте в прикладному плані ця тематика набула розвитку лише в 1990-х роках, знайшовши своє відображення в роботах А.В. Яцика [2], В.І. Вишневського [3; 4], які мають переважно гідрологічну спрямованість малих річок Північно-Західного Причорномор'я, присвячені оглядово-аналітичній праці В.М. Тимченка [5], Е.Д. Гопченка і Н.С. Лободи щодо оцінки водних ресурсів [6]. Із новітніх публікацій важливою є унікальна збірка фактичних даних

за 2011–2015 рр. про режим та ресурси поверхневих вод основних річкових басейнів України [7]. Доволі розлога й література суто гідроекологічного спрямування, основу якої становлять роботи: В.Д. Романенко [8], М.О. Клименка [9], Ю.В. Пилипенка [10], В.І. Осадчого [11] та інших дослідників. Однак, проблема малих річок українська складна та різностороння і системні дослідження її лише в останні роки набувають свого розвитку, стимульованого катастрофічними темпами деградації природних водотоків. Так, сезонно-проточні річки досі не набули чіткого гідроекологічного статусу і відповідної класифікації, рідкісними є й системні дослідження залежних від них біоценозів. Водночас, усвідомлення специфіки саме пересихаючих річок призвело до їх типологічного уособлення, тому за пропозицією групи дослідників д-ра Тібо Датрі (2011) подібні водойми поєднані в групу IRES (від *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*) – тимчасово-проточних річок і ефемерних водотоків. Всебічне вивчення останніх знаходиться лише на початковому етапі, проблемні моменти якого слугують предметом досліджень сучасних дослідників [12; 13].

Зважаючи на огляд літератури, гідроекологічні аспекти та фазова структура трансформаційних процесів щодо Березані та їх наслідків для стану гідросистеми річки не слугували предметом спеціальних досліджень. За наявності численних історичних матеріалів, пов'язаних із річкою і островом Березань, її системний опис виконаний лише восени 1956 р. [14]. Досить обмежена також і загальна інформація щодо водогосподарчої перебудови цього водотоку та її наслідків, практично відсутні аналітичні узагальнення екологічної спрямованості, що особливо помітно на фоні розлогого переліку публікацій по річках басейну Південного Бугу. Зумовлено це маловодністю р. Березані, розташованої у віддаленій малонаселеній місцевості, так і загальною складністю гідроекологічних досліджень сезонно-проточних водойм. Фактичні дані щодо гідрохімічних параметрів річки та її водосховищ стали з'являтися

на сайтах ВП «Причорноморський Центр природних ресурсів і ґрунтів», Басейнової Ради річок Причорномор'я та Регіонального Офісу водних ресурсів у Миколаївській обл. лише в останні роки. Однак будь-яких новітніх досліджень системного плану з питань гідроекології саме по р. Березані в спеціальній літературі не відображено, що й слугувало однією з причин обрання теми, мети і завдань цієї роботи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основними матеріалами слугували результати польових і лабораторних досліджень р. Березань та її водозбору, виконаних у 2020–2022 рр. Для порівняльних узагальнень використані ретроспективні дані, запозичені зі спеціальної літератури, звітів організацій і установ (позначені в тексті відповідними посиланнями). У роботі використані картографічні матеріали різних років, а також програмні засоби спеціалізованих сайтів і геопорталів. Так, дані щодо рельєфу, орографії, пересічних і абсолютних висот досліджуваної території фіксовані на основі можливостей геопорталу Gis Map Server, версія mapserver 7.0.7. Для картографування польових маршрутів та реперних точок у зоні досліджень опирались на можливість кросплатформеної геоінформаційної системи QGIS ver.2.19.2.

Методи досліджень базовані на лабораторних і різних сезонних експедиційно-польових обстеженнях гідромережі р. Березань та її водозбору, які охоплювали перманентні, так і лотичні фази водного режиму водотоку. Всього виконано 5 серій маршрутних обстежень, останнє з яких 2–3 лютого 2022 р. проводили разом із співробітниками Тилігульського РПП у процесі середньозимових обліків зимуючих птахів. Гідрохімічні дослідження відібраних проб води виконували в спеціалізованій лабораторії води — структурного підрозділу кафедри екологічної хімії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв).

Гідрохімічний контроль проб води відповідає мінімальному переліку показників,

передбачених для контрольного моніторингу водотоків згідно з Додатком V Водної Рамкової Директиви ЄС та відповідно до п. 9 «Програми державного моніторингу довкілля в частині здійснення Держводгентством України контролю за якістю поверхневих вод». Останні передбачають визначення: рН (потенціометричний метод), вмісту кисню (оксиметр Ezodo PDO-408), загальної мінералізації (TDS-метр Ezodo-5031), біогенних елементів (фосфору, азоту) та забруднюючих речовин, вірогідних для даної місцевості (залізо). Вміст сполук фосфору визначали фотометричним методом із перерахунком на PO_4^- , масову концентрацію нітратного азоту — хемілюмінесцентним методом фіксації нітрат-іонів, контроль амонійного азоту виконували потенціометричним методом (за ISO 6778-1984, IDT). Також досліджували сольовий склад за вмістом аніонів (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) і катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ та K^+), вміст яких визначали за стандартними методиками згідно з ДСТУ 8931:2019.

Стокові характеристики водозбору та гідрометричні параметри водотоку розраховували на основі нормативного документа ДБН В.2.4-8:2014 «Визначення розрахункових гідрологічних характеристик». Екологічну оцінку стану річкової водойми визначали через Індекс забруднення вод (ІЗВ), який розраховували за формулою:

$$\text{ІЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{\text{C}_i}{\text{ГДК}},$$

де C_i — середнє арифметичне показника якості води; $\text{ГДК}(i)$ — гранично допустима концентрація (за рибгосподарчими нормативами).

Оцінку якості води ідентифікували за такими класами: I — дуже чиста ($\text{ІЗВ} \leq 0,3$); II — чиста ($0,3 < \text{ІЗВ} \leq 1$); III — помірно забруднена ($1 < \text{ІЗВ} \leq 2,5$); IV — забруднена ($2,5 < \text{ІЗВ} \leq 4$); V — брудна ($4 < \text{ІЗВ} \leq 6$); VI — дуже брудна ($6 < \text{ІЗВ} \leq 10$); VII — надзвичайно брудна ($\text{ІЗВ} > 10$).

Отримані кількісні дані піддавали статистичній обробці з використанням пакета стандартних програм «Statistika» (2015) операційної системи Excel-2015. Резуль-

тати аналізу порівнювали з ретроспективними даними, намагаючись виявити і простежити певні зміни, пов'язані з впливом антропогенного (техногенного) характеру (меліорація, утворення водосховищ, ставків, заліснення тощо).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Мала р. Березань розташована в східній частині Тилігуло-Бузького межиріччя, її басейн цілком знаходиться в адміністративних межах Миколаївської обл. У зональному плані більша частина водозбору належить Південному Степу, тоді як пониззя – місцевостям Сухого Степу (рис. 1; 2).

Прибережні степи піддаються впливу сухих вітрових потоків зі східних напрямків, які на фоні високих літніх температур істотно інтенсифікують втрати вологи через випаровування, а взимку, блокуючи циклонічні фронти, стримують цим випадання, накопичення та утримання сталого сніжного покриву. Тому долина Березані різко контрастує з навколишніми польовими та степовими ландшафтами, слугуючи там важливим водоемом для диких тварин та птахів і зберігає значення важливого резервату місцевої біоти [15].

Відрізняючись потужним розвитком суходільного верхів'я та обмеженістю снігового живлення, річка у край чутливо реагує на найменші зміни поверхневого стоку. Відповідно, оранка прибережного степу і перетворення його в суцільний масив агроландшафту зумовила глибоку деградацію природного водотоку, який вже в 60-х роках ХХ ст. перетворився в тимчасово зволожену суходільну балку з засоленими ґрунтами та підземним стоком. У 1968–1975 рр. р. Березань була задіяна в структурі Південно-Бузької зрошувальної системи і піддана значним водогосподарчим перетворенням. Водопостачальну мережу зрошувальної системи поєднали з витокami Березані, в долині якої для акумулювання технологічних скидів були побудовані руслові ставки та водосховища, загальною ємністю 21 млн м³, окремі ділянки русла були каналізовані та перекриті греблями. На притокових балках також була створена низка водонакопичувальних ставків, тому у межах водозбірної території Березані існували 28 штучних водойм із розрахунковим об'ємом понад 23 млн м³. Нині більша частина цього водогосподарчого комплексу занедбана, невеликі балкові ставки цілком висохли, проте живлення річки за рахунок скидових вод підтримує її мінімальну про-

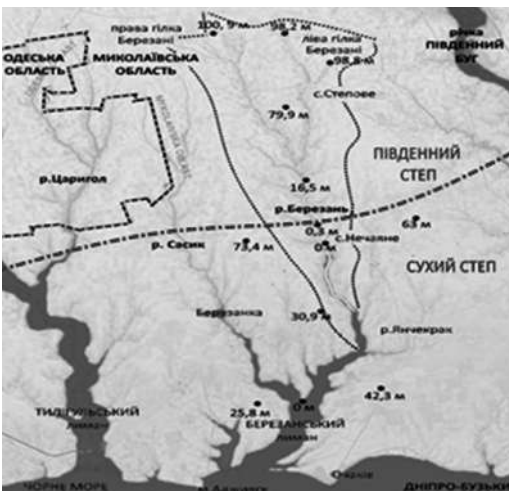


Рис. 1. Гідрографія та басейн (сірий пунктир р. Березань)

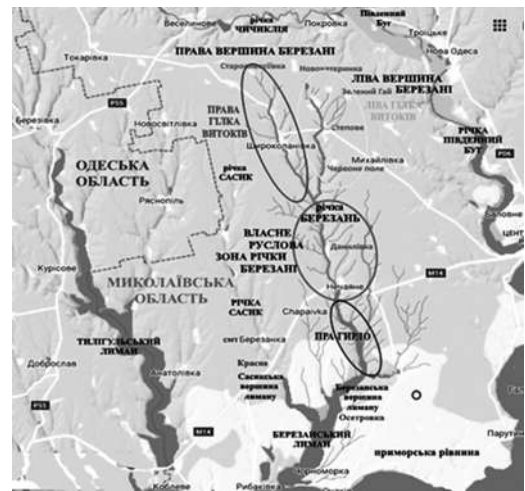


Рис. 2. Гідроекологічна структура ділянок р. Березань

точність та періодичне поповнення водних запасів руслових водосховищ.

Природне гирло річки до середини минулого сторіччя зберігало плавнево-естуарний комплекс, формуючи вершину Березанського лиману, екоотпічні умови якого забезпечували оптимальні умови для нересту і нагулу молоді анадромної іхтіофауни та водно-болотної орнітофауни [16]. Водогосподарчими перетвореннями річки в 1968–1975 рр. цей комплекс був ліквідованим — естуарій поділила гребля Нечаянського водосховища, створивши нові площі водоймищ та суходільно-солончакового ландшафту (рис. 3). Порушення гідротехнічними побудовами гирлова зона піддалась замуленню, що й зумовило трансформацію його первинно-плавневого руслово-аквального комплексу в заплавно-солончаковий ландшафт із мозаїкою солелюбної, полиново-типчакової та болотної рослинності (рис. 4). Передгирлова ділянка Березані також була піддана перетворенням — спрямлена і штучно каналізована, утримуючи до наявного часу мало виражене русло в плавневих берегах. По суті вся нижня та середня частини річки штучно змінена і являє собою каскад ставків, які

акумулюють дренажні води Південно-Бузької зрошувальної системи, відрізняючись при цьому край нестабільним гідрологічним режимом.

Верхів'я, сформовані розташованими в суцільному польовому масиві суходільними лощинами, переважно піддані оранці, більшу частину року безводні навіть ставки витокових балок. Природну типчаково-полинову рослинність із низьким рівнем проективного покриття зберігають лише окремі лощини, не орані через засоленість ґрунтів. Отже, нині в межах гідрографічної системи р. Березань існує декілька біотопічно різних природних і штучних гідроморфних утворень, істотно відмінних у плані гідрологічно-лотичних, гідрохімічних і стаціональних характеристик.

Нижня частина річкової долини (від с. Данилівка до вершини Березанського лиману) розташована в похилих, помітно терасованих схилах глибокого (місцями до 50 м) ерозійного врізу, який із обох сторін відкриває виходи неогенових вапняків. Іноді вони перекриті гравітаційно осипаним чи змитим ґрунтом і частково під чагарниковою рослинністю. Найбільша глибина виходу вапняків (15–19 м) — у ділян-



Рис. 3. Сучасна гирлова частина р. Березань на основі



Рис. 4. Типовий ландшафт правого схилу гирлової зони Березані (23.08.22)

ках їх недавньої розробки (кінець ХХ ст.), де знята на 3–15 м вскриша відкриває первинну стратиграфію неогенових відкладів, перекритих глинами та частково розмитими лесами. Товщі вапнякових відкладів по схилах долини становлять 5–17 м, втрачаючи потужність у південному напрямку. Так, правий схил Березанської затоки Березанського лиману, на околиці с. Калинівка, містить лише приповерхневі вапнякові товщі до 4–5 м. Їх здавна піддавали розробці, тому нині покинуті чисельні приповерхневі штольні, руйнуючись під дією фільтраційних вод, формують воронки діаметром до 10 м і завглибшки до 2 м. Вказана ситуація вкрай несприятлива в плані водопроникнення схилового стоку до вапнякових товщ, безсистемно пронизаних штольнями та забоями. Їх водонаповнення відкриває шляхи забруднення підземно-пластових прісних вод усєї долини.

Другим, доволі потужним гідрологічним чинником впливу на підземні горизонти прісних вод, розташованих у районі гирла Березані є солоні води Березанського лиману. Їх інфільтрація в підземні горизонти посилюється у міру виснаження водовмісних пластів через свердловини, тому важкі солоні води дедалі більше поширюються, далеко виходячи за межі фільтраційної зони. Володіючи гідростатичним тиском, вони виширають вгору глибоко-пластові олужнення води із високим вмістом содових сполук та гідрокарбонатів, різко погіршуючи цим якість питного водопостачання населених пунктів зі свердловин.

Узагальнення результатів гідрохімічних досліджень проб води з різних ділянок р. Березань, відібраних на різних режимах обводненості водотоку (2020–2021 рр.), а також аналітично-порівняльні (рис. 8–10) характеристики просторового розподілу гідрохімічних параметрів води, фіксовані в різних створах на різних режимах обводнення приведені на рис. 5–10. До того ж, враховуючи значну кількість контрольованих показників у часі та просторі, що ускладнює їх відображення на класичних графіках, були використані нормовані гістограми з накопиченням, які виражають

динаміку результатів у відсоткових змінах показників. Перевагою останніх є нівеляція різних розмірів, параметри масового вмісту контрольованих речовин, дозволяючи їх акцентування виключно в наявні/відсутні зміни. Для орієнтації щодо конкретних рівнів вмісту сольових та забруднюючих сполук їх реальні вмісти приведені на кожному графіку в цифровому вираженні, вказаними за результатами першої експертизи. Відповідно, перші три графіки демонструють сезонні (гетерохронні) зміни гідрохімічного складу води в різних ділянках річки, даючи можливість простежити їх місцеву специфіку. Другі, навпаки, демонструють просторово-гетерогенні особливості гідрохімічних параметрів проб води, фіксованих в однакових сезонно-кліматичних умовах.

Аналіз результатів лабораторного дослідження проб води р. Березані цілком закономірно підтверджує їх очікувану сезонну та локально-місцеву гідрохімічну специфіку про відповідність останніх гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієвому типу з варіаціями магнієво-хлоридного чи гідрокарбонатно-кальцієвого характеру. Найдинамічнішими виявились показники проб води з лівої гілки Березані, амплітуда змін яких сягає 2–3-х кратних розмахів, демонструючи при скидах дренажних вод рівні мінералізації, близькі до характеристик бузької води (680–850 мг/дм³), забруднених сполуками азоту та фосфору. Отже, результати гідрохімічних та оглядових досліджень верхньої ділянки річки, певніше її лівої гілки свідчать, що водний режим та гідрохімічний склад води прямо взаємозалежні та лімітовані обсягами подачі бузької води через мережі Південно-Бузької зрошувальної системи.

Обсяги такого живлення мінливі, проте середні показники забору води з Південного Бугу для цієї зрошувальної системи відомі за звітами і становлять у середньому 6,3 м³/с, що на порядок більше літнього стоку Березані. Обсяги скиду дренажних вод до Березані в середньому сягають 20–25% всього відбору до зрошувальної системи, забезпечуючи в створі с. Степове

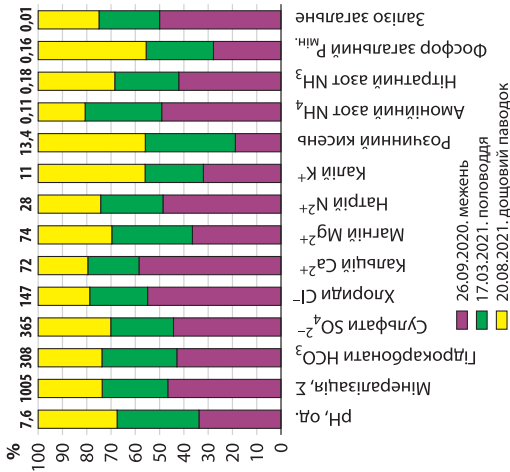


Рис. 7. Динаміка гідрохімічних показників води гірлової зони в створі с. Нецаєне

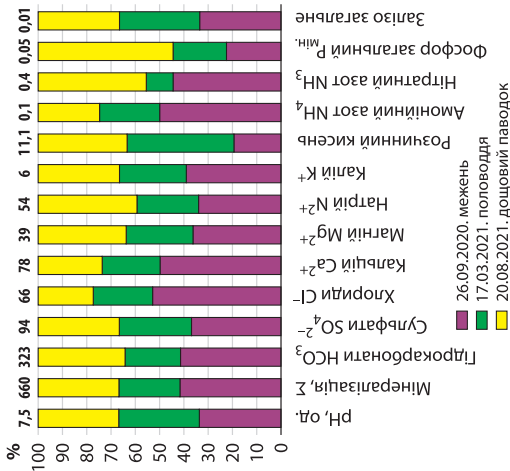


Рис. 6. Динаміка гідрохімічних показників води з ставка в створі с. Данилівка

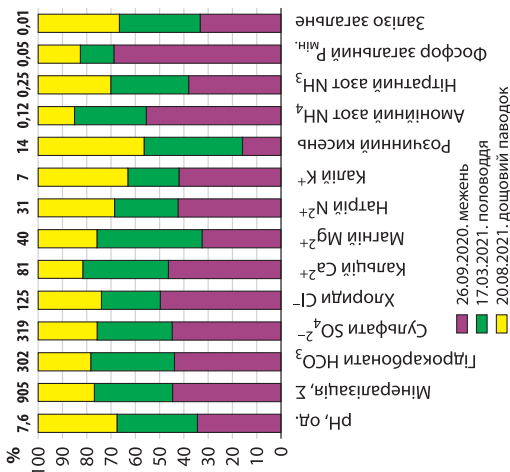


Рис. 5. Динаміка гідрохімічних показників води (з русла річки) в створі с. Степанове

проточність у межах 1,1 м³/с, істотно підтримуючи її обводненість. Показники стоку восени–взимку тут становлять 0,32–0,71 м³/с, короткочасно сягаючи навесні (водопілля) до 1,3–1,4 м³/с та до 3,1 м³/с у червні–липні (дренаційні скиди).

Проби води з нижніх ділянок демонструють менш виражену залежність від гідрохімічного складу скидових вод, вказуючи цим на значну активність флотаційних і акумуляційних процесів у руслових ставках та водосховищах. Однак, із дренажними водами зрошувальної системи пов'язана активна руслова міграція амонійного та нітратного азоту і меншою мірою – фосфору, а також незрозумілі коливання вмісту калію, які мають помітно єдине ґрунтово-польове походження. Навіть восени–взимку, за відсутності прямого впливу скидів поливних вод, значні обсяги їх накопичення в ставках впливають на гідрохімічний склад річкової води, проявляючись на різних ділянках річки. у створі с. Степанове.

Щодо гідрохімічних характеристик вод правої гілки Березани, то за відсутності там руслового стоку отримані лише результати контролю проб води зі ставка с. Широкий Лан, відображені графіками *рис. 11*. Останні чітко демонструють взаємозв'язок ставкової води з пластовими водами вапнякових товщ, завдяки яким вони містять значний вміст сульфатів, солей кальцію і магнію. Наймінливішим у просторі в межах одного і того самого водотоку є показник вмісту кальцію, а в часі (сезоні) – вміст гідрокарбонатів, сульфатів та хлоридів. Рівень останніх зростає в період рясних злив, які спричиняють стоковий вплив із поверхні та подальше водонаповнення підземних горизонтів. Окрім того, води

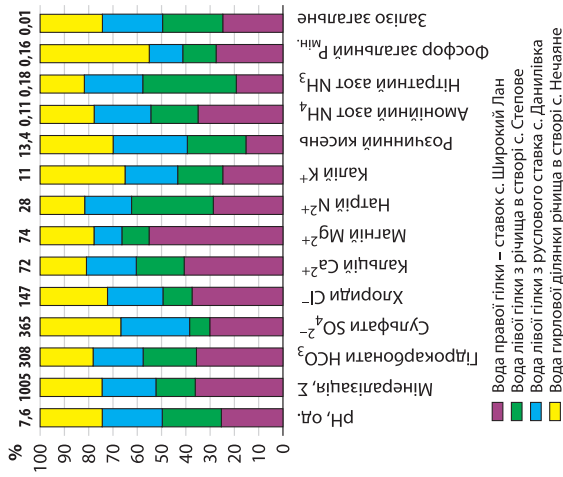


Рис. 10. Просторова динаміка гідрохімічних показників води в період дощового паводку, серпень 2021 р.

замуленого ставка с. Широкий Лан (верхнього) значно забруднені органікою, хлоридами, сполуками азоту і фосфору. Перші найвірогідніше зумовлені дощовою промивною солончаків, розташованих у вибоках правої гілки Березані, тоді як азотно-фосфорні солі безперечно мають агрогенне та антропогенне походження. Помітно також, що показники вмісту заліза майже однаково мінімальні в пробах води із різних ділянок, що вказує на відсутність у межах річкового басейну дієвих природних джерел їх постачання.

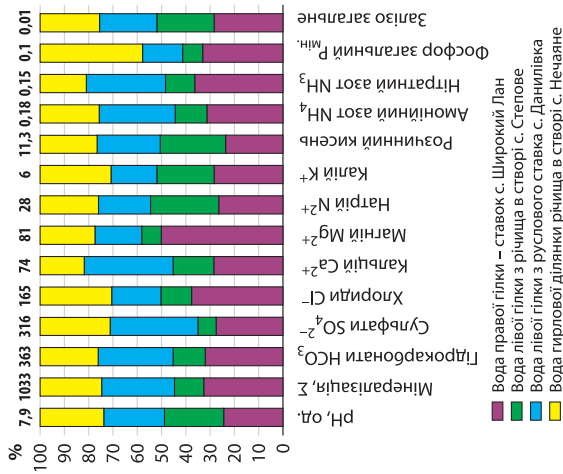


Рис. 9. Просторова динаміка гідрохімічних показників води в період весняного повноводдя

Більш складна і сезонно динамічна гідрохімія ставка середньої ділянки річки (в районі с. Данилівка), яка поєднує сезонний стік суходільної правої гілки та проточної лівої правої обох гілок Березані. З огляду на динаміку показників, цей ставок лімітується власними процесами флотації, водонаповнення і випаровування. За гідрохімічним складом його води мають гідрокарбонатно-кальцієво-сульфатну специфіку, проте характеризуються помітними сезонно-залежними змінами показників мінералізації, вмісту хлоридів та сульфатів. Вірогідно, що вказані зміни залежні від потрапляння води зі ставків, розташованих у притокових балках, води яких прямо залежні від підземного живлення та наслідків замулової акумуляції забруднюючих компонентів (біогенного, антропогенного і агрогенного походження). Про ефект акумуляції свідчить їх зворотна динаміка в

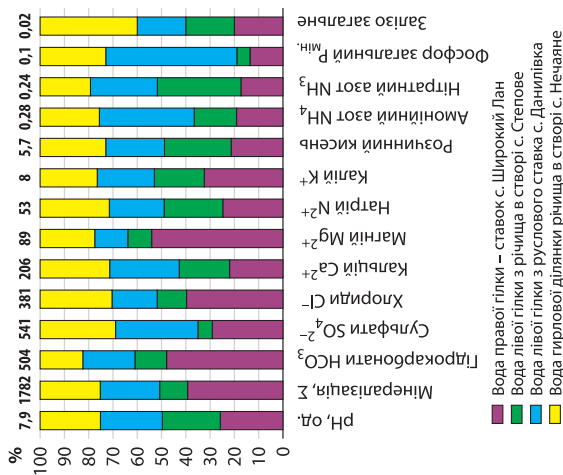


Рис. 8. Просторова динаміка гідрохімічних показників води в період межні

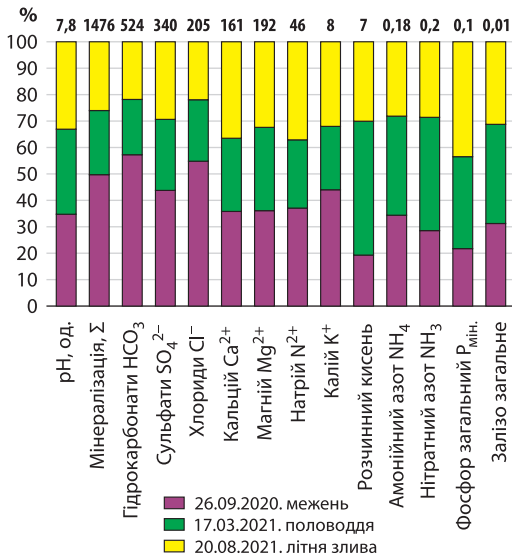


Рис. 11. Динаміка гідрохімічних показників води правої гілки Березані (ставок с. Широкий Лан)

умовах активації поверхневого стоку, який в іншому разі призводив би до зменшення концентрації.

Мінеральний склад води гірлової зони (в районі с. Нечаяне) сезонно нестабільний, чітко проявляючи та залежність від рівнів випаровування та обсягів приточних вод із верхніх ділянок річки. В умовах мінімального похилу русла в пониззі може мати місце нагінно-вітрове проникнення вод із Нечаянського водосховища, що призводить до відповідної зміни гідрохімічних властивостей річкової води. Певно, що тут може мати вплив акумулювальний чинник донних відкладів, проте отримані результати загалом не підтверджують його — в період водопілля, на фоні активації поверхневого стоку мають місце перевищення багатьох показників, фіксованих на піках межени. Тому останні безперечно пов'язані з водно-міграційним привнесенням, а не з акумуляцією. Крім того, гірлова ділянка річки р. Березані розташована в межах заплавно-плавневого масиву, витягнутого на 7 км вгору по течії, який володіючи певним потенціалом самоочищення, помітно впливає на гідрохімічні показники води.

Екологічна оцінка досліджених проб води за розрахованим показником ІЗВ (інтегрального забруднення води), незалежно від сезону та точки відбору однозначно незадовільна. Так, взимку та навесні вона близька до оцінки брудна, а влітку та восени — дуже брудна (V–VI класи відповідно). Проби води з Широколанівського ставка, який впродовж п'яти років містить лише незначний об'єм води в районі греблі, належать класу VII — надзвичайно брудна.

Водогосподарча оцінка сучасного стану річки досить неоднозначна, оскільки серед малих річок Миколаївської обл. глибина водогосподарчої трансформації долини Березані одна з найбільших. Остання, по суті, являє собою штучний каскад руслових ставків та водосховищ (Степовське та Нечаянське), поєднаних короткими ділянками природного й каналізованого русла. Наразі обводненість цієї штучної гідросистеми підтримується лише скидовими водами Південно-Бузької зрошувальної системи, тоді як природний стік відбувається украй перманентно. Водночас висихання більшості малих ставків (15 із 28) свідчить про абсолютно негативну ситуацію з їх поверхнево-стоковим живленням, недостатнім за умов сучасної інтенсифікації обсягів випаровування. Приклад стабільно суходільної правої гілки Березані чітко свідчить про неможливість самостійно-лотичного стану річки, існування та водогосподарче функціонування якої підтримується лише за рахунок зовнішніх джерел живлення. Тому перспективи відновлення водонакопичувальних водойм та їх водогосподарчого використання у відриві від вторинних джерел водопостачання мають сумнівний характер.

ВИСНОВКИ

1. Річка Березань в якості водного об'єкта класифікаційно відповідає категорії «Річки», водночас вона має типові ознаки категорії ІЗВО (істотно змінені водні об'єкти), але через втрату природної гірлової зони ознаки категорії «Перехідні води» нині відсутні. Однак, річка досі

є важливим дренажним водотоком Тилігуло-Бузького межиріччя, забезпечуючи водовідведення, водну регуляцію місцевості та поповнення підземних горизонтів, з якими пов'язане питне водопостачання 19 населених пунктів.

2. Обводненість верхніх ділянок р. Березані збережена лише каскадом руслових ставків, існуючих завдяки подачі води з р. Південний Буг через магістральні канали Південно-Бузької зрошувальної системи. Частка бузької води в пониззі лівої гілки витоків Березані сягає до 85–90%, а в балансі водності річки загалом — до 45%. Самостійне існування проточності та цілорічної водності річки Березані, без підтримки її технічними засобами водопостачання безперечно є неможливим.

3. За гідрохімічним складом води річки належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу з високим вмістом сульфатів, хлоридів та натрію, відрізняючись украй динамічним рівнем мінералізації — від 760 мг/дм³ у період половіддя, до 2900 мг/дм³ у період

межені, з відповідною зміною твердості води в межах 5,6–12,5 мг-екв/дм³.

4. Зростаючий рівень агрогенного забруднення поверхневого стоку та значна акумуляційна потужність донних відкладів руслових ставків анонсують зміни гідроекологічного стану річкової водойми Березані в сторону погіршення і вторинно буде впливати на якість підземних вод. Останні, перебуваючи у прямому гідравлічному взаємозв'язку з поверхневими водами, потенційно піддаються значному міграційному забрудненню, що потребує розробки і впровадження обґрунтованих планів довготривалого гідроекологічного контролю річки та її дієвої охорони.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з більш поглибленим вивченням гідроекологічних питань щодо екологічної нормалізації стану водотоку, який слугує ключовим елементом цілісного поверхнево-підземного комплексу місцевого водозабезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Геродот. Історії в дев'яти книгах. Кн. 4. «Мельпомена». Київ: Наукова думка, 1993. 576 с.
2. Ялик А.В., Бишовець Л.В., Богатов Є.О. Малі річки України. Київ, 1991. 296 с.
3. Вишневецький В.І. Про стан малих річок України. *Меліорація і водне господарство*. 1994. Вип. 80. С. 47–58.
4. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Випол., 2000. 376 с.
5. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. Киев, 1990. 240 с.
6. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы Северо-Западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). Киев, 2005. 188 с.
7. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2011–2015 рр. та весь період спостережень). Ч.1. Річки. Вип.1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу: довідкове видання. Київ: Державний водний кадастр, 2017. 465 с.
8. Романенко В.Д., Оксик О.П. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. Киев: Наук. думка, 1990. 256 с.
9. Клименко М.О., Пилипенко Ю.В., Гроховська Ю.Р. та ін. Гідроекологія. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 380 с.
10. Пилипенко Ю.В. Екологія малих водосховищ Степу України. Херсон: Олді-плюс, 2007. 265 с.
11. Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 8. С. 29–46. DOI: doi.org/10.15407/visn2017.08.029
12. Stubbingtona Rachel, Chaddb Richard Zoltán, Núria Cidc et al. Biomonitoring of intermittent rivers and ephemeral streams in Europe: Current practice and priorities to enhance ecological status assessments. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 618. P. 1096–1113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.137
13. Detry, T., Arcscott, D.B. and Sabater, S. Recent perspectives on temporary river ecology. *Aquat Sci*. 2011. Vol. 73. P. 453. DOI: https://doi.org/10.1007/s00027-011-0236-1
14. Ресурси поверхневих вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вип. 1. Западная Украина. и Молдавия (без бассейна р. Днестра) / под ред. М.С. Каганера. Львов: Гидрометиз, 1978. 491 с.
15. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Одеса, 2012. 180 с.
16. Амброз А.И. Рыбы Днепра, Южного Буга и Днестро-Бугского лимана. Київ, 1956. 404 с.

REFERENCES

1. Herodot (1993). *Istoriyi v dev'yaty knyzhakh [Stories in nine books]*. (Vol. 4). Kyiv [in Ukrainian].
2. Yatsyk, A.V. (Ed.), Byshovets, L.V. & Bohatov, Ye.O. (1991). *Mali richky Ukrainy [Small rivers of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
3. Vishnevsky, V.I. (1994). Pro stan malykh richok Ukrainy [About the state of small rivers of Ukraine]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo — Reclamation and water management*, 80, 47–58 [in Ukrainian].
4. Vishnevsky, V.I. (2000). *Richky i vodomy Ukrainy. Stan i vykorystannya [Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and use]*. Kyiv [in Ukrainian].
5. Timchenko, V.M. (1990). *Ekologo-gidrologicheskiye issledovaniya vodoyemov severo-zapadnogo Prichernomor'ya [Ecological and hydrological studies of water bodies of the northwestern Black Sea region]*. Kyiv [in Russian].
6. Gopchenko, E.D. & Loboda, N.S. (2005). *Vodnyye resursy Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya (v yestestvennykh i narushennykh khozaystvennoy deyatel'nosti usloviyakh) [Water resources of the North-Western Black Sea region (in natural and disturbed by economic activity conditions)]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Derzhavnyy vodnyy kadastr (2017). *Bahatorichni dani pro rezhyim ta resursy poverkhnevyykh vod sushy (za 2011–2015 rr. ta ves' period sposterezhen') [Long-term data on the regime and resources of surface water on land (for 2011–2015 and the entire observation period)]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Romanenko, V.D. & Oksiyuk, O.P. (1990). *Ekologicheskaya otsenka vozdeystviya gidrotekhnicheskogo stroitel'stva na vodnyye obyekt'y [Environmental assessment of the impact of hydrotechnical construction on water bodies]*. Kyiv [in Russian].
9. Klymenko, M.O., Pylypenko, Yu.V., Grokhovska, Yu.R. et al. (2015). *Hidroekologhiya [Hydroecology]*. Kherson [in Ukrainian].
10. Pylypenko, Yu.V. (2007). *Ekologhiya malykh vodoshkvyvshch Stepu Ukrainy [Ecology of small reservoirs of the Steppe of Ukraine]*. Kherson [in Ukrainian].
11. Osadchy, V.I. (2017). Resursy ta yakist' poverkhnevyykh vod Ukrainy v umovakh antropohennoho navantazhennya ta klimatychnykh zmin [Resources and quality of surface waters of Ukraine under conditions of anthropogenic load and climate change]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrainy — Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 8, 29–46. DOI: doi.org/10.15407/visn2017.08.029 [in Ukrainian].
12. Stubbingtona, Rachel, Chaddb, Richard Zoltán, Núria, Cidc et al. (2018). Biomonitoring of intermittent rivers and ephemeral streams in Europe: Current practice and priorities to enhance ecological status assessments. *Science of The Total Environment*, 618, 1096–1113 [in English].
13. Datry, T., Arscott, D.B. & Sabater, S. (2011). Recent perspectives on temporary river ecology. *Aquat Sci*, 73, 453 [in English].
14. Kaganera, M.S. (Ed.) (1978). *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]*. (T. 6. Vol. 1). Leningrad [in Russian].
15. Vrublevska, O.O. & Katerusha, H.P. (2012). *Klimat Ukrainy ta prykladni aspekty yoho vykorystannya [Climate of Ukraine and applied aspects of its use]*. Odesa [in Ukrainian].
16. Ambrose, A.I. (1956). *Ryby Dnepra, Yuzhnogo Buga i Dnepro-Bugskogo limana [Fishes of the Dnieper, the Southern Bug, and the Dnieper-Bug Estuary]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.09.2022

ІНВАЗІЙНІ ВИДИ ФЛОРИ ТРАНСФОРМОВАНИХ ДІЛЯНОК ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ У ПОНИЗЗІ МЕЖИРІЧЧЯ ДНІСТЕР–ТИЛІГУЛ

О.Ю. Бондаренко

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

Для вивчення інвазійних видів, як небезпечних елементів чужорідної флори, необхідні сучасні моніторингові дослідження в умовах різних екоотопів та широкого спектра їх трансформації. Відповідно до «Стратегії біобезпеки та біологічного захисту» чужинні види є загрозою для біорізноманіття на різних його рівнях. Зважаючи, що залізничні колії є одними з основних шляхів проникнення та первинного закріплення синантропних видів на нових територіях — вивчали флору колій на ділянках Дністровського пересипу (2018–2021 рр.). Відмічено 34 інвазійні види із 14 родин: Asteraceae (26,47% видів), Brassicaceae і Poaceae (по 17,65%), Amaranthaceae (8,82%) та ін. Більшість видів (55,88%) ростуть як на ділянках колій, так і (додатково) поряд на рудералізованих ділянках пересипу. Ще 11 видів (32,35%) можна знайти на коліях, рудералізованих ділянках пересипу та на узбіччях автомобільного шосе поряд. За життєвою формою дев'ять видів (26,47%) є гемікриптофітами. Терофітів — 23 (67,65%). Фінерофітів представлено два (5,88%). За хронотипом 41,18% видів є археофітами. Кенофітів — 58,82%. Серед археофітів більшість рослин видів мають частоту трапляння — «розсіяно» та «рясно» (по 35,71%). Серед кенофітів найбільше видів, рослини яких траплялися «розсіяно» (40,00%). Загалом більшість інвазійних видів за частотою трапляння відносяться до категорій «розсіяно» (38,25%) та «рясно» (23,53%), а також є «поодинокі» (17,65%), «звичайно» (11,77%), «єдиний локалітет» (8,82%). Переважають види (70,60%) з широкими ареалами: космополітним (та гемікосмополітним) — 44,12%, євразійським — 14,71%, євро-американським — 11,77%. Вісім видів (23,53%) — особливо небезпечні для довкілля, оскільки є трансформерами місцезростань.

Ключові слова: Дністровський пересип, транспортні шляхи, види з високою інвазійною спроможністю.

ВСТУП

Комплекс чинників і у минулому, і наразі сприяє проникненню нових видів на територію України. Практично у всіх екосистемах науковці фіксують чужорідні види. Вагомим елементом сучасних досліджень цього напрямку є їх орієнтування на «Стратегію біобезпеки та біологічного захисту». Нині 85 чужинних видів є високоінвазійними. Вони є причиною біологічного забруднення екосистем, загрожують біорізноманіттю на різних його рівнях (від видового до екосистемного) та негативно впливають на господарський комплекс України [1–6].

Види з високим інвазійним потенціалом представляють загрозу не лише для трансформованих ділянок, де практично

не мають конкурентів серед регіональних видів. Вони небезпечні і для флори ділянок природно-заповідного фонду, де екосистема є багатокомпонентна та збалансована [3; 6–8].

Як правило, інвазійні види екологічно пластичні, представлені поліваріантністю адаптивного комплексу. Хоча видів, які здатні, наприклад, до гібридизації з місцевими видами — серед них небагато [9].

Метою роботи було виявити види з високою інвазійною спроможністю на ділянках залізничних колій Дністровського пересипу (від з/ст. «Нагірна» до з/ст. «Сонячна»). Інформація може бути базисом для моніторингових досліджень, а також — поглибленого аналізу регіональної флори та вивчення тенденцій її розвитку.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Обґрунтуванню критеріїв виділення інвазійних видів у сучасній ботаніці приділяється багато уваги. Серед ознак інвазійного потенціалу виду називають: екологічну адаптивність виду, якість і кількість посівного матеріалу, можливість розмножуватися вегетативно, давати самосів тощо. Має значення і первинний ареал [1; 3; 4; 6; 10–12].

На сучасному етапі актуальним є чітко визначити перелік інвазійних видів, інвентаризувати їх на регіональному рівні. Тому моніторингові дослідження з метою виявлення нових локалітетів є важливими для цього напрямку роботи. Вони є базисом для формування сучасних переліків видів флор різних рангів [1; 6; 13].

Одним із «коридорів» проникнення адвентивних, у т. ч. й інвазійних видів на нові території є транспортні шляхи (автомобільні та залізничні), якими перевозяться різні вантажі, які, своєю чергою, часто містять насіння чужоземних бур'янів [4; 14; 15].

Моніторингові дослідження синантропних, зокрема інвазійних видів, є актуальними для вивчення особливостей регіональної флори [6; 14–20].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчали флору ділянок залізничних колій у пониззі межириччя Дністер–Тилігул. В основі роботи було залучено результати сучасного вивчення флори трансформованих ділянок (у т. ч. й залізничних колій) Дністровського пересипу у 2018–2021 рр.,

які базуються на фотоматеріалах автора та власних гербарних зборах видів рослин. Аналізували синантропні (а саме адвентивні) види, які за літературними даними, мають високу інвазійну спроможність [9].

Оглядали ділянки міжколійного простору, а також щербенистий насип з обох боків колій (по 1 м). Аналізували і флору ділянок залізничної інфраструктури (ділянки залізничних зупинок). Додатково оглядали інші рудералізовані ділянки Дністровського пересипу, а також — узбіччя автомобільного шляху (Р70), який тут проходить.

Видова приналежність та розподіл видів у родинах прийнято за номенклатурним чек-листом S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk [21]. Відношення видів рослин до групи «інвазійні» кореговано за [9]. Хронотип, а також ареали видів аналізовано за [22]. При обліку рясності видів орієнтувалися на шкалу Друде [23].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відмічено 34 види із 14 родин (табл. 1). Більшість із них відносяться до родин *Asteraceae* (9 видів; 26,47%), *Brassicaceae* і *Poaceae* (по 6; по 17,65%), *Amaranthaceae* (3; 8,82%). Ще 10 родин (29,41% видів) представлені по одному виду. Тут представлені як маловидові родини (*Cactaceae*, *Nyctaginaceae*, *Simaroubaceae*) флори України, так і провідні (*Apiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Portulacaceae*, *Lamiaceae*).

Серед відмічених інвазійних видів — два (5,88% видів загалом) знайдено лише тут, на залізничних коліях та ділянках залізничної інфраструктури. Видів, які

Таблиця 1. Інвазійні види ділянок залізничних колій Дністровського пересипу

Латинські назви видів і родин	Екотопи локалізації*	Хронотип	Частота трапляння
<i>Amaranthaceae</i>			
<i>Amaranthus albus</i> L.	1, 2	кенофіт	рясно
<i>Amaranthus powellii</i> S.Watson	1	кенофіт	єдиний локалітет
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	1, 2, 3	кенофіт	звичайно
<i>Apiaceae</i>			
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	1, 4	кенофіт	єдиний локалітет

Латинські назви видів і родин	Екотопи локалізації*	Хронотип	Частота трапляння
Asteraceae			
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	1, 2, 3	кенофіт	рясно
<i>Artemisia absinthium</i> L.	1, 2	археофіт	розсіяно
<i>Artemisia annua</i> L.	1, 2	кенофіт	розсіяно
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	1, 2	кенофіт	рясно
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	1, 2, 3	кенофіт	звичайно
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	1, 2	кенофіт	розсіяно
<i>Grindelia squarrosa</i> (Pursh) Dunal	1, 2, 3	кенофіт	звичайно
<i>Iva xanthiifolia</i> Nutt.	1, 2	кенофіт	розсіяно
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1, 2	археофіт	розсіяно
Brassicaceae			
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	1, 2, 3	археофіт	рясно
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	1, 2	кенофіт	розсіяно
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	1, 2	археофіт	розсіяно
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	1, 2, 3	кенофіт	розсіяно
<i>Lepidium ruderales</i> L.	1, 2	археофіт	поодинокі
<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	1, 2	кенофіт	поодинокі
Cactaceae			
<i>Opuntia humifusa</i> Raf.	1, 4	кенофіт	єдиний локалітет
Chenopodiaceae			
<i>Atriplex sagittata</i> Borkh.	1, 2	археофіт	розсіяно
Elaeagnaceae			
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	1, 2	кенофіт	розсіяно
Fabaceae			
<i>Vicia villosa</i> Roth	1, 2	археофіт	поодинокі
Lamiaceae			
<i>Ballota nigra</i> L.	1, 2	археофіт	розсіяно
Nyctaginaceae			
<i>Oxybaphus nyctagineus</i> (Michx.) Sweet	1	кенофіт	поодинокі
Papaveraceae			
<i>Papaver rhoeas</i> L.	1, 2	археофіт	поодинокі
Poaceae			
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	1, 2, 3	археофіт	рясно
<i>Cenchrus longispinus</i> (Hack.) Fernald	1, 2	кенофіт	розсіяно
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop	1, 2, 3	археофіт	рясно
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.	1, 2, 3	археофіт	рясно
<i>Hordeum leporinum</i> Link	1, 2, 3	кенофіт	розсіяно
<i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.	1, 2	археофіт	рясно
Portulacaceae			
<i>Portulaca oleracea</i> L.	1, 2, 3	археофіт	звичайно
Simaroubaceae			
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	1, 2	кенофіт	поодинокі

Примітка: * 1 – ділянки залізничних колій та залізничної інфраструктури; 2 – рудералізовані ділянки Дністровського пересипу; 3 – узбіччя асфальтового шосе (Р70), завширшки 1 м по обидва боки; 4 – при-садибні ділянки пересипу, за якими здійснюється регулярний догляд.

зустрічаються і на коліях, і (додатково), поряд на рудералізованих ділянках пересипу — 19 (55,88%). Рослини ще 11 видів (32,35%) відмічені і на коліях, і на рудералізованих ділянках пересипу, і на узбіччях автомобільного шосе. Лише два (5,88%) інвазійні види є такими, що їх культивують: *Foeniculum vulgare* Mill. та *Opuntia humifusa* Raf. Рослини першого виду росли на щебеністому насипі колій під завищеною платформою з/ст. «Нагірна». Другий вид, вірогідніше за все, висадили, щоб прикрасити ділянку поблизу житла, яке виходить на щебеністий укіс колій. Цей локалітет відмічено автором ще понад 10 років тому, за дослідження флори пересипу. За умов клімату регіону рослини *Opuntia humifusa* не вимерзають.

За життєвою формою дев'ять видів (26,47%) є гемікриптофітами. Терофітів — 23 (67,65%). Фінерофітів — два (5,88%): *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Elaeagnus angustifolia* L.

За хронотипом (часом занесення на територію України) 14 видів є археофітами (до XVI сторіччя): 41,18%. Кенофітів (після XVI ст.) представлено 20 видів (58,82%).

Частота трапляння рослин певного виду для археофітів становить: «розсіяно» (5 видів; 35,71% кількості археофітів), «рясно» (5; 35,71%) та «поодинокі» (3; 21,43%). Лише один вид (7,14%) трапляється «звичайно».

Серед кенофітів аналогічний розподіл становить: «рясно» (3; 15,00% кількості кенофітів), «звичайно» (3; 15,00%), «поодинокі» (3; 15,00%), «єдиний» (3; 15,00%); видів, рослини яких траплялися «розсіяно» понад (8; 40,00%).

Більшість видів мають космополітний, або гемікосмополітний типи ареалів (15; 44,12%). Ще п'ять видів (14,71%) представлені широким євразійським ареалом. По чотири види (11,77%) мають євро-середземноморський і євро-американський ареали. Два види (5,88%) представлені понтично-сибірським ареалом. Європейський, євро-сибірський, середземноморсько-центральні-азійський, південно-азійський ареали — представлені по одному виду.

Вісім видів, або 23,53% інвазійних видів залізничної інфраструктури на Дністровському пересипі (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Iva xanthiifolia* Nutt., *Elaeagnus angustifolia* L., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Setaria glauca* (L.) P. Beauv.) є рослинами трансформерами. Такі рослини здатні певним чином змінювати ґрунтові умови (шляхом накопичення азоту), світловий режим, режим зволоження тощо. Як наслідок, вони можуть істотно впливати на формування рослинності екотопів [11].

ВИСНОВКИ

Ділянки залізничних колій — це важливий осередок існування та чинник поширення чужорідних інвазійних видів: на коліях Дністровського пересипу (Одеська обл.) зафіксовано 34 таких види. Спектр провідних родин за кількістю видів відображає аналогічний для адвентивної фракції флори України: переважають родини Айстрові, Капустяні, Злакові. Більшість виявлених інвазійних видів зафіксовано й на інших рудералізованих ділянках. Це смітники, покинута забудова, узбіччя автомобільного шосе Р70, що свідчить про значну трансформацію пересипу Дністровського лиману.

Провідна життєва форма видів — терофіти (67,65%). За часом занесення на територію України переважають кенофіти (58,82%); більшість видів мають широкий ареал (70,59%). Вісім видів (23,53%) є рослинами-трансформерами.

Дністровський пересип — унікальний природний ландшафт, зі своєрідним генезисом та значною кількістю созофітів. Однак високий рівень синантропізації її флори, одним із показників якої є присутність інвазійних видів, рослин-трансформерів є проблемою, що періодично висвітлюється у роботах науковців. У зв'язку із тривалою та різноплановою трансформацією пересипу (рекреація, забудова, транспортні артерії тощо) лише свідоме використання ресурсів пересипу, із застосуванням багаторічних наукових розробок науковців

(географів, зоологів, ботаніків) та відповідальною поведінкою рекреантів дасть змогу зберегти унікальне, але вразливе біорізноманіття тут.

Автор висловлює подяку Васильєвій Т.В., канд. біол. наук, доц. та Коваленко С.Г., канд. біол. наук, доц. за попередні цінні поради та слухні зауваження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія біобезпеки та біологічного захисту. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#Text>
2. Мосякін А.С. Сучасні методи біологічного контролю (біологічного регулювання) активності інвазійних рослин: приклади й перспективи застосування. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. 2012. Т. 3 (10), № 1. С. 93–109.
3. Зав'ялова Л.В. Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *Біологічні системи*. 2017. Т. 9. Вип. 1. С. 87–107. URL: http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS_T9_V1_2017/Zavialova.pdf
4. Лихолат Ю.В., Хромих Н.О., Коваленко І.М. та ін. Закономірності адаптації аборигенних та інтродукованих видів деревних рослин до мінливих умов Степового Придніпров'я: моногр. Суми, 2018. 186 с.
5. Ткач Є.Д., Шерстобоева Е.В. Экологические аспекты инвазии *Iva xanthifolia* Nutt. в агрофитоценозы. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 75–80.
6. Konishchuk V.V., Solomakha I.V., Mudrak O.V. et al. Ecological impact of phytovasions in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (3). С. 69–75. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_135. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25410.pdf>
7. Конішук В.В., Шумидай І.В., Коваль С.І. та ін. Методичні рекомендації оцінки фіто-, зооінвазійності / за ред. В.В. Конішчука. Київ: ДІА, 2017. 36 с.
8. Protoporova V.V., Shevera M.V. and Mosyakin S.L. Deliberate and unintentional introduction of invasive weeds: A case study of the alien flora of Ukraine. *Euphytica*. 2006. № 148. P. 17–33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-006-5938-4>
9. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л. та ін. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.
10. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ: Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2002. 32 с.
11. Абдулоєва О.С., Карпенко Н.І. Обґрунтування критеріїв інвазійного потенціалу чужинних видів рослин в Україні. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2012. Т. 8, № 3. С. 252–256. URL: http://geobot.org.ua/files/publication/432/abduloieva_karpenko2012_chornomorskykjbzh.pdf
12. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високоактивних видів. *GEO & BIO: Proceedings of the National Museum of Natural History*. 2019. Vol. 17. P. 116–135. DOI: <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>
13. Шевера М.В., Протопопова В.В., Томенчук Д.Є. та ін. Перший в Україні офіційний регіональний список інвазійних видів рослин Закарпаття. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 10. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn.2017.10.053>
14. Васильєва-Немерцалова Т.В., Ширяєва В.П., Коваленко С.Г., Ружицька І.П. Вплив торговельних зв'язків на надходження насіння карантинних бур'янів. *Український ботанічний журнал*. 1995. Т. 52. № 5. С. 664–671.
15. Курдюкова О.М., Жеряєва К.О. Розповсюдження та контроль *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen у антропогенно порушених екоценозах. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 3. С. 91–95.
16. Бондаренко О.Ю. Конспект флори пониззя межиріччя Дністер–Тилігул. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 332 с.
17. Bondarenko O.Yu. and Myronov S.L. *Euphoria davidii* Subils (*Euphorbiaceae*) in flora of railway tracks of Dniester bay bar. *Вісник Одеського Національного Університету. Сер.: Біологія*. 2021. Т. 26. Вип. 2 (49). С. 101–108. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2\(49\).246891](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2(49).246891)
18. Bondarenko O.Yu. and Myronov S.L. *Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald on anthropogenically transformed areas of the Dniester district. *Вісник Одеського національного університету. Сер.: Біологія*. 2022. Т. 27. Вип. 1 (50). С. 111–120. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2022.1\(50\).25992](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2022.1(50).25992)
19. Myronov S.L. and Bondarenko O.Yu. About the finding of *Oxybaphus nycetagineus* (Michx.) Sweet on the Dniester residence. In: *Modern research in world science: 1st International Scientific and Practical Conference* (April 17–19, 2022). Lviv. Ukraine. P. 82–85.
20. Myronov S.L. and Bondarenko O.Yu. *Sorghum halepense* (L.) Pers. in flora of Dniester embankment (Odesa region). *Актуальні питання біологічної науки: VIII Міжнародна заочна наук.-практ. конф.* Ніжин, 2022. С. 10–13.
21. Mosyakin S.L. and Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev, 1999. 345 p.
22. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути её развития. Київ: Наук. думка, 1991. 192 с.
23. Приступа І.В. Основи геоботаніки та фітоценології: навч. посіб. Запоріжжя: ЗНУ, 2017. 110 с. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/759144/mod_resource/content/1/

REFERENCES

1. Stratehiia biobezpeky ta biolohichnoho zakhystu [Strategy of biosafety and biological protection]. (nd.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#Text> [in Ukrainian].
2. Mosyakin, A.S. (2012). Suchasni metody biolohichnoho kontroliu (biolohichnoho rehuliuвання) aktyvnosti invaziinykh roslyn: pryklady y perspektyvy zastosuvannya [Modern methods of biological control (biological regulation) of invasive plant activity: examples and prospects]. *Naukovi osnovy zberezhennta biotychnoi riznomanitnosti — Scientific foundations of conservation of biotic diversity*, 3 (10) (1), 93–109 [in Ukrainian].
3. Zavalova, L.V. (2017). Vydy invaziinykh roslyn, nebezpechni dlia pryrodnoho fitoriznomanittia obiektyv pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy [Species of invasive plants that are dangerous for the natural phytodiversity of the objects of the nature reserve fund of Ukraine]. *Biolohichni systemy — Biological systems*, 9, 1, 87–107. URL: http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS_T9_V1_2017/Zavalova.pdf [in Ukrainian].
4. Lykholat, Yu.V., Chromykh, N.A., Kovalenko, I.N. et al. (2018). *Zakonomirnosti adaptatsii aboryhennykh ta introdokovanykh vydiv derevnykh roslyn do minlyvykh umov stepovoho Prydniprovya [Patterns of adaptation of native and introduced species of woody plants to the changing conditions of the Dnieper steppe]*. Sumy [in Ukrainian].
5. Tkach, E.D. & Scherstoboeva, E.V. (2013). Ekologicheskiye aspekty invazii *Iva xanthiifolia* Nutt. v agrofytotsenozy [Ecological aspects of invasion by *Iva xanthiifolia* Nutt. into agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 75–80 [in Russian].
6. Konishchuk, V.V., Solomakha, I.V., Mudrak, O.V. et al. (2020). Ecological impact of phytointvasions in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (3), 69–75. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_135. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25410.pdf> [in English].
7. Konishchuk, V.V. (Ed.), Shumyhai, I.V., Koval, S.I. et al. (2017). *Metodychni rekomendatsiyi otsinky fito-, zoonvazijnosti [Methodological recommendations for the assessment of phyto- and zoonvasiveness]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Protopopova, V.V., Shevera, M.V. & Mosyakin, S.L. (2006). Deliberate and unintentional introduction of invasive weeds: A case study of the alien flora of Ukraine. *Euphytica*, 148, 17–33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-006-5938-4> [in English].
9. Protopopova, V.V., Shevera, M.V., Mosyakin, S.L. et al. (2009) *Invasiini vydy u flori Pvnichnogo Prychornomor'ya [Invasive species in the flora of the Northern Black Sea coast]*. Kyiv: Fitosotsiosentr [in Ukrainian].
10. Protopopova, V.V., Mosiakin, S.L. & Shevera, M.V. (2002). *Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie [Phytointvasions in Ukraine as a threat to biodiversity: current status and challenges for the future]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Abduloieva, O.S. & Karpenko, N.I. (2012). Obgruntuvannya kryteriiv invaziinoho potentsialu chuzhynykh vydiv roslyn v Ukraini [Justification of the criteria for the invasive potential of alien plant species in Ukraine]. *Chornomors'kyy botanichnyy zhurnal — Chornomorski botanical journal*, 8, 3, 252–256. URL: http://geobot.org.ua/files/publication/432/abduloieva_karpenko2012_chornomorskiykbzh.pdf [in Ukrainian].
12. 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: Proceedings of the National Museum of Natural History*, 17, 116–135 [in Ukrainian].
13. Shevera, M.V., Protopopova, V.V., Tomenchuk, D.Ye. et al. (2017). Pershyi v Ukraini ofitsiyni rehionalnyi spysok invaziinykh vydiv roslyn Zakarpattia [The first official regional list of invasive plant species of Transcarpathia in Ukraine]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrainy — Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 10, 53–61. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2017.10.053> [in Ukrainian].
14. Vasyliieva-Nemertsalova, T.V., Shyriaieva, V.P., Kovalenko, S.H. & Ruzhytska, I.P. (1995). Vplyv torhivnykh zviazkiv na nadjkhodzhennta nasinnia karantynnykh burianiv [Influence of trade relations on the supply of quarantine weed seeds]. *Ukrayins'kyy botanichnyy zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 52 (5), 664–671 [in Ukrainian].
15. Kurdiukova, O.M. & Zherdieva, K.O. (2014). Rozpovsiudzhennia ta kontrol *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen u antropohenno porushenykh ekotopakh [Distribution and control of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen in anthropogenically disturbed ecotopes]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 91–95 [in Ukrainian].
16. Bondarenko, O.Yu. (2009). *Konspekt flory ponyzzja mezhirichcha Dniester-Tiligul [A summary of the flora of lower Dniester — Tiligul interfluve]*. Kyiv [in Ukrainian].
17. Bondarenko, O.Yu. & Myronov, S.L. (2021). *Euphoria davidii* Subils (Euphorbiaceae) in flora of railway tracks of Dniester bay bar. *Visnyk Odes'koho Natsional'noho Universytetu. Seriya: Biologia — Bulletin of Odessa National University. Series: Biology*, 26, 2 (49), 101–108. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2\(49\).246891](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2021.2(49).246891) [in English].
18. Bondarenko, O.Yu. & Myronov, S.L. (2022). *Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald on anthropogenically transformed areas of the Dniester district. *Visnyk Odes'koho Natsional'noho Universytetu. Seriya: Biologia — Bulletin of Odessa National University. Series: Biology*, 27, 1 (50), 111–120. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2022.1\(50\).25992](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2022.1(50).25992) [in English].
19. Myronov, S.L. & Bondarenko, O.Yu. (2022). About the finding of *Oxybaphus nycetagineus* (Michx.) Sweet on the Dniester residence. *Modern research in world*

- science: 1st International Scientific and Practical Conference (pp. 82–85). Lviv, Ukraine [in English].
20. Myronov, S.L. & Bondarenko, O.Yu. (2022). *Sorghum halepense* (L.) Pers. in flora of Dniester embankment (Odesa region). *Aktualni pytannia biolohichnoi nauky: VIII Mizhnarodna zaochna naukovo-praktychna konferentsiia [Actual issues of biological science: VIII International extramural scientific and practical conference]*. (pp. 10–13). [in English].
21. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist*. Kiev [in English].
22. Protopopova, V.V. (1991). *Sinantropnaya flora Ukrainy i puti yoy razvitiya [Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development]*. Kyiv [in Russian].
23. Prystupa, I.V. (2017). *Osnovy heobotaniky ta fitotsenolohii [Fundamentals of geobotany and phytocenology]*. Zaporizhzhia. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/759144/mod_resource/content [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 15.10.2022

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПАСУ МЕРТВОЇ ДЕРЕВИНИ У ГРАБОВО-КЛЕНОВО-ЯСЕНЕВИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ»

О.Ю. Чернобров¹, О.Б. Ходинь^{1,2}

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8251-1573

² Природний заповідник «Медобори» (сmt Гримайлів, Тернопільська обл., Україна)
e-mail: medobory.reserve@gmail.com

Досліджено запаси грубого деревного детриту в 112-річному грабово-кленово-ясеневому лісовому насадженні природного походження у Природному заповіднику «Медобори». Вивчення мертвої деревини проводилось на пробній площі (0,50 га) методом суцільного обліку. Установлено, що запас деревного детриту в лісовій екосистемі становить $62,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ та складається з лежачої мертвої деревини (82,9%) та сухостою (17,1%). Основна частина запасу мертвої деревини утворена одним деревним видом — ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior* L.) (93,0%). Загалом деревний детрит характеризується I–IV класами деструкції, водночас значну перевагу має детрит I клас деструкції (44,2%), децю менші частки — детрит II (30,9%) і III (23,6%), а частка IV класу деструкції є незначною (1,3%). На досліджуваній ділянці не виявлено грубого детриту останнього (V) класу деструкції. Сухостійна мертва деревина має запас $10,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ та утворена зламаними сухостійними деревами. За породним складом значну перевагу має ясен звичайний (94,4%), а частка граба звичайного (*Carpinus betulus* L.) є незначною (5,6%). У загальному запасі сухостою значно переважає деревина I класу деструкції ($9,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 87,9%), порівнюючи з II класом ($1,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 12,1%). Лежача мертва деревина має запас $52,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ та утворена цілими поваленими деревами, фрагментами повалених дерев (стовбурів) та грубими гілками. За породним складом переважає деревний детрит ясена звичайного ($48,2 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 92,7%), а частки інших порід є незначними. Лежача мертва деревина представлена чотирма класами деструкції (I–IV). За запасом переважають I ($18,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 35,2%) і II ($18,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 34,8%) класи деструкції, децю менше детриту III класу ($14,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, 28,5%), а частка IV класу є незначною. Низька частка пізніх класів деструкції у загальному запасі мертвої деревини пояснюється передусім впливом лісгосподарської діяльності у минулому та відносно нетривалим періодом суворого заповідного режиму, впродовж якого лісова екосистема розвивалася без втручання людини.

Ключові слова: деревний детрит, сухостій, лежача відмерла деревина, лісова екосистема, запас, клас деструкції, збереження біорізноманіття.

ВСТУП

Збереження біологічного різноманіття є одним із пріоритетів державної екологічної політики України. У лісових екосистемах мертва деревина, тобто відмерлі сухостійні та повалені дерева або їх частини, забезпечує формування середовищ існування та субстратів для низки видів живих організмів [1–5]. Нині за даними вчених близько 25% видів лісового біорізноманіття помірної зони є залежними від мертвої деревини, що розкладається. Для певних видів відмерла деревина є ключовим елементом

їхньої життєдіяльності. Тому вона є важливим чинником збереження біотичного різноманіття лісових екосистем [3–7].

Державна стратегія управління лісами України до 2035 р. передбачає необхідність збереження мертвої деревини як важливого елемента для біорізноманіття [8]. У матеріалах лісовпорядкування повної інформації про розподіл запасу мертвої деревини за породним складом, компонентами, розмірами та класами деструкції, як правило, немає. Однак саме ці показники є важливими в дослідженні функцій та ролі деревного детриту у лісових екосистемах

[7]. Важливим є оцінювання запасів мертвої деревини у природних екосистемах територій та об'єктів природно-заповідного фонду, зокрема і Природного заповідника «Медобори», що розташований у межах Західного Поділля України. Природоохоронне значення екосистем цього заповідника є важливим для збереження специфічних товтрових ландшафтів, раритетної компоненти флори, фауни, фітоценозів та оселищ [9]. Найважливіша у матеріалах лісовпорядкування заповідника інформація про мертву деревину на лісових ділянках обмежується даними про загальні запаси сухоостою та захарашення станом на 2016 р. і тому вже не є актуальною. Тому виникає необхідність детального дослідження запасів мертвої деревини у його лісових екосистемах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В Україні переважна більшість досліджень деревного детриту пов'язана з вивченням його функцій у біологічному кругообігу речовин та енергії, депонуванні вуглецю, ґрунтоутворенні тощо. Натомість питання біотопічних функцій мертвої деревини у лісових екосистемах недостатнього розкрито. Дослідженням щодо формування мертвою деревиною субстрату та середовища існування для низки видів живих організмів займалися О. Прядко та ін. [10], А. Савицька [11], М. Чумак [12], а також частково М. Голяка зі співавторами [13], та інші науковці. У низці робіт висвітлено екологічну оцінку запасу деревного детриту в лісових екосистемах територій природно-заповідного фонду: Національного природного парку «Голосіївський» [14], Канівського природного заповідника [15]. У науковій праці [16] досліджено кількісні та якісні показники мертвої деревини у грабово-дубових лісових насадженнях Природного заповідника «Медобори».

Водночас, за кордоном, переважно в Європі та Північній Америці, вченими проведено численні наукові дослідження щодо вивчення взаємозв'язку основних

кількісних та якісних показників мертвої деревини з біорізноманіттям лісових екосистем [4; 6; 7]. Так, зокрема, було доведено важливість породного складу відмерлої деревини у формуванні середовищ існування та субстратів низки залежних від неї видів [4; 5]. Також було встановлено, що розміри компонента деревного детриту, зокрема його діаметр, впливають на чисельність видів живих організмів, що оселяються у мертвій деревині [7]. Накопичення значних запасів відмерлої деревини забезпечує збільшення загальної площі поверхні мертвої деревини у лісовій екосистемі, що, своєю чергою, сприяє формуванню більшої різноманітності середовищ існування та оселищ для видів живих організмів, що прямо чи опосередковано використовують її у своїй життєдіяльності [17].

З огляду на дослідження і публікації встановлено, що кількісні та якісні показники відмерлої деревини в лісових екосистемах Природного заповідника «Медобори» вивчені недостатньо, а наукова проблема вивчення взаємозв'язку грубого деревного детриту з біорізноманіттям — комплексно не вирішена.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Природний заповідник «Медобори» розташований на території Західного Поділля в лісостеповій зоні на південному сході Тернопільської обл. Його площа становить 9516,7 га [18]. За фізико-географічним районуванням заповідник належить до Середньоподільської височинної області, Західноукраїнського краю, Широколистої вологої теплої зони Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни. За геоботанічним районуванням України територія заповідника частини належить до Покутсько-Медоборського округу букових, грабово-дубових, дубових лісів, справжніх і остепнених лук Центральноєвропейської провінції широколистяних лісів Європейської широколистянолісової області. У геоморфологічному аспекті — це пасмова, останцево-горбиста, розчленована долинами акумулятивно-денудаційна висо-

чина. У районі розташування «Медоборів» висота пасм Товтрового кряжу становить 350–380 м. Гора Бохит є найвищою вершиною заповідника (413 м). Ширина пасм, на які розпадається кряж, сягає від 150–200 м на північному заході до 500–600 м у районі р. Збруч, де і розташована основна територія природного заповідника [19; 20].

Клімат регіону розташування заповідника «Медобори» характеризується як помірно континентальний із чітко вираженими сезонами року. В усі пори року район найчастіше відвідують континентальні полярні маси повітря, а також, майже в такій самій кількості, — морські повітряні маси. Середньорічна кількість атмосферних опадів становить 600–650 мм, абсолютний мінімум температури повітря — -32°C , а максимум $+37^{\circ}\text{C}$ [9; 19].

На території ПЗ «Медобори» серед тропотопів переважають груди (98,68%). Значно меншу частку займають сугруди — 1,31% і лише невеликими фрагментами представлені субори — 0,01%. Переважають свіжі гігרותопи — 72,9%, значно меншу частку займають вологі — 23,3%, а сухі гігרותопи займають лише 3,7% вкритих лісовою рослинністю земель, сирі — 0,1%.

Найпоширенішими типами лісу є свіжа грабова діброва (47,69%), свіжа грабово-букова діброва (23,96%), волога грабова діброва (12,89%) і волога грабово-букова діброва (10,38%) [21].

Основними лісоутворювальними деревними видами природного заповідника є твердолистяні: дуб звичайний (45,5%), граб (21,0) та ясен звичайний (13,1%). Загалом, твердолистяні породи вони займають 90,5% від площі земель, вкритих лісовою рослинністю. Лісостани хвойних порід представлені штучно створеними насадженнями сосни звичайної, ялини європейської, модрина та займають 5,0%. Лише 1,4% вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок займають м'яколистяні породи [21].

Дослідження запасу грубого деревного детриту проводилось у 2020 р. у грабово-кленово-ясеневому лісовому насадженні природного походження, що зростає в умовах свіжої діброви, на дослідній ділянці в центральній частині Городницького лісництва (квартал 26 відповідно до матеріалів лісовпорядкування 2015 р.) (рис. 1).

Деревостан утворено ясенем звичайним (*Fraxinus Excelsior* L.) та грабом зви-

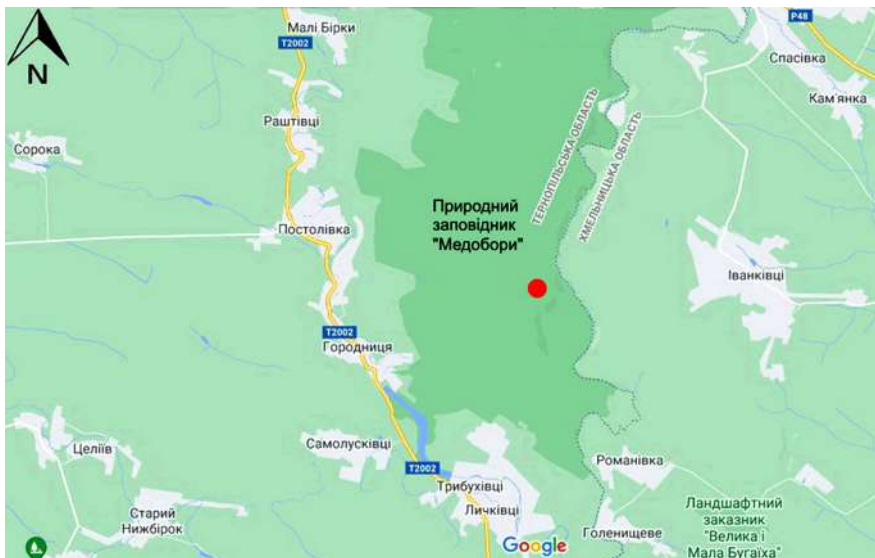


Рис. 1. Схема розташування дослідної ділянки з вивчення мертвої деревини у Городницькому лісництві Природного заповідника «Медобори»

чайний (*Carpinus betulus* L.); присутні також клен-явір (*Acer pseudoplatanus* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), липа серделиста (*Tilia cordata* Mill.), а також в'яз шорсткий (*Ulmus glabra* Huds.) як домішка. Вік деревостану становить 112 років, повнота – 0,7. У досліджуваній екосистемі є підлісок зімкненістю 0,1, його утворює ліщина (*Corylus avellana* L.) та бузина чорна (*Sambucus nigra* L.). Підріст утворено переважно в'язом шорстким (*Ulmus glabra* Huds.).

Остання вибіркова санітарна рубка з ліквідацією захаращеності проводилася у 1993 р., тобто лісова екосистема розвивалася без господарського втручання впродовж 27 років. До створення заповідника вплив лісогосподарської діяльності був доволі низьким та зводився до видалення сухостійних дерев і ліквідації захаращеності.

Вивчення запасу мертвої деревини було проведено методом суцільного обліку на пробній площі 0,50 га, закладеній на дослідній ділянці відповідно до стандартизованих вимог. Для класифікації фракцій і компонентів мертвої деревини, загалом, було використано методику [22; 23]. До фракції сухостійної мертвої деревини включали і обліковували всі цілі чи зламані сухостійні дерева, діаметр яких на висоті грудей (1,3 м) становив 6,0 см і більше. Для усіх компонентів сухоостою вимірювали діаметр та висоту за загальноприйнятими у лісовій таксації методами. У випадку сухостійних зламаних дерев дасть змогу вимірювали також діаметр стовбура на середині висоти.

До фракції лежачої мертвої деревини (деревна ламань і грубі гілки) включали і обліковували такі компоненти: повалені дерева (стовбури), їхні фрагменти (стовбури), гілки (фрагменти гілок) з серединним діаметром 6 см і більше, що були виявлені у межах пробної площі. Для усіх указаних компонентів мертвої деревини було здійснено вимірювання серединного діаметра, довжини, а також було визначено породу (деревний вид) за морфологічними ознаками. Сухоостійну та лежачу мертву деревину

розподіляли за I–V класами розкладання згідно з методикою [23].

Об'єм цілих сухостійних дерев (стовбурів) було визначено за сортиментними таблицями [24]. Об'єм усіх компонентів лежачої мертвої деревини було визначено за формулою Губера:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0,5l}^2 l,$$

де V – об'єм стовбура (фрагмента стовбура) або грубої гілки; $d_{0,5l}$ – діаметр стовбура (фрагмента стовбура) або грубої гілки на середині довжини; l – довжина стовбура (фрагмента стовбура) або грубої гілки; π – константа (3,1415926...).

Об'єм стоячих зламаних дерев (стовбурів) заввишки до 4 м було визначено за формулою Губера.

Для обчислення запасу ростучих дерев було виконано таксацію деревостану методом суцільного обліку усіх дерев, діаметр яких на висоті грудей (1,3 м) становить 6,0 см і більше. Для таких дерев проводили вимірювання діаметра у двох взаємно перпендикулярних напрямках для кожної деревної породи. Також проводили вимірювання висот трьох дерев для кожного з центральних ступенів товщини, визначених за результатами перелікової таксації. Визначення стовбурового запасу деревостану виконували за сортиментними таблицями [24]. Обробку польових даних та їх аналіз було проведено за допомогою програмних засобів MS Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати дослідження запасу відмерлої деревини за фракціями та деревними видами наведено в *табл. 1*.

Сухостійна мертва деревина на досліджуваній ділянці має запас $10,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, утворена зламаними сухостійними деревами. За породним складом домінує ясен звичайний (94,4%), а частка граба звичайного є незначною (5,6%). Діапазон діаметрів компонентів сухоостою становить: ясена звичайного 42,0–54,4 см, граба звичайного

Таблиця 1. Запас деревного детриту у грабово-кленово-ясеневому лісовому насадженні у Городницькому лісництві Природного заповідника «Медобори»

№ з/п	Деревні породи	Запас мертвої деревини за компонентами, м ³ ·га ⁻¹		
		сухостій	лежача мертва деревина	разом
1	Ясен звичайний	10,1	48,2	58,3
2	Граб звичайний	0,6	1,5	2,1
3	Липа дрібнолиста	0,0	2,3	2,3
Разом		10,7	52,0	62,7

14,7–14,9 см. Серед сухоостою переважають дерева зі зламаними стовбурами, висота яких становить 1,0–14,0 м. У загальному запасі сухоостою значну перевагу має деревина І класу деструкції (9,4 м³·га⁻¹, 87,9%), порівняно з ІІ класу деструкції (1,3 м³·га⁻¹, 12,1%).

Лежача мертва деревина має запас 52 м³·га⁻¹, який утворено в результаті відмирання дерев трьох деревних порід. Переважає деревний детрит ясеня звичайного (92,7%), а частки інших двох порід – липи дрібнолистої (4,4%) і граба звичайного (2,9%) є незначними. Лежача мертва деревина утворена цілими поваленими дере-

вами, фрагментами повалених дерев (стовбурів) та грубими гілками. Серединний діаметр компонентів деревного детриту становить: ясеня звичайного – 13,5–43,5 см, граба звичайного – 6,0–14,8 см, липи дрібнолистої – 24,0 см. На стовбурах та фрагментах повалених стовбурів ясеня звичайного виявлено моховий покрив. Фрагментарно моховий покрив присутній також на мертвій деревині граба звичайного і липи дрібнолистої (рис. 2).

У досліджуваній лісовій екосистемі лежача мертва деревина представлена чотирма класами деструкції (І–ІV). Грубого деревного детриту останньої стадії розкла-



Рис. 2. Мертва деревина у лісовому насадженні Городницького лісництва ПЗ «Медобори»

дання (V) в межах досліджуваної ділянки не було виявлено (рис. 3).

За запасом переважають I (18,3 м³·га⁻¹, 35,2%) і II (18,1 м³·га⁻¹, 34,8%) класи деструкції, дещо менше детриту III (14,8 м³·га, 28,5%). Найменше лежачої мертвої деревини IV класу деструкції (0,8 м³·га⁻¹, 1,5%).

Лежача мертва деревина ясена звичайного утворена детритом I–IV класів деструкції, однак за запасом переважає II (16,7 м³·га⁻¹, 34,6%) і I (16,0 м³·га⁻¹, 33,2%) класи. Дещо менше детриту III (30,5%), а найменше – IV (1,7%) класу деструкції. Для лежачої мертвої деревини граба звичайного, що утворена лише двома стадіями розкладання, виявлено переважання II (93,3%) порівняно з III (6,7%) класом

Для ясена та граба звичайних характерним є значне переважання лежачої мертвої деревини – 82,7 і 70,4%, відповідно. Деревний детрит липи дрібнолистої у досліджуваній лісовій екосистемі представлено повністю поваленою мертвою деревиною (рис. 5).

Загалом, у досліджуваній лісовій екосистемі деревний детрит характеризується I–IV класами деструкції, водночас переважає детрит I класу (44,2%), дещо менше деревини II (30,9%) і III (23,6%) класів, а найменше детриту IV (1,3%) класу розкладання (рис. 6).

Загальний стовбуровий запас рстучого деревостану становив 311,0 м³·га⁻¹, відношення запасу мертвої деревини до стовбурового запасу рстучого деревостану становить 20,2%. Розподіл запасу мертвої

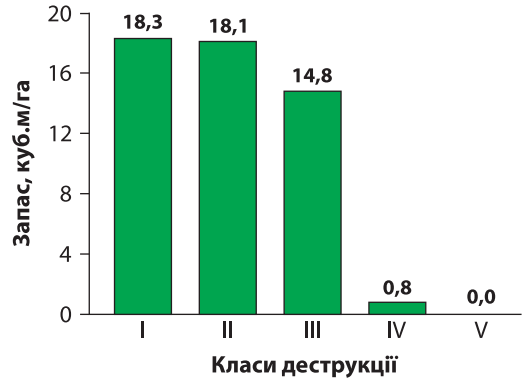


Рис. 3. Розподіл запасу лежачої мертвої деревини за класами деструкції

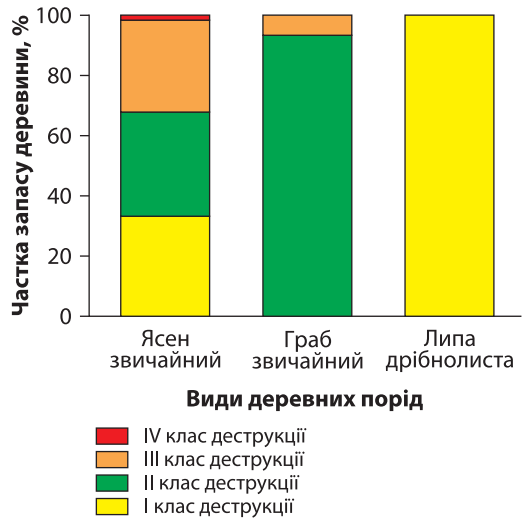


Рис. 4. Розподіл запасу лежачої мертвої деревини за деревними породами та класами деструкції

Таблиця 2. Розподіл лежачої мертвої деревини за деревними породами і класами деструкції

Класи деструкції	Запас поваленої мертвої деревини, м ³ ·га ⁻¹			
	ясен звичайний	граб звичайний	липа дрібнолиста	Разом
I	16,0	0,0	2,3	18,3
II	16,7	1,4	0,0	18,1
III	14,7	0,1	0,0	14,8
IV	0,8	0,0	0,0	0,8
Разом	48,2	1,5	2,3	52,0

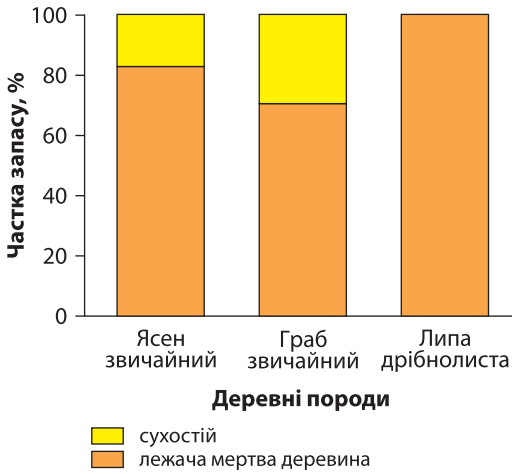


Рис. 5. Розподіл запасу мертвої деревини за фракціями та деревними породами

деревини та стовбурного запасу ростучого деревостану за деревним породами показано на рис. 7.

Наразі у ростучому досліджуваному деревостані домінуюче положення займає граб звичайний, значно менші частки мають явір та липа дрібнолиста; частка самого ясеня звичайного становить лише 9,6%, що

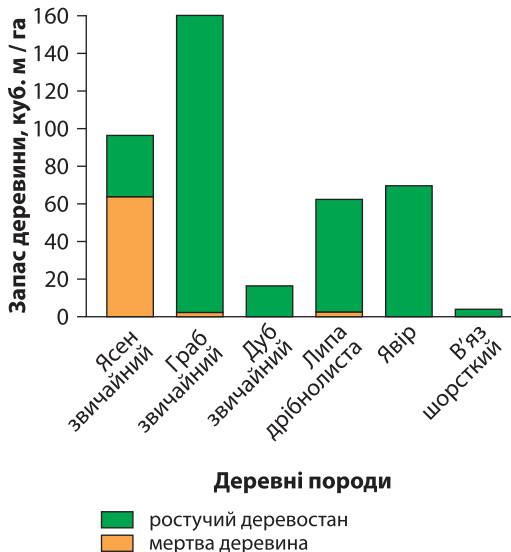


Рис. 7. Розподіл запасу мертвої деревини та стовбурного запасу ростучого деревостану за деревним породами, м³·га⁻¹



Рис. 6. Розподіл загального запасу мертвої деревини за класами деструкції

є наслідком відмирання дерев цієї породи та формування деревного детриту (рис. 7).

Саме для ясеня звичайного відмічено найбільш інтенсивний відпад дерев: частка відмерлої деревини цієї породи становить 66,2% від загального запасу ростучого деревостану та деревного детриту. Для граба звичайного та липи дрібнолистої цей показник становить лише 1,4 і 4,0%, відповідно (рис. 8).

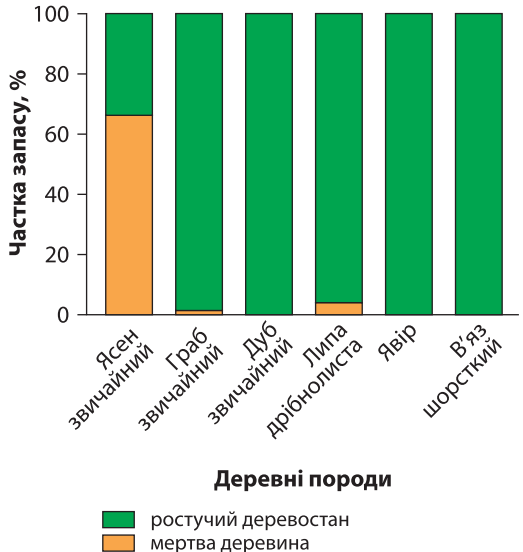


Рис. 8. Розподіл запасу мертвої деревини та стовбурного запасу ростучого деревостану за деревним породами, %

Одержані нами результати було порівняно з даними інших дослідників мертвої деревини. У науковій праці [25] досліджено запаси мертвої деревини залежно від типу лісу у лісових екосистемах 116 природних заповідників Європи. Авторами встановлено, що середній запас мертвої деревини становить від $59 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ в бореальних хвойних лісах Північної Європи до $216 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у мішаних гірських лісах Центральної Європи. Відношення запасу мертвої деревини до запасу ростучого деревостану становило 15–37%. Для мішаних лісів Центральної Європи за участю ясеня, дуба, граба, липи, клена та ін. порід відповідні показники становили $84 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ і 15%.

У природних 130-річних липово-ясеневодубових лісах Національного природного парку «Голосіївський» (м. Київ) середній запас мертвої деревини становить $94,2 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, частка сухоостою — 25,4%, лежачої мертвої деревини — 74,6% [14]. Дослідниками було встановлено, що мертва деревина представлена I–V класами деструкції, однак за запасом переважали III (48,2%) і IV (23,5%) класи. Автори у науковій праці [15] досліджували мертву деревину у 130–140 річних грабових насаджених природного походження Канівського природного заповідника (Черкаська обл.) і встановили, що її середній запас становить $39,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (сухостій — 23,1%, повалена мертва деревина — 76,9%).

Порівнюючи отримані нами дані, можна зробити висновок, що вони загалом узгоджуються з результатами подібних досліджень. Водночас певні відмінності можуть бути пов'язані з низкою чинників. Запас мертвої деревини залежить від клімату регіону, умов місцезростання, типу лісу, породного складу та запасу деревостану, віку, характеру та інтенсивності стихійних природних явищ, а також характеру лісогосподарської діяльності [2; 25]. Переважання середніх запасів мертвої деревини у природних заповідниках Європи порівняно з одержаними нами даними пояснюється передусім відмінностями в кліматичних умовах, трофності та зволоженості місцезростання, породному складі, а також три-

валістю суворого заповідного режиму, який у першому випадку становив не менше 50 років. Досліджуване ж нами насадження зростало без господарського впливу лише 27 років. Водночас відношення запасу мертвої деревини до запасу ростучого деревостану (20,2%) цілком узгоджується з даними роботи [25]. Склад запасу мертвої деревини за фракціями (сухостій, повалена) теж узгоджується з даними наукових праць [14; 15; 25].

Частка деревного детриту пізніх стадій розкладання у досліджуваній лісовій екосистемі є дуже низькою, що свідчить про значний вплив лісогосподарської діяльності у минулому на формування деревного детриту. Водночас, слід брати до уваги періодичність стихійних природних явищ, що призводили до утворення мертвої деревини, та інтенсивність її розкладу, що, своєю чергою, залежить від розмірів деревини, деревної породи й наявності вологи. Значна частина деревного детриту (43,7%) у насадженні сформувалася внаслідок нещодавнього відмирання дерев ясеня звичайного (I клас деструкції). Деревина ясеня звичайного належить до групи порід із порівняно середньою швидкістю розкладання, тому часу, впродовж якого насадження зростало без господарського впливу людини, могло бути недостатньо для розкладання мертвої деревини та утворення значних запасів детриту пізніх стадій деструкції (IV–V) [2; 25].

Загалом розвиток лісової екосистеми без втручання людини впродовж 27 років сприяв формуванню певної різноманітності деревного детриту за фракціями, компонентами, деревними видами і класами деструкції, що може мати важливе значення для формування субстратів та середовищ існування для низки видів живих організмів.

ВИСНОВКИ

У грабово-кленово-ясеневому лісовому насадженні природного походження на території Природного заповідника «Медобори» запас грубого деревного детриту становить $62,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, який утворено

трьома деревними видами, двома фракціями (сухостійна і лежача) та характеризуються чотирма класами деструкції. Низькі запаси детриту пізніх класів деструкції пояснюються впливом лісгосподарської діяльності у минулому та порівняно не тривалим періодом, протягом якого лісо-

ва екосистема розвивалася без господарського втручання. Перспективним нині є дослідження значення мертвої деревини у збереженні біорізноманіття досліджуваної лісової екосистеми Природного заповідника «Медобори».

ЛІТЕРАТУРА

1. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
2. Stevens V. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C., Work. 1997.30: 26.
3. Lombardi F. and Bostjan M. Dead wood as a driver of forest functions. *Italian Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 11 (s1). P. 24–26.
4. Humphrey J.W. et al. Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI-Proceedings*. 2004. Vol. 51. P. 193–206.
5. Jonsson B.G., Kruys N. and Ranius T. Ecology of species living on dead wood — lessons for dead wood management. *Silva Fennica*. 2005. Vol. 39 (2). P. 289–309. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.390>.
6. Siitonen J. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletin*. 2001. Vol. 49. P. 11–42.
7. Stokland J.N., Tomter S.M. and Soderberg U. Development of Dead Wood Indicators for Biodiversity Monitoring: *Experiences from Scandinavia*. EFI-Proceedings. 2004. Vol. 51. P. 207–228.
8. Державна стратегія управління лісами України до 2035 року: розпорядження від 29.12.2021. *Кабінет Міністрів України*. № 1777-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#n10>.
9. Конішук В.В., Ходинь О.Б. Екосозологічне значення природного заповідника «Медобори». *Агро-екологічний журнал*. 2019. № 1. С. 15–23. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163240>
10. Прядко О.І., Чернобров О.Ю., Дацюк В.В. та ін. До біорізноманіття дубово-ясеневих лісів долини р. Віта та його ролі у розкладанні відмерлої деревини на території НПП «Голосіївський». *Функціонування природоохоронних територій в сучасних умовах*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 30-річчя національного природного парку «Синеvir» (Синеvir, 18–20 верес. 2019 р.). Синеvir, 2019. С. 77–82.
11. Савицька А.Г. Відмерла деревина як субстрат для розвитку мохоподібних лісових угруповань. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 25 (9). С. 172–177.
12. Чумак М. Сапроксилобіонтні твердокрили (*Coleoptera, Insecta*) і мертва деревина в буковому пралесі Угольського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Сер.: Біологічні науки*. 2016. № 12. С. 93–108. DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2016-337-12-93-98>
13. Голяк М.А., Волощук Н.М., Білоус А.М. та ін. Видовий склад мікобіоти компонентів мортмаси *Betula pendula* Roth українського Полісся. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Т. 79. № 3. С. 84–97.
14. Чернобров О.Ю., Сотник Л.П., Ходинь О.Б. та ін. Екологічна оцінка запасу мертвої деревини у природних листяних лісах долини р. Віти у національному природному парку «Голосіївський». *Агро-екологічний журнал*. 2020. № 2. С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207680>
15. Чернобров О.Ю., Шевчик В.Л., Соломаха І.В. Кількісні та якісні показники грубого детриту у лісах з домінуванням *Carpinus betulus* L. Канівського природного заповідника. *Агро-екологічний журнал*. 2021. № 1. С. 42–53. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227238>
16. Ходинь О.Б., Чернобров О.Ю. Екологічна оцінка запасу мертвої деревини у грабово-дубових лісових насадженнях природного заповідника «Медобори». *Агро-екологічний журнал*. 2021. № 4. С. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252954>
17. Müller J. and Büttler R. A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*. 2010. No 129. P. 981–992. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5>.
18. Положення про природний заповідник «Медобори»: наказ від 23.02.2021 № 141. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <http://www.medobory-reserve.te.ua/home/reserve-information/medobory-reserve.te.ua>.
19. Національний атлас України / за ред. Л.Г. Руденко. Київ: ДНВП «Картографія», 2008. 440 с.
20. Офіційний сайт природного заповідника «Медобори». URL: <http://www.medobory-reserve.te.ua>.
21. Звіт про науково-дослідну роботу «Оцінка стану й розробка заходів щодо збереження та відтворення лісостанів заповідника у відповідності з вимогами положення про Проект організації території ПЗ «Медобори» та охорони його природних комплексів ГД 08.09-26-15» (заключний). Львів, 2016. 71 с.
22. СОУ 02.02-37-476:2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. [Чинний від 2007-05-

- 01]. Офіц. вид. Київ: Мінагрополітики України, 2006. 32 с.
23. Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.
24. Лісотаксаційний довідник / за ред. С.М. Кашпо-ра, А.А. Строчинського. Київ: вид. дім «Вінчен-ко», 2013. 496 с.
25. Hahn K. and Christensen M. Dead wood in European forest reserves — a reference for forest management. *EFI Proceedings*. 2004. № 51. P. 181–191.

REFERENCES

1. Pro Osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolo-hichnoyi polityky Ukrainy na period do 2030 roku: Zakon Ukrainy vid 28.02.2019 r. [On the Basic principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2030: Law of Ukraine dated February 28th, 2019]. (2019). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, 2697-VIII*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#n10> [in Ukrainian].
2. Stevens, V. (1997). The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. *Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C., Work, 30, 26* [in English].
3. Lombardi, F. & Bostjan, M. (2016). Dead wood as a driver of forest functions. *Italian Journal of Agronomy, 11 (s1)*, 24–26 [in English].
4. Humphrey, J.W. et al. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI-Proceedings, 51*, 193–206 [in English].
5. Jonsson, B.G., Kruys, N. & Ranius, T. (2005). Ecology of species living on dead wood — lessons for dead wood management. *Silva Fennica, 39 (2)*, 289–309. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.390> [in English].
6. Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletin, 49*, 11–42 [in English].
7. Stokland, J.N., Tomter, S.M. & Soderberg, U. (2004). Development of Dead Wood Indicators for Biodiversity Monitoring: Experiences from Scandinavia. *EFI Proceedings, 51*, 207–226 [in English].
8. Derzhavna stratehiya upravlinnya lisamy Ukrainy do 2035 roku: rozporядzhennya vid 29.12.2021 [State forest management strategy of Ukraine until 2035: order dated 12.29.2021]. *Kabinet Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers of Ukraine, 1777*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#n10> [in Ukrainian].
9. Konishchuk, V.V. & Khodyn, O.B. (2019). Ekosozolohichne znachennia pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» [Ecosociological significance of the Medobory Nature Reserve]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal, 1*, 15–23. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163240> [in Ukrainian].
10. Priadko, O.I., Chornobrov, O.Yu., Datsiuk, V.V. et al. (2019). Do bioriznomanitтя dubovo-yasenevykh lisiv dolyny r. Vita ta yoho roli u rozkladanni vidmerloї derevyny na terytorii NPP «Holosiivskiy» [Concerning biodiversity of oak-ash forests in Vita River valley and its role in decomposition of dead wood in «Holosiivskiy» NNP]. *Funktsionuvannya pryrodokhoronnykh terytoriy v suchasnykh umovakh: materialy mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi z nahody 30-richchya natsionalnoho pryrodnoho parku «Synevyr» [Functioning of protected areas in modern conditions: materials of the international scientific and practical conference on the occasion of the 30th anniversary of the Synevyr National Nature Park]*. (pp. 77–82). [in Ukrainian].
11. Savytka, A.H. (2014). Vidmerla derevyna yak substrat dlia rozvytku mokhopodibnykh lisovykh uhrupovan [Dead Wood as a Substrate for Mosses in Forest Communities]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU, 25 (9)*, 172–177 [in Ukrainian].
12. Chumak, M. (2016). Saproksylobiontni tverdokryli (Coleoptera, Insecta) i mertva derevyna v bukovomu pralisi Uhol'skoho masyvu Karpatskoho biosfernoho zapovidnyka [Saproxylic beetles (Coleoptera, Insecta) and Dead Wood in Beech Virgin Forests Uholka Massif Carpathian Biosphere Reserve]. *Naukovy visnyk Shkhidnoevropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Seriya: Biolohichni nauky — Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences, 12*, 93–108. DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2016-337-12-93-98> [in Ukrainian].
13. Holyaka, M.A., Voloshchuk, N.M., Bilous, A.M. et al. (2017). Vydoyi sklad mikrobioty komponentiv mormasy *Betula pendula* Roth ukrainskoho Polissia [Species Composition of Mycobiota of *Betula pendula* Roth Coarse Woody Debris of Ukrainian Polissya]. *Mikrobiolohichniy zhurnal — Microbiological journal, 79 (3)*, 84–97. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.03.084> [in Ukrainian].
14. Chornobrov, O.Yu., Sotnyk, L.P., Khodyn, O.B. et al. (2020). Ekolohichna otsinka zapasu mertvoї derevyny u pryrodnykh lystyaniykh lisakh dolyny r. Vity u natsionalnomu pryrodnomu parku «Holosiivskiy» [Ecological assessment of dead wood volume in natural deciduous forests in Vita river valley in Holosiivskiy National Nature Park]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal, 2*, 45–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207680> [in Ukrainian].
15. Chornobrov, O.Yu., Shevchuk, V.L. & Solomakha, I.V. (2021). Kil'kisni ta yakisni pokaznyky hruboho detrytu u lisakh z dominuvanniam *Carpinus betulus* L. Kanivskoho pryrodnoho zapovidnyka [Quantitative and qualitative attributes of dead wood in dominated by *Carpinus betulus* L. forests in Kaniv Nature Reserve]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal, 1*, 42–53. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227238> [in Ukrainian].

16. Khodyn, O.B. & Chornobrov, O.Yu. (2021). Ekolo-hichna otsinka zapasu mertvoi derevyny u hrabovo-dubovykh lisovykh nasadzhenniakh pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» [Ecological assessment of dead wood volume in hornbeam-oak forest in «Medobory» Nature Reserve]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 38–46. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252954> [in Ukrainian].
17. Müller, J. & Büttler, R. (2010). A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129, 981–992. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5> [in English].
18. Polozhennya pro pryrodnyy zapovidnyk «Medobory»: nakaz vid 23.02.2021 [Regulations on the «Medobory» nature reserve: Order of 23.02.2021]. *Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy — Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*, 141. URL: <http://www.medobory-reserve.te.ua/home/reserve-information/medobory-reserve.te.ua> [in Ukrainian].
19. Rudenko, L.G. (Ed.). (2008). *Nacionalnyy atlas Ukrainy [National atlas of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
20. Oficiinyi sait pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» [Official site of the Medobory Nature Reserve]. URL: <http://www.medobory-reserve.te.ua> [in Ukrainian].
21. Ukrainian National Forestry University (2016). *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Otsinka stanu y rozrobka zakhodiv shchodo zberezhennta ta vidtvorennia lisostaniv zapovidnyka u vidpovidnosti z vymohamy polozhennia pro Proekt orhanizatsii terytorii PZ «Medobory» ta okhorony yoho pryrodnykh kompleksiv. HD 08.09-26-15» (zakliuchnyi) [Report on research work «Assessment of the state and development of measures for the preservation and reproduction of forest stands in accordance with the requirements of the Regulations on the Project for the territory organization of «Medobory» Nature Reserve and protection of its natural complexes. GD 08.09-26-15» (final)]*. Lviv [in Ukrainian].
22. Ploshchi probni lisovporyadni. Metod zakladannya [Forest inventory sample plots. Establishing method]. (2006). *SOU 02.02-37-476:2006 from 1st May 2007*. Kyiv: Minahropolityky Ukrainy [in Ukrainian].
23. Bilous, A.M. (2014). Metodyka doslidzhennia mortmasy lisiv [Methodology of the research mortmass of forest]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya — Biological Resources and Nature Management*, 6, 3–4, 134–145 [in Ukrainian].
24. Kashpor, S.M. & Strohynskyi, A.A. (Eds.). (2013). *Lisotaksatsiinyi dovidnyk [Forest taxation handbook]*. Kyiv [in Ukrainian].
25. Hahn, K. & Christensen, M. (2004). Dead wood in European forest reserves — a reference for forest management. *EFI Proceedings*, 51, 181–191 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 12.10.2022

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE NITROGEN BUDGETS OF LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEMS IN UKRAINE

V. Pinchuk¹, Ye. Kryvokhyzha², O. Tertychna¹

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: pinchuk_yo@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0646-1580

e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9514-2858

² Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)

e-mail: ye.kryvokhyzha@ukr.net; ORCID: 0000-0001-7270-6529

Змодельовано бюджет нітрогену на прикладі 5 типових тваринницьких господарств України різної спеціалізації. Показано відносно антропогенне навантаження різних тваринницьких господарств і ефективність використання поживних речовин у процесі виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Визначено вхідні потоки нітрогену (N) — у складі кормів, добрив, насіння і посадкового матеріалу, біофіксації, атмосферних опадів, поживних решток рослин і вихідні потоки — у складі виробленої і реалізованої продукції рослинництва і тваринництва досліджених господарств. Встановлено, що у досліджених господарствах ефективність використання нітрогену (NUE_{farm}) становить 21,0–69,9%, тобто така кількість поживних речовин ґрунту та імпортованих кормів у нітрогенному еквіваленті депонувалася в реалізованій продукції, а решта N — у побічній продукції. Визначено співвідношення виробленої основної і побічної продукції в нітрогенному еквіваленті. Зокрема, у рослинництві на 1 т N поживних решток рослин отримують 1,06–1,11 т N зерна. В тваринництві на 1 т N виробленого гною отримують лише 0,15–0,78 т N основної продукції тварин. За рівнем виходу основної продукції відносно побічної, галузі тваринництва знаходяться у такому ранжованому порядку: скотарство — 0,15 т N молока і приросту живої маси на 1 т N виділеного гною; свинарство — 0,43 т N приросту живої маси на 1 т N гною і бройлерне виробництво — 0,78 т N приросту живої маси відповідно. Встановлено, що досліджені тваринницькі господарства спричиняють значне антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище — інтенсивне навантаження на ґрунт (баланс від –30,2 до –42,2 кг N/га/рік) і високі показники викидів аміаку і парникових газів (NH_3 , NO_x і N_2O) із систем зберігання і використання гною та сільськогосподарських угідь (16,3–1456,4 кг/га/рік). Встановлено, що на 1 т приросту живої маси телят у повітря викидається 132,4 кг NH_3 , NO_x і N_2O ; на 1 т виробленого молока корів — 7,6 кг; на 1 т приросту живої маси свиней (у середньому) — 30,3 кг; на 1 т приросту живої маси курей-бройлерів — 22,2 кг; на 1 т приросту живої маси і вовни овець — 53,7 кг NH_3 , NO_x і N_2O .

Ключові слова: тваринництво, побічна продукція, сполуки хімічно активного нітрогену, баланс нітрогену, ефективність використання нітрогену.

INTRODUCTION

The livestock sector occupies an important place in the agrarian complex of the Ukrainian economy. Its development remains an important condition for food security, a stable socio-economic state of the state and a reserve for the export of agricultural products.

Previous studies of the state of nitrogen (N) use in agriculture have established a negative balance of nitrogen in crop production in Ukraine compared to EU countries, which can lead to irreversible losses of humus

in agricultural soils. One of the reasons for the negative nitrogen balance in Ukraine is a significant reduction in the use of nitrogen as part of organic fertilizer. The accumulation of manure and the relative increase in the introduction of mineral fertilizers into the soil leads to environmental pollution due to the emission of reactive nitrogen (Nr) from manure management systems and agricultural land [1].

Also, the use of nitrogen for the livestock production in Ukraine has decreased due to the reduction of the cattle and pig population

and the production of fodder for livestock [2].

For sustainable livestock production, agroecosystems need nutrients. Violation of the N balance of agroecosystems can lead to their irreversible destruction and pollution of the natural environment.

The gross N budget is a quantitative description of the main nitrogen flows in the natural environment or sectors of the economy within any geographical scale (at the level of the country, region or economy) during a certain period [3; 4].

The purpose of the research is to determine the balance of N, efficiency of use N and loss of Nr in the gross N budget of different livestock production systems in Ukraine.

ANALYSIS OF LATEST RESEARCH AND PUBLICATIONS

Studies of the gross N budget of different livestock production systems are relevant in the world, because on these systems accounts for the majority of global losses of Nr. There are different livestock systems with significant differences in the use of forage, livestock and manure, and it is not yet well understood which factors influence the N balance and losses the most in each system [5–7].

Livestock production systems can broadly be classified in grassland based ruminant systems, mixed (crop-animal) and landless (industrial) systems. Grassland systems are completely terrestrial systems with less than one livestock unit per hectare. In mixed systems, a large part of the output value comes from activities other than livestock, while some of the animal feed is often imported. Industrial systems have a population of more than 10 head of livestock per hectare, and they depend mainly on external supply of feed, energy and other resources [8].

According to EU Directive 2010/75/EC «On industrial emissions (integrated pollution prevention and control)» in the countries of the European Union, farms with more than: 40,000 poultry, 2,000 pigs (with a live weight of more than 30 kg) or 750 sows are considered industrial ones. Farms of this capacity are equated with industrial enterprises

due to their numerous ecological problems for the environment and human health [9; 10].

Livestock production systems convert plant protein to animal protein with an efficiency of 5–45%, and the remaining N (55–95%) is in urine and manure, causing its loss. The estimated global amount of manure N is 75–138 Tg N/year. Cattle (56–60%), sheep (12) and pigs (6%) have the largest share in manure N production. Approximately 40–50% of manure N is collected in cowsheds, pig houses, stables, paddocks, and only half of this amount is processed on arable land. Losses of gaseous N from manure are estimated at 45–75 Tg/year [11].

MATERIALS AND RESEARCH METHODS

Modeling of the nitrogen budget of livestock production systems was carried out according to generalized international approaches [12].

The basis for the research is typical livestock farms of Ukraine as of 2016: «Agro-prime-Holding» LLC in Odesa Region, «Bakhmut Agrarian Union» LLC in Donetsk Region, «Kompleks Agromars» LLC in Kyiv Region, «Freedom Farm Bacon» LLC and «Borozenske» APC in Kherson Region.

The balance of nitrogen (N) in the soil-plant system was calculated for the cultivation of agricultural crops: winter and spring wheat, winter rye, winter and spring barley, corn for grain, spring oats, peas, sunflower, winter rapeseed, fodder root crops and melons.

To calculate the manure nitrogen production (N excretion) of cattle and pigs, the breed of farm animals was taken into account: large white, landrace, red white belt and red steppe dairy breed.

The emission of Nr in ammonia (NH₃), nitrogen oxides (NO_x) and nitrous oxide (N₂O) from manure management systems and agricultural land was calculated.

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

According to the European classification [8], the researched livestock farms belong to

Table 1. Characteristics of the researched livestock farms

Name of the livestock farm	Type of livestock system	Specialization	Total number of animals, heads	Livestock per unit area, heads/100 ha/yr
«Borozenske» APC	crop-animal	dairy farming, pig farming	3464	30
«Agroprime Holding» LLC	crop-animal	sheep farming, pig farming	17655	79
«Freedom Farm Bacon» LLC	landless (industrial)	pig farming	20266	12588
«Bakhmut Agrarian Union» LLC	landless (industrial)	pig farming	86851	22466
«Complex Agromars» LLC	landless (industrial)	broiler chickens farming	32264719	363546

crop-animal and landless (industrial) livestock production systems. In Ukraine, cattle and sheep are farming in pasture and crop-livestock systems, and pigs and poultry are mainly farming in industrial landless systems (Table 1).

In crop-animal livestock systems («Agroprime-Holding» LLP and «Borozenske» APC), most of the N in the animal manure is ultimately returned to the land that produced the animal feed. In industrial livestock production systems («Freedom Farm Bacon» LLC, «Bakhmut Agrarian Union» LLC and «Complex Agromars» LLC), the manure is disposed of elsewhere, as the land-base is missing, and all animal feed is purchased (imported).

The manure utilization technologies used in the construction of the «Agroprime-Holding» LLC complex involve the processing of manure with its further use as organic fertilizer. The sewage treatment technology involves their separation into solid and liquid fractions, disinfection by anaerobic fermentation, purification of the liquid fraction to the state of technical water and solid biofuel (solid fuel pellets). The biogas released during the anaerobic fermentation of manure is sent to the boiler plant, which allows reducing the volume of energy consumption. Technical water is used for the needs of the pig complex and irrigation of fields.

In order to calculate the nitrogen budgets of livestock production systems the in-

put flows of nitrogen from import fodder for livestock, fertilizers, seeds & planting material, biofixation, atmospheric deposition, crop residues and N output flows with agricultural crop & livestock sold products were determined (Tables 2, 3).

An important indicator that characterizes the efficiency of livestock production systems is the ratio of N outputs with the main and by-products (Table 4).

In crop production, 1.06–1.11 Mg N of grain is obtained for 1 Mg of N crop residues (straw, tops, stubble, roots). Crop residues are plowed up and used as bedding for animals.

In livestock, only 0.15–0.78 Mg N of the main products (milk, meat & wool) are obtained for 1 Mg of manure nitrogen production. According to the level of output of the main products relative to by-products, the livestock systems are in the following ranked order: cattle farming – 0.15 Mg N of milk and live weight gain per 1 Mg manure nitrogen production («Borozenske» APC); pig farming – 0.43 Mg N of live weight gain per 1 Mg N excreted («Agroprime-Holding» LLC, «Freedom Farm Bacon» LLC & «Bakhmut Agrarian Union» LLC) and broiler farming – 0.78 Mg N of live weight gain, respectively («Complex Agromars» LLC).

The nitrogen balance in the soil-plant system reflects the level of load on the soil and the intensity of use of its nutrients (Fig. 1).

Table 2. Nitrogen input flows from mineral & organic fertilizers, sowing and planting material, biofixation, atmospheric deposition, mineralization of crop residues and imports of fodder for livestock

Name of the livestock farm	Input of nitrogen in the soil, Mg								Import N of fodder for livestock, Mg
	N input of mineral fertilizers	*N input of organic fertilizers	N input of seeds	Biological N fixation	Atmospheric N deposition	N input of crop residues	Total N input		
							Mg/yr	kg/ha/yr	
«Agroprime Holding» LLC	2180.3	20.5	41.2	163.1	78.7	375.5	2859.4	127.2	194.7
«Borozenske» APC	336.4	11.0	14.3	46.3	24.2	120.3	552.4	80.0	58.1
«Freedom Farm Bacon» LLC	–	–	–	–	–	–	–	–	585.5
«Bakhmut Agrarian Union» LLC	–	–	–	–	–	–	–	–	1402.6
«Complex Agromars» LLC	–	–	–	–	–	–	–	–	7358.7

Note: * Nitrogen excreted by animals in the previous year, taking into account the emission of N from the manure management systems and agricultural land.

Table 3. N outputs with agricultural crop & livestock production

Name of the livestock farm	N outputs with agricultural crop & livestock products, Mg						
	N output with grain		N output with milk, meat & wool		Total N outputs		
	produced	sold	produced	sold	produced	sold	
«Agroprime Holding» LLC	2002.7	1831.1	108.3	103.2	2111.0	1934.3	
«Borozenske» APC	392.0	314.0	17.8	18.8	386.6	332.8	
«Freedom Farm Bacon» LLC	–	–	122.5	122.3	122.5	122.3	
«Bakhmut Agrarian Union» LLC	–	–	415.8	415.6	415.8	415.6	
«Complex Agromars» LLC	–	–	3228.8	3272.0	3228.8	3272.0	

Table 4. N outputs with crop residues & manure nitrogen production

Name of the livestock farm	N outputs with by-products, Mg			The ratio of N outputs with the main products to N by-products	
	N crop residues	N excretion	Total outputs N	Crop production	Livestock
«Agroprime Holding» LLC	1805.4	260.5	2065.9	1.11:1	0.42:1
«Borozenske» APC	368.8	115.6	484.4	1.06:1	0.15:1
«Freedom Farm Bacon» LLC	–	275.4	275.4	–	0.44:1
«Bakhmut Agrarian Union» LLC	–	986.9	986.9	–	0.42:1
«Complex Agromars» LLC	–	–	–	–	0.78:1

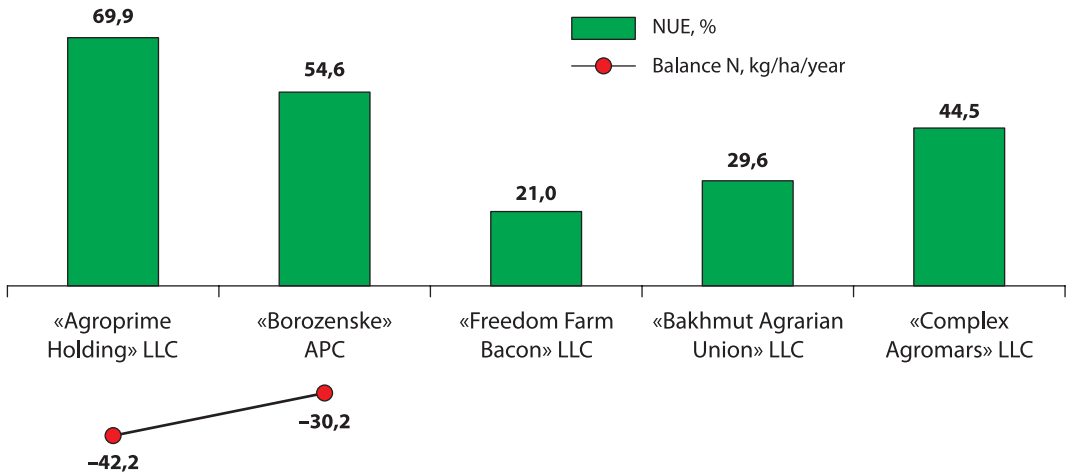


Fig. 1. Nitrogen utilization efficiency of the farm (NUE_{farm}) and nitrogen balance in the soil-plant system

The nitrogen balance in the soil-plant system is the difference between the input flows of N in the soil and the output flows of N with the crop production, taking into account the emission of Nr from agricultural lands.

The crop-animal livestock systems («Agroprime-Holding» LLC and «Borozenske» APC) have a negative nitrogen balance in crop production from -30.2 to -42.2 kg N/ha/year, this means that much more nutrients are removed from the soil than are received there.

The NUE_{farm} reflects the efficiency of the use N of soil and imported fodder with the sold crop and livestock production, taking into account the emission of Nr from agricultural land.

It was established that the NUE_{farm} is 21.0–69.9% on the investigated farms, i.e., such amount of soil nutrients and imported feed in nitrogen equivalent was deposited in the sold products, and the rest of N was deposited in by-products (crop residues & manure). Thus, the higher the farm's NUE, the more efficient the production, but it is necessary to take into account the livestock production systems. In crop-animal livestock production systems (Agroprime Holding LLC and Borozenske APC) the NUE is higher (on average -62.3%) compared to landless indus-

trial systems (Freedom Farm Bacon LLC, «Bakhmut Agrarian Union» LLC, «Agromars» LLC) (NUE on average -31.7%) due to the sale of agricultural crops.

Among landless industrial systems, the broiler chickens farming has a higher NUE – 44.5% than the pig farming – 25.3%, which is related to the different physiological ability of broiler chickens and pigs to transform the nutrients of the ration into meat products.

Manure without special treatment is a source of NH_3 emissions due to ammonification, which is why, taking into account the current volumes of animal food production in the world, the livestock sector is considered the main source of NH_3 emissions in the agricultural sector [8].

Fig. 2 shows the level of anthropogenic load on the natural environment from the activities of the livestock production systems as a result of Nr emissions from manure management systems and agricultural land.

In mixed livestock systems («Agroprime-Holding» LLP and «Borozenske» APC), the indicated quantitative losses of Nr from agricultural sources must be taken into account when planning the application of mineral and organic fertilizers and plowing plant residues into the soil with the aim of balanced use of nutrients in the soil-plant system.

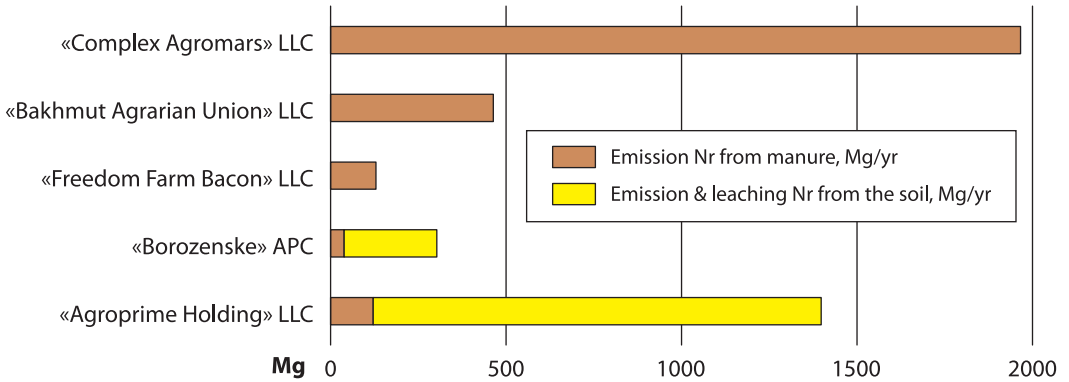


Fig. 2. Emission and leaching of Nr from manure management systems and agricultural lands

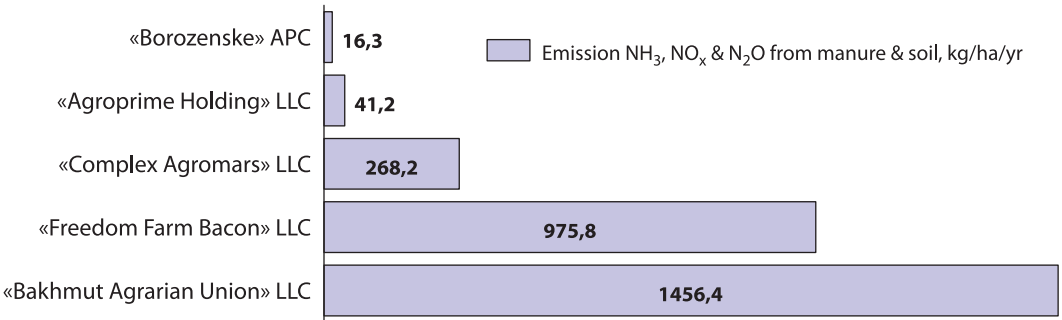


Fig. 3. Emission of NH₃, NO_x and N₂O from manure management systems and agricultural land per 1 ha of land area

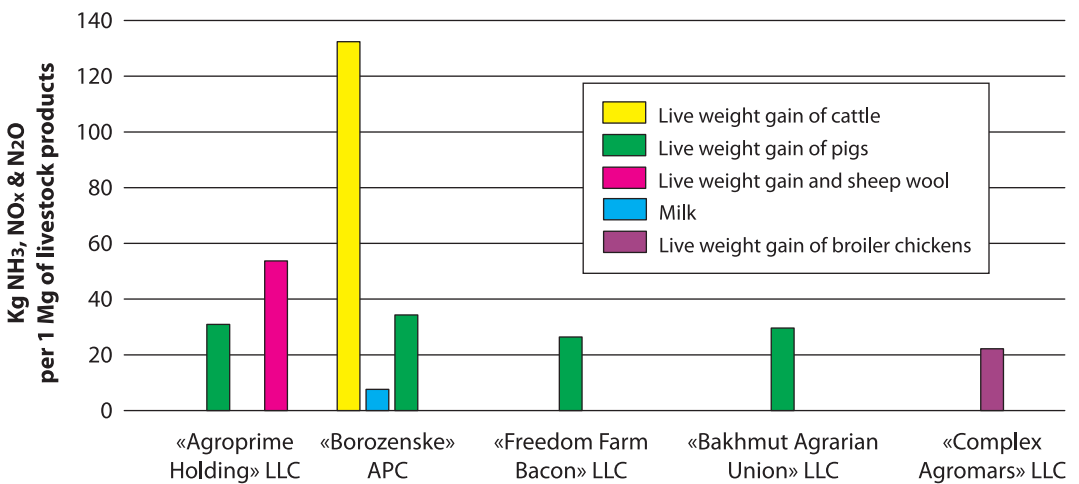


Fig. 4. Emission of NH₃, NO_x and N₂O from manure management systems per 1 Mg of livestock products

It is obvious that the largest local air pollution is caused by large poultry and pig farms («Bakhmut Agrarian Union», «Freedom Farm Bacon» LLC and «Complex Agromars» LLC), which have the highest density of livestock per unit area of agricultural land (Fig. 3).

The share of greenhouse gas – N₂O in the total emissions from agricultural land is 76–85%, and in the total emissions from manure management systems of the studied farms – within 5%.

It was established that 132.4 kg of NH₃, NO_x and N₂O are emitted for 1 Mg of live weight gain of calves; 7.6 kg of NH₃, NO_x and N₂O per 1 Mg of produced cow's milk; 30.3 kg of NH₃, NO_x and N₂O per 1 Mg of live weight gain of pigs (on average); 22.2 kg of NH₃, NO_x and N₂O per 1 Mg of live weight gain of broiler chickens; 53.7 kg of NH₃, NO_x and N₂O per 1 Mg of produced live weight and wool of sheep (Fig. 4).

CONCLUSIONS

1. The obtained results show the expediency of modeling the nitrogen budget of livestock production systems in Ukraine for the comparative assessment of their anthro-

pogenic load and the efficiency of nutrient use.

2. The main factors affecting the balance of N, NUE_{farm} and Nr loss in livestock systems are specialization of the farm; the level of application of organic and mineral fertilizers into the soil in relation to the yield of crops; the level of reproduction and productivity of animals per unit of feed consumption; available by-product management systems and volumes of product sales (exports).

3. The livestock production systems cause a significant anthropogenic load on the natural environment – intensive soil load (average –30.2 to –42.2 kg N/ha/year) and high rates of NH₃ and greenhouse gas emissions from manure management systems and agricultural land (16.3–1456.4 kg/ha/year).

4. The determined indicators of the N balance in the soil-plant system, NUE_{farm} and Nr loss in combination with other agroecological indicators should be used to assess the effectiveness of the implementation of measures to improve technology at the enterprise in order to increase the efficiency of the use of nutrients and reduce the anthropogenic load on the natural environment.

ЛІТЕРАТУРА

- Moklyachuk L., Furdychko O., Pinchuk V. et al. Nitrogen balance of crop production in Ukraine. *Journal of Environmental Management*. 2019. № 246. P. 860–867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.108>.
- Пінчук В.О., Бородай В.П. Використання азоту у галузі тваринництва України. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 4. С. 132–139.
- Methodology and Handbook Eurostat. OECD Nutrient Budgets, 2013. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf.
- Draft decision on adoption of guidance document on national nitrogen budgets. ECE/EB.AIR/2012/L.8. URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_2012_L8_Draft_decision_on_adoption_of_guidance_document_on_national_nitrogen_budgets_GP.pdf.
- Jin Xinpeng, Zhang Nannan, Zhao Zhanqing et al. Nitrogen budgets of contrasting crop-livestock systems in China. *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 288. P. 117633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117633>.
- Rufino M.C., Brandt P., Herrero M. and Butterbach-Bahl K. Reducing uncertainty in nitrogen budgets for African livestock systems. *Environmental Research Letters*. 2014. № 9. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105008>.
- Cellier P., Rochette P., Durand P. et al. Contribution of livestock farming systems to the nitrogen cascade and consequences for farming regions. *Advances in Animal Biosciences*. 2014. Vol. 5. Is. 1. P. 8–19. DOI: <https://doi.org/10.1017/S2040470014000259>.
- Guidance document for the prevention and abate of ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120. United Nations, 2014. 100 p. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf.
- Палапа Н.В., Пронь Н.Б., Устименко О.В. Промислове тваринництво: еколого-економічні наслідки. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 3. С. 64–67.
- Про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення): Директива Європейського парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24.11.2010 р. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/%202010_75_%D0%84%D0%A1.pdf.
- Oenema O. Nitrogen budgets and losses in livestock systems. *International Congress Series*. 2006. Vol. 1293.

- P. 262–271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.02.040>.
12. Пінчук В.О., Бородай В.П. Методичні рекомендації з належної сільськогосподарської практики

щодо скорочення втрат нітрогену у сільському господарстві / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2020. 47 с.

REFERENCES

1. Moklyachuk, L., Furdychko, O., Pinchuk, V. et al. (2019). Nitrogen balance of crop production in Ukraine. *Journal of Environmental Management*, 246, 860–867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.108> [in English].
2. Pinchuk, V.O. & Borodai, V.P. (2017). Vykorystannia azotu u haluzi tvarynnytstva Ukrainy [Using of nitrogen in the livestock industry of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 4, 132–139 [in Ukrainian].
3. Methodology and Handbook Eurostat. OECD Nutrient Budgets, 2013. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf [in English].
4. Draft decision on adoption of guidance document on national nitrogen budgets. ECE/EB.AIR/2012/L.8. URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_2012_L8_Draft_decision_on_adoption_of_guidance_document_on_national_nitrogen_budgets_GP.pdf [in English].
5. Jin, Xinpeng, Zhang, Nannan, Zhao, Zhanqing et al. (2021). Nitrogen budgets of contrasting crop-livestock systems in China. *Environmental Pollution*, 288, 117633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117633> [in English].
6. Rufino, M.C., Brandt, P., Herrero, M. & Butterbach-Bahl, K. (2014). Reducing uncertainty in nitrogen budgets for African livestock systems. *Environmental Research Letters*, 9. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105008> [in English].
7. Cellier, P., Rochette, P., Durand, P. et al. (2014). Contribution of livestock farming systems to the nitrogen cascade and consequences for farming regions. *Advances in Animal Biosciences*, 5 (1), 8–19. DOI: <https://doi.org/10.1017/S2040470014000259> [in English].
8. Guidance document for the prevention and abate of ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120. United Nations, 2014. 100 p. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf [in English].
9. Palapa, N.V., Pron, N.B. & Ustyenko, O.V. (2016). Promyslove tvarynnytstvo: ekolooho-ekonomichni naslidky [Industrial animal husbandry: ecological and economic consequences]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 3, 64–67 [in Ukrainian].
10. Pro promyslovi vykydy (intehrovane zapobihannia ta kontrol zabrudnennia): Dyrektyva Yevropeiskoho parlamentu i Rady 2010/75/ES vid 24 lystopada 2010 p [On industrial emissions (integrated prevention and control of pollution): Directive of the European Parliament and the Council 2010/75/EU dated 24 November 2010]. (2010). URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEE1/%202010_75_%D0%84%D0%A1.pdf [in Ukrainian].
11. Oenema, O. (2006). Nitrogen budgets and losses in livestock systems. *International Congress Series*, 1293, 262–271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.02.040> [in English].
12. Pinchuk, V.O., Borodai, V.P. & Furdychka, O.I. (Ed.). (2020). *Metodychni rekomendatsii z nalezhnoi silskohospodarskoi praktyky shchodo skorochennia vtrat nitroheni u silskomu hospodarstvi [Methodical recommendations on good agricultural practices for reducing nitrogen losses in agriculture]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 13.10.2022

СУКУПНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

О.О. Григорян

*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
(м. Харків, Україна)*

e-mail: Aleksandra.gry.jee@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9530-6042

Актуальність дослідження зумовлена потребою у створенні комплексного підходу для розвитку економіки України. Визначається не тільки необхідністю вирішення локальних завдань із вдосконалення окремих елементів економічної системи, але і потребою у створенні комплексного механізму впровадження інновацій суб'єктами господарювання. Результати теоретичних досліджень і практичного досвіду пов'язаних із розробкою механізму впровадження інновацій. У зв'язку з цим ця стаття спрямована на виявлення елементів механізму впровадження інновацій. Провідним методом дослідження цієї проблеми є метод систематизації та аналізу даних теоретичних досліджень, який дає можливість комплексно розкрити сутність і необхідність впровадження інновацій. У статті представлено різноманітність підходу до механізму впровадження інновацій вченими теоретиками українськими, закордонними, розкрито поняття інновацій, механізм впровадження, обґрунтовано необхідність вдосконалення механізму впровадження інновацій суб'єктами господарювання. Сьогодні кожна організація країни працює в умовах нестабільності та невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища і, відповідно в умовах ризику. Суб'єкти господарювання в процесі досягнення своїх цілей стикаються з відповідними ризиками щодня. Організація зазначає, який результат вона сподівається отримати; цей результат є відправною точкою формування портфелю стратегічних напрямів її розвитку. Нові стратегічні ініціативи здатні відкрити привабливі можливості. Для ґрунтового дослідження ролі впровадження інноваційного механізму для розвитку національної економіки за сучасних умов необхідно простежити етапи цього феномена. Матеріали статті становлять практичну цінність для тих, хто цікавиться економікою на мікрорівні, хто розширяє свої знання в цій галузі. Ця тема дуже важлива, тому що інновації відіграють важливу роль у розвитку кожної компанії, інновації впливають на ефективність роботи підприємств, діяльність підприємств позначається на розвитку економіки. Дослідження спрямовано на успіх та розвиток економіки України.

Ключові слова: *інвестиції, розвиток, механізм впровадження інновацій суб'єктами господарювання, раціоналізаторська пропозиція, характеристика інновацій.*

ВСТУП

Сучасне суспільство називають інформаційним, іноді постіндустріальним, яке супроводжується системними змінами і являє собою складну ієрархічну систему взаємовідносин органів управління, видів економічної діяльності, підприємств і членів суспільства. Управління постіндустріальним суспільством неможливе без глибокого вивчення та адаптації до нових умов.

Є припущення, що економіка України в 2022 р. наразі перебуває у кризовому стані через військові дії. Найоптимальнішим є

системний підхід в управлінні інноваційною діяльністю, який забезпечить стабільний розвиток економіки та швидку адаптацію до змін світового ринку. Інноваційна діяльність підприємства за своєю економічною природою має комплексний характер, інструментом стратегічного управління є інновації, які охоплюють сфери виробничої, фінансової, інвестиційної діяльності, які впливають на окремі фактори мікросередовища, викликають зміни в усіх перерахованих галузях.

Поставлено такі завдання: дослідити та виявити взаємозв'язок в оцінці наукових підходів у визначенні терміна «інновація»;

розкрити сутність та взаємозв'язок понять новизна, інновація; розгляд інноваційного потенціалу України в особливих умовах 2022 р.; уточнити понятійний апарат, види та характеристики, місце України на світовому ринку за показниками продуктивності праці та технологічними можливостями.

Мета дослідження статті — поглиблення теоретико-методичних засад щодо вдосконалення економічного механізму стимулювання інноваційної діяльності в умовах перебудови світової та національної економік, конкурентоспроможних промислових підприємств, які перебувають у складних життєвих обставинах, де є обмеження власних фінансових ресурсів, висока вартість залучених коштів та ризиковий характер інноваційної діяльності підприємств, що стримує розвиток у зв'язку з війною.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Україна — автохтонна держава, населена постійними корінними жителями, які утвердилися в процесі еволюційного розвитку. Основними недоліками економічного потенціалу України порівняно з країнами Німеччини, Франції, Великої Британії та Італії є низька ефективність виробництва, технологічна відсталість, мала продуктивність праці, наслідки ковіду та ведення військових дій.

Авторка підтримує думку про те, що поширення інновацій у XXI ст. є вирішальними чинниками розвитку світової економіки. Необхідно постійно знаходити і постійно впроваджувати інновації в практику. Сучасна економіка стає динамічною і потребує інновацій, де існує ринкова конкуренція в країнах, тому вона стає глобальною.

Публікації українських вчених висвітлюють системний підхід до впровадження інновацій на суб'єктах господарювання, особливо це проявляється в 2020–2022 рр. у роботах таких дослідників, як О.С. Літвінов, С.М. Капталан [1], О.М. Колодізев [2], О.С. Мороз [3], Н.М. Внукова [4; 5], О.М. Ястремська [6], Л.Л. Антонюк [7].

Вчені Літвінов О.С., Капталан С.М. [1] у сучасній економіці «вважають інновації головним елементом сучасних технологій». Технологія є важливим чинником, що стоїть за всім, як обсяг знань, що використовується в процесі виробництва та обробки товарів і послуг. Вона включає триєдність таких концепцій, як «технологія процесу», «технологія продукту» і «технологія управління», та базується на методах і прийомах послідовності операцій і процедур».

О.М. Колодізев [2] досліджує «проблематику» системи фінансового стимулювання інноваційної діяльності на використанні різноманітних інструментів, які розроблені з метою підтримки та найефективнішого фінансування найбільш технологічних секторів економіки України.

О.С. Мороз [3] пропонує такий механізм управління інноваційною діяльністю, який охоплює всі питання виробничої, комерційної, науково-постачальницької діяльності суб'єкта господарювання, забезпечуючи збалансований розвиток складових інноваційного розвитку підприємства.

Внукова Н.М. досліджує і розробляє теоретичні положення та практичні рекомендації щодо розвитку інновацій у суспільстві через зацікавленість Google Trends та Decision Making Helper [4; 5]. Пошукова система Google Trends надає широкі можливості для визначення рівня зацікавленості користувачів основними тенденціями розвитку економіки держави та сфери суспільного життя. Дослідження свідчать, що в інноваційній діяльності переважає англійська складова інноваційно-орієнтованих змін. Термін інноваційність не є затребуваним, пошукові системи не ототожнюють поняття стартапів та інновацій, оскільки стартапи вважаються швидше проектами, що швидко розвиваються, а не інноваційними. Це гальмує інтерес до стартапів.

О.М. Ястремська [6] розробляє методологічний підхід до модернізації інноваційної політики підприємства, проводить деталізацію схеми механізму управління розвитком та місцем інновацій у цій системі промислових підприємств.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У статті використано різні методи дослідження, серед яких аналіз та синтез — за вивчення теоретичної основи в інноваційній діяльності, де вказаний вагомий доробок у працях українських вчених, які досліджують особливості інноваційної модернізації, що простежуються в постіндустріальному суспільстві. Було також з'ясовано етапи інноваційного процесу, який дає можливість комплексно розкрити сутність та необхідність впровадження інновацій.

Авторка цього дослідження аналізує актуальні проблеми інноваційного розвитку, які потребують нагального вирішення в ситуації, де має місце порушення стабільності економічної системи в інноваційній сфері саме через нестачу в національній економіці факторів миру, кваліфікованих трудових ресурсів та фінансових ресурсів розвитку. Дослідниця здійснює синтез досліджень законодавчої бази, наукових праць українських вчених, що дає змогу зробити узагальнювальний висновок щодо необхідності впровадження інновацій як рушійної сили прогресу.

Інноваційний розвиток слід розуміти як процес господарювання, що спирається на безупинне пошуку і використанню нових пошуків і сфер реалізації потенціалу підприємства у змінних умовах зовнішнього та внутрішнього середовища.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Ресурсний аспект складається з економічного потенціалу підприємств, матеріально-трудового, фінансового, який організації мають у своєму розпорядженні для виконання запланованих робіт і послуг. Ступінь розвитку економічного потенціалу підприємства за обсягом і якістю виробничо-фінансових ресурсів (фінансовий стан підприємства, ступінь поточної платіжної спроможності, рівень заборгованості, ступінь кредитоспроможності), нематеріальні фонди, чисельність персоналу (професійні можливості в різних сферах виробництва та рівень управління), скла-

дові основного виробництва і оборотних коштів і матеріальні запаси, використання патентів, ліцензій, технологій, інформації.

Інноваційну діяльність промислових підприємств, що забезпечує його інноваційний розвиток і потребує формування та використання інтелектуальних засобів, запропоновано оцінювати за трьома основними характеристиками:

Наявність реалізованих інновацій та їх динаміка, галузеві, вартісні та результативні характеристики (кількісні).

Ступінь участі підприємства в розвитку партнерських інновацій, інноваційного співробітництва (якісна характеристика).

Основними причинами відсутності інноваційної активності на підприємствах є внутрішні та зовнішні перешкоди, обмеження (якісні характеристики) [7].

Оскільки Л.Л. Антонюк [7] доводить, що інноваційні технології є основою прискорення формування інноваційної економічної моделі розвитку країни з обґрунтуванням напрямів вдосконалення цих механізмів та технологій. Тому вчений вважає, що політичні, ідеологічні, економічні відносини тісно пов'язані між собою.

Дослідниця підтримує думку О.М. Колодізева [2], що для ефективного функціонування системи інноваційного розвитку економіки України необхідно обґрунтовано визначити ключові орієнтири, такі як проблеми вибору оптимальної структури механізму інноваційного впливу, яка включає державні суб'єкти господарювання, ринки, страхування, фінансового стимулювання.

О.М. Ястремська [6] досліджувала динамічні здібності, які відіграють важливу роль у забезпеченні конкурентних переваг підприємства, оскільки сучасний стан навколишнього середовища відрізняється нестабільним характером і потребує від суб'єктів господарювання високого динамічного креативного забезпечення.

Авторка статті згодна з цією думкою і вважає, що суб'єкти господарювання повинні швидко реагувати на зміни у зовнішньому середовищі і забезпечувати стабільний рівень інноваційної діяльності підприємства.

Проаналізувавши питання ставлення та розвитку інноваційної діяльності, де вчені приділяють значну увагу різним аспектам інноваційної сфери, інновація є кінцевим результатом інноваційної діяльності, який використовується в практичній діяльності підприємства і потребує подальшого ретельного дослідження.

Економісти-науковці швидко реагують на зміни у світі та на ринку, розрізняють етапи безпечних і небезпечних часів в історії людства, прогнозують кризи та формують моделі подолання їх наслідків, які окреслюють нові реалії епохи, в якій перебуває світова економіка. Світова економічна криза не оминула й Україну та загострила нові проблеми: пандемію, військові дії на території держави, безробіття, екологічні загрози. Однією з причин відставання економіки України від світових тенденцій є втрата довіри населення до всіх інститутів, криза довіри до банківської діяльності. Це призводить до того, що значні грошові кошти населення можна інвестувати лише з надзвичайно високими швидкими доходами, а не вивозити за кордон. Військові дії — це реальна небезпека екологічної катастрофи, яка загрожує існуванню цивілізації, це несе загрози деструктивні процеси для бізнесу та життєдіяльності людей. Тому ми шукаємо моделі як еволюційно прогресивний процес, у результаті якого відбуватимуться кількісні та якісні зміни в житті нашого суспільства, що приведе до відновлення видів бізнесу, товарів і послуг, покращання якості життя людей, економічного розвитку країни.

Проаналізувавши різні визначення інновацій та етапи їх становлення, можна констатувати, що інновації мають провідне значення для економічного та соціального розвитку держави. Дослідженню різноманітних аспектів інноваційної сфери приділяють увагу іноземні та вітчизняні науковці, однак вона потребує подальшого ґрунтовного вивчення та корекції причин, що відбуваються у період з 2020 по 2022 рр., таких як пандемія, введення воєнного стану на території України, наслідки окупації території, коли будується інклюзивне суспільство.

Згідно з даними Всесвітнього економічного форуму в *Global Competitiveness Report 2017–2018*, Україна посіла 81 місце серед 137 досліджуваних країн, піднявшись на чотири позиції. За складовими показниками, що характеризують ефективність ринків, серед 137 країн 120 місце — за ефективністю фінансових ринків і 86 — за ефективністю ринку праці. Готовність до адаптації технологій та інновацій оцінюється на рівні 81 місця, «Ринкові інститути» — 118 місце, а розвиток бізнесу — 90 [8].

Міжнародний валютний фонд прогнозує на 2022 р. падіння ВВП на 35%. За даними НБУ, за січень–березень 2022 р. населення втратило 160 млн грн, рівень інфляції у жовтні сягав 102,5%. Ці перелічені фактори серйозно стримують економічну активність упродовж багатьох років [9]. Як зазначають експерти, у визначенні загальних потреб інвестиції є комплексною програмою.

Важливим показником соціально-економічного розвитку країни виступає рівень благоустрою населення. Якщо цей рівень погіршується, то життя різних категорій громадян також знижується. Для швидкого реагування в суспільстві важливе місце посідають соціальні інновації. Особливий інтерес виявляється в кризових ситуаціях. У поєднанні з такими чинниками, як демографічне старіння населення, з незначною кількістю власних сировинних ресурсів, військовими діями, зменшенням кваліфікованих працівників намічається тенденція, яка істотно може вплинути на конкурентоспроможність українського виробництва.

Проблеми політики, економіки та суспільства не розглядаються всупереч питанням інклюзивної освіти. Ринкова економіка змушена використовувати широкий доступ до освіти, щоб формувати затребуваний тип індивідів із необхідними освітніми навиками. Інклюзивні ринки стають рушіями процвітання та починають розквітати на користь усім прошкарам освіти, якщо вони спираються на технологічне вдосконалення та широкий доступ до освіти. Революційний потенціал інновацій,

які безперервно виштовхують недосконалі підходи за межі ринку споживача, де спрацьовує у сфері технологій, способів виробництва у просторі перетворень, нововведень ринку світу. Сучасна економіка як ніколи раніше, прагне бути інклюзивною. Проведено дослідження, згідно з якими інновації та інклюзивність містяться в основі відновлення економіки, а етнічна різноманітність корелюється з більш імовірною успішністю, що виступає важливою конкурентною перевагою, яка дає можливість людям як проявити себе, так і згуртуватися в команді [10–12].

Щоб розв'язати проблему якісної освіти були спрямовані зусилля урядів усіх країн світу та наддержавних інститутів щодо таких питань: недостатності цифрових навиків із метою забезпечення готовності громадян до життя та роботи в нових умовах. У 20 найбільших країнах витіснено новими технологіями робочі місця — 75 млн, а можуть створити — 133 млн [13].

Відповідно до індексу інноваційного розвитку, представленого агентством Bloomberg у 2018 р., Україна посідає 53 місце серед 60 досліджуваних держав, також наша країна є найгіршою за продуктивністю праці — 60 місце, що свідчить про низький рівень застосованих технологій та виробництва товарів із низькою доданою вартістю. Наша держава потрапила до трійки аутсайдерів за технологічними можливостями (58 місце), 54 — за рівнем витрат на дослідження та розробки у валовому та внутрішньому продукті, зберігає 28 місце за ефективністю вищої освіти та 35 — за патентною активністю, має потенціал до розвитку [8].

Інноваційне табло ЄС віднесло державу до групи «Інноватор, що формується», а проведений покомпонентний аналіз свідчить, що Україна має значні нереалізовані можливості в інноваційному розвитку, особливо щодо комерціалізації нововведень і у сфері захисту прав на інтелектуальну власність. До переваг відносимо зручне географічне положення, ємний ринок, наявність поглибленої та всебічної зони вільної торгівлі між Україною та ЄС,

відносно високий рівень розвитку людського потенціалу [8].

Головне завдання формування інноваційної системи України полягає в тому, щоб після завершення військових дій, стабілізації економічного становища, приєднання до основних стратегічних альянсів країн ЄС та НАТО, сформувані нові підприємницькі механізми, що забезпечують надходження інвестицій для розвитку інновацій, своєчасно співпрацювати — учбовий заклад — «з бізнесом і владою і будуть здатні поступово, по спіралі підняти національну інноваційну систему на більш високий рівень розвитку» [8].

В умовах нестабільності, невизначеності суб'єкти господарювання стикаються з ризиком щодня — доходи, які вони можуть отримати, прояв ризику, на який вони погодяться і врахують у процесі своєї діяльності. Організація зазначає, який результат сподівається отримати, цей результат є відправною точкою формування портфелю стратегічних напрямів розвитку. В статті важливим є інформація про ризик у досягненні цілей, вихід на ринок. Для цього використовується інформація, яка дає змогу встановити баланс між бажаним результатом, безпекою, інклюзивною освітою.

У сучасних глобальних умовах розвитку держави необхідно оцінити вплив інформаційного менеджменту на регулювання економічних систем та їх стан. Інноваційні підходи та пошук вдосконалення сфер регулювання та заходів впливу спрямовані на розвиток систем фінансової та екологічної безпеки.

Інноваційна діяльність через розвиток цифрових технологій реалізується регулюванням господарської діяльності у сфері Індустрії 4.0. Розвиток «інтелектуальних» виробництв дає можливість швидко та якісно змінюватися за короткий проміжок часу, доводять вчені значення інноваційних кластерів про їх виключно необхідність та їх включення в національну економіку [4; 5].

Недосконалість ринкової економіки та кризові явища сприяли створенню негативних умов для розповсюдження та акти-

візації економічної злочинності, де дедалі більше компаній несуть збитки в різних сферах діяльності. Як наслідок, ведеться підрив економік країни, і потребує застосування необхідних заходів щодо протидії шахрайству. Згідно з дослідженням World Economic Crimes Review за 2020 р., кожна друга організація у світі — 47% за останні 2 роки зіштовхувалась з різними видами шахрайства: шахрайства клієнтів — 35%, кіберзлочини — 34, привласнення активів — 31, хабарництво та корупція — 30%. За 20 років втрати від шахрайства становлять 42 млрд дол. у 99 країн. Реформування системи фінансового моніторингу, запровадження адаптаційних механізмів у сфері державного регулювання, що зумовлено необхідністю зростаючих потреб суспільства у захисті спрямовано на відповідність європейським стандартам [4; 5].

Розвиток конкурентоспроможної економіки залежить від інноваційної активності її суб'єктів. Інноваційна діяльність реалізується через інноваційні процеси. Ризик є основною умовою інноваційного процесу, оскільки будь-яка інновація містить певну невизначеність. Цю діяльність покликано фінансувати венчурні (ризикові) фонди. Вітчизняні венчурні фонди належать до такого виду бізнесу, який забезпечує оптимізацію управління витратами завдяки звільненню від сплати податку на прибуток, надають перевагу вкладенням у традиційні, надійні проекти (наприклад, будівництво, торгівля), що забезпечують швидку окупність, а більшість інноваційних проектів починають давати прибуток через 5–10 років після впровадження. І лише деякі забезпечують значні доходи [14].

Цифрова економіка розвивається в Україні з урахуванням досвіду економічних держав і передбачає регулювання господарської діяльності щодо застосування технологій [4].

Закон України «Про інноваційну діяльність» [15] відрізняється у частині стимулювання підприємств, які комерціалізують новачки з аналогічним європейським законодавством у частині стимулювання підприємств. На інноваційну діяльність у

країнах Європейського Союзу, на відміну від України, не передбачені пільги, за винятком однієї — у всіх країнах страхують інноваційні ризики, а Велика Британія — страхує 80% ризиків. Українське законодавство не передбачає страхування інновацій, що негативно відображається на розвитку інноваційної діяльності [16]. На стадії розробки «Геніальної ідеї» венчурні компанії України практично ніколи не вкладають гроші — це ризиковано, а вступають у проект, коли є експериментальна модель і складений бізнес-план. Українські дослідники вважають, що на початкових стадіях, інновації мають фінансуватися державою. Плюси і мінуси характерні на етапі, де є значний відрив темпів розвитку науки і техніки над темпами виробництва. Переваги характеризуються вибором можливостей вирішення виробничих завдань, недоліки полягають у великому масиві інформації, де потрібно обрати оптимальне рішення. Задачу вибору у розвинутих країнах вирішують через організацію конкурсів науково-технічних проектів, де є конкуренція у стадії інновації.

НТП (науково-технічний прогрес) полягає в системі «наука–техніка–виробництво», де є циклічність у генерації наукових ідей, створення і впровадження у науково-технічний процес. Науково-дослідні розробки передбачають виробництво наукового знання, нових технологій, вирішення соціально-економічних, технічних задач, що здійснюються через створення нових або удосконалення існуючих виробів та технологічних процесів [17].

Для досягнення цілей, що можуть бути альтернативними, обґрунтування обсягів фінансових і людських ресурсів за сформованими критеріями для реалізації програми з чинним планом розвитку підприємства, яке впроваджує інновацію на відповідний визначальний термін для отримання капіталу, збагачення, економіки країни [6].

Технологія виробництва є другою характеристикою інноваційних процесів, яку визначають як результат інтелектуальної діяльності та сукупність знань наукових,

технічних, організаційних щодо виконання операцій процесу виробництва, реалізації та зберігання продукції [18].

Організація виробництва — третя характеристика інноваційного процесу, що являє собою систему управлінських, логістичних, інформаційних функцій.

Основними поняттями інновацій на підприємстві на макrorівні відкривається декілька різних підходів до їх визначення. Інновація — «це нове явище, новаторство або будь-яка зміна, яка вноситься суб'єктів господарювання у діяльність із метою підвищення своєї конкурентоспроможності, як на внутрішньому, та і на зовнішньому ринках» [7].

Інновації — «використання нових ідей, науково-технічних розробок та будь-яких нових творчих досягнень з метою отримання більш значущих ефективних і корисних результатів в інтересах людини і суспільства в цілому» [14].

«Інновації — новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери» [15].

На сьогодні є радикальним та комплексним вплив інноваційного чинника на підприємстві. Особливо виділяють серед

проблеми управління технологічно-інноваційним розвитком на підприємстві, зумовлюються непередбачуваністю економічної ситуації та вимагають розроблення механізму управління впровадженням технологічних інновацій.

«Інноваційна діяльність — вид діяльності суб'єктів господарювання, спрямований на появу нових або вдосконалених рішень, оформлених в інноваціях» [20].

«Інноваційна діяльність — це діяльність, спрямована на оновлення існуючого, створення та використання нового конкурентоспроможного продукту (товару, технології, способу виробництва) з метою більш повного задоволення суспільних потреб (підвищення продуктивності праці, якості продукції, зниження її собівартості)» [21].

У Законі України [15] визначено «діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок та зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг».

Комерціалізація є ефективним завершенням інноваційного процесу, де на ринок виходить інноваційний продукт (інновація). Основна ознака інноваційного продукту є його конкурентоспроможність, що підтверджується підвищенням попиту на ринку, завдяки якісним ціновим та іміджевим характеристикам. На рис. 1 пред-

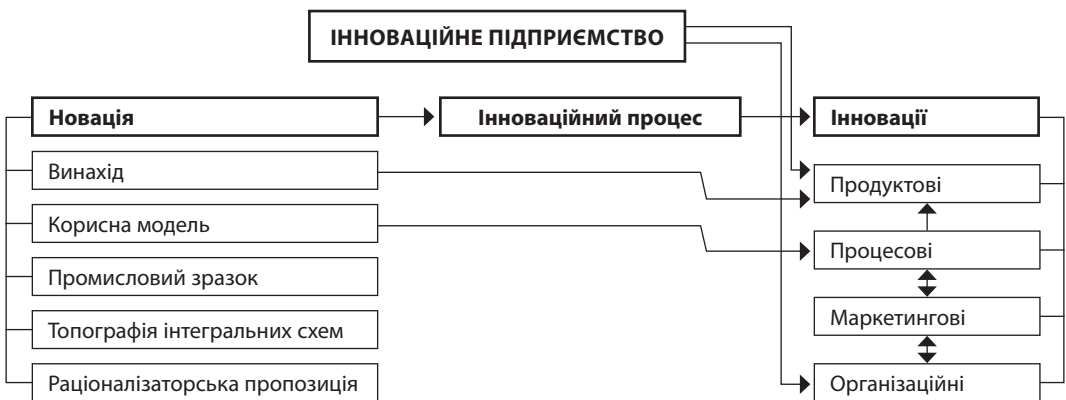


Рис. 1. Види інновацій та нововведення в промисловості

Примітка: побудовано автором на основі даних [22; 23].

ставлена класифікація складових інноваційного процесу у промисловості.

Винахід у промисловості є різновидом новацій, якому мають бути властиві промислова придатність, новизна і винахідницький рівень. Процес (спосіб, продукт, застосування нового продукту чи процесу за новим призначенням) відносять до нового винаходу.

Корисна модель (малим винаходом) іноді називають корисну модель, як об'єкт промислових новацій, є близькою до винаходу. Об'єктами як винаходу, так і корисної моделі виступають продукт, культура рослин, тварин і продукт, пристрій, речовина, штамп мікроорганізму тощо; процес (спосіб), а також нове застосування нового продукту чи процесу.

Закон України «Про охорону прав на винаходи корисні моделі» [24] в ст. 6 передбачає перелік об'єктів, що не можуть одержати правову охорону як корисні моделі. Промисловий зразок — це результат творчої діяльності людини в галузі художнього конструювання. Якщо винахід і корисна модель є технічними (технологіч-

ними) рішеннями, то промисловий зразок є дизайнерським рішенням. Корисна модель відрізняється від винаходу тим, що їй притаманні дві характеристики: новизна та промислова придатність.

Художнє конструювання (дизайн) — вид художньої діяльності, з проектування промислових виробів, які мають естетичні властивості [25].

Раціоналізаторська пропозиція — це локальна місцева новація підприємства, є корисною для підприємства, в якому вона подана, якщо її використання дає змогу підвищити економічну ефективність. Якщо пропозиція знижує надійність та інші показники якості продукції або погіршують умови праці, або збільшують рівень забруднення природнього навколишнього середовища — об'єкти не визнаються промисловими раціоналізаторськими.

У 2019 р. найбільші видатки на інновації становили 14 220,9 млн грн, найменші — 12 180,1 млн грн.

Переважно фінансування інноваційної діяльності відбувалося у вигляді саме фінансування, незначна кількість обсягів фінансування з бюджету, отримання коштів у вигляді іноземних інвестицій має несистемний характер. Досліджуючи технологічно розвинені країни, можна виокремити деякі ефективні інструменти підтримки розвитку інноваційної сфери: державне забезпечення позик, зменшення податкового навантаження під час виконання науково-дослідних, конструкторських робіт, зменшення кредитного відсотка для підприємств, які активно застосовують для інновацій, надання податкового кредиту (оптимізація суми податкових зобов'язань, можливість отримання податкових кредитів від банків, оптимізація оподаткування доходу, державне фінансування інфраструктури), що забезпечує інноваційний розвиток, застосування цільового розподілу бюджетного фінансування для стимулювання інноваційної діяльності [19]. Інновації потрібні не галузі загалом, а конкретному підприємству, які залучають їх для розвитку власного виробництва, а на динаміку і темпи розвитку національ-

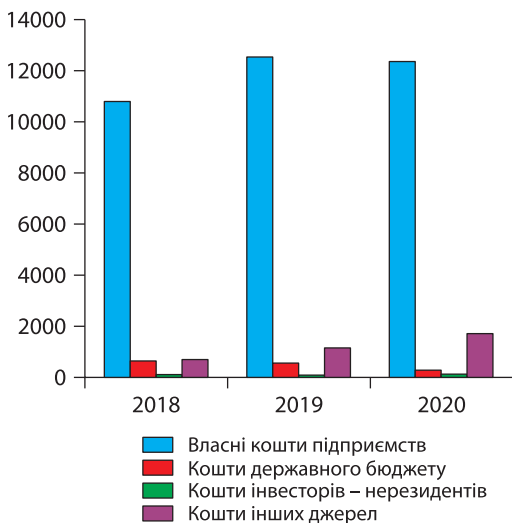


Рис. 2. Джерела фінансування інноваційної діяльності в Україні впродовж 2018–2020 рр., млн грн

Примітка: побудовано автором на основі даних [26].

Ознаки: ринок; функції, які виконуються, стадії охоплення інноваційного процесу; види економічної діяльності; географічне охоплення; види послуг, що надаються; сфера діяльності; ступінь інформатизації; форми власності; масштаб діяльності; ступінь інтеграції

РИНОК:

- інноваційних науково-технічних пропозицій (НДДКР),
- послуг венчурних підприємств (інформаційних та консалтингових послуг, консультування),
- патентів, ліцензій, дозволів, ноу-хау,
- фінансових і страхових, виробничих послуг,
- нерухоності, послуг зі стандартизації та сертифікації продукції,
- посередників з реклами та продажу,
- збуту інноваційної продукції, технологій, послуг,
- праці

За функціями, які виконуються:

- планування і прогнозування,
- інформаційні, кадрові, фінансові, стимулювання, координації, виробничі, просування і збуту, експертної оцінки, сертифікації

За стадіями охоплення інноваційного процесу:

- на окремих стадіях,
- реалізують свою діяльність протягом всього циклу

За видами економічної діяльності:

- агропромисловий паливно-енергетичний комплекс,
- освіта, наука, культура,
- транспорт, зв'язок, інформатика,
- промисловість, металургійна та металообробка, машинобудівна, автомобільна, суднобудівна, атомна, ядерна, обробна, космічна та авіаційна, легка та деревообробна, харчова,
- відходи виробництва та вторинна сировина, будівництво

За географічним охопленням:

- міжнародні,
- національні,
- регіональні,
- локальні.

За видами послуг, що надаються:

- безпосереднє забезпечення функціонування суб'єктів інноваційної діяльності,
- посередницькі, інші специфічні структури

За сферою діяльності:

- науково-дослідна,
- фінансово-кредитна,
- інформаційно-аналітична,
- організаційно-технічна

За формами власності:

- державні,
- приватні,
- змішані

За ступенем інформатизації:

- віртуальні,
- за географічною адресою (з фізичним місцезнаходженням)

За ступенем інтеграції:

- автономні,
- інтегровані

В залежності від масштабу діяльності:

- малі,
- середні,
- великі

Рис. 3. Класифікація складових елементів інноваційної інфраструктури України

Примітка: побудовано автором на основі даних [20; 22].

ної інноваційної системи впливає чинник, ступінь розвиненості інноваційної інфраструктури країни.

Основні елементи національної інноваційної системи України поки що функціонують ізольовано один від одного, що і викликає неефективність її дії. До основних складових елементів інноваційної інфраструктури країни відносимо ті, що відображені на *рис. 3*. Враховані чинники, які більшою мірою впливають на формування економічного механізму інноваційної діяльності й визначають можливість покращання інноваційної діяльності, задоволення потреб суб'єктів господарювання, дають змогу сформулювати методи захисту від впливу та резерви підвищення ефективності діяльності підприємства.

Заохочення різноманітності інклюзивної культури та лідерства, добра економічна освіта виступає важливою конкурентною перевагою, яка дає можливість людям як проявити себе, так і згуртуватися в команді, досягти результатів, позитивних для підприємства економіки загалом [27].

ВИСНОВКИ

Авторка з'ясувала саму суть інновацій, інноваційного розвитку, а також вивчила сучасний стан інноваційного розвитку України, його тенденції та недоліки. Зроблено висновок, що інноваційна діяльність — це процес, спрямований на реалізацію креативних ідей, систематизувала погляд сучасних українських науковців, що досліджували процес механізму впровадження інновацій, що використовується у практичній діяльності в наукових дослідженнях та розробках. Було досліджено, що інновація вдосконалюється, стає більш ефективною, набуває особливих спожив-

чих властивостей і нові сфери застосування. Також доведено, що інноваційні процеси, впливають на розвиток економіки, а високий рівень розвиненої економіки сприяє швидкому і ефективному впровадженню у виробництво інноваційних процесів. У науковій статті було подано визначення та запропоновано нове трактування поняття інновацій. Встановлено, що проблема впровадження інновацій у період військових дій проходить і долає низку бар'єрів, однак інновації не працюють чітко за правилами, які були встановлені раніше. У сучасних умовах суб'єктам господарювання необхідно переходити на шлях інноваційного розвитку, генерувати та впроваджувати нові інновації. Розробляти останні та створювати такі, які відповідають сучасним тенденціям наукового розвитку.

Інноваційний тип економічного розвитку дедалі більше стає тим фундаментом, який визначає економічну міцність нашої країни, а в перспективі в мирний час.

Успішний розвиток інноваційної діяльності підприємства можливий за умови своєчасного формування та реалізації цільових комплексних програм, проведення яких сприятиме успішному стратегічному управлінню економічними ресурсами суб'єкта господарювання, запровадженню конкурсного відбору, призначення відповідальних виконавців, виявлення існуючих проблем розвитку підприємства, формування основних цілей, визначення та розробка заходів основних цілей, узгодження програми та обсягів фінансування з чинного законодавства та з визначеним терміном у суспільстві з відповідною етнічною групою та інклюзивною освітою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Літвінов О.С., Капталан С.М. Визначення сутності та складових організаційно-економічного механізму управління підприємством в умовах інноваційного розвитку. *Управління розвитком*. 2016. № 3 (185). С. 59–65.
2. Geets V.M., Demchyshak N.B., Droga Y.B. et al. Classification of financial instruments for stimulating innovative activities. Section I. Innovative directions of financial market development. 2019. 264 p.
3. Мороз О.С. Розробка механізму управління інноваційним розвитком машинобудівних підприємств. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. Вип. 1.3 (27). С. 57–62.
4. Внукова Н.М. Визначення чинників розвитку господарської діяльності у цифровій економіці

- Індустрії 4.0. *Сучасні проблеми права та інноваційної економіки*: зб. наук. праць науково-дослідного інституту правового забезпечення інноваційного розвитку України № 3 за матеріалами інтернет-конференції (м. Харків, 26 берез. 2021 р.). Харків: НДІ ПЗІР НАПрН України, 2021. С. 36–43.
5. Kluiev O., Vnukova N., Hlibko S. et al. Estimation of the level of interest and modeling of the topic of innovation through search in Google. *Computational Linguistics and Intelligent Systems*. 2021. URL: <https://www.researchgate.net/publication/341607017>
 6. Iastremska O.M., Strokovych H.V., Iastremska O.O. and Kumar A. The targeted complex programme of investment and innovation development enterprises: suggestions for forming and implementing activities *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики*. 2020. Т. 2, № 33. С. 283–294.
 7. Антонюк Л.Л. Цифрова економіка: вплив інформаційно-комунікаційних технологій на людський капітал та формування компетентностей майбутнього: моногр. КНЕУ, 2021. 337 с.
 8. Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року: розпорядження від 10.07.2019 р. *Кабінет Міністрів України*. № 526-р.
 9. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-pro-potochniy-stand-ta-perspektivi-ekonomiki-ukrayini>
 10. The Global Risks Report 2022. 17th Edition is published by the World Economic Forum. 116 p. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf3
 11. Кравченко А.А., Ліпін М.В. Варіації інклюзії та ексклюзії в альтернативах економіки, політики і освіти. *Актуальні проблеми філософії та соціології*. 2022. Т. 36. С. 55–62.
 12. Ward K. People Power: Inclusive Economic Recovery Means Leveraging All of Human Potential. URL: <https://www.oecd-forum.org/posts/people-power-inclusive-economic-recovery-means-lever-aging-all-of-human-potential>
 13. Лігоненко Л.О. Цифрові навички українців: результати самооцінки, висновки та заходи для подолання цифрової інклюзії. *Економічний форум*. 2022. Т. 1.1. С. 21–34.
 14. Немчин О. Сучасний стан інноваційного розвитку України. *Інтелектуальна власність*. 2003. Т. 1. С. 32–39.
 15. Про інноваційну діяльність: Закон України № 40-IV від 04.07.2002 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2002. № 14.
 16. Александрова В.А., Артюмова М.І., Бажал Ю.М., Борангівський О.І. Економіка України: Стратегія і політика довгострокового розвитку / за ред. В.М. Геєць. Київ: Фенікс, 2003. 1008 с.
 17. Колодяжна І.В., Борблік К.Е. Джерела фінансування інноваційної діяльності підприємств України. *Економіка і суспільство*. 2017. Т. 9. С. 448–453.
 18. Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій: Закон України від 14.09.2006 р. № 143-V. *Відомості Верховної Ради України*. 2006. № 45. Ст. 434.
 19. Foreign Investment Opportunity in Ukraine. URL: <https://india.mfa.gov.ua/en/news/5752-foreign-investment-opportunity-in-ukraine>
 20. Ілляшенко С.М. Менеджмент та маркетинг інновацій: моногр. / за ред. С.М. Ілляшенка. Суми: Університетська книга, 2004. 616 с.
 21. Файчук О.М. Інноваційний процес як рушійна сила економічного зростання. *Бізнес Інформ*. 2013. № 10. С. 66–70.
 22. Шликова В.О. Сценарний підхід до оцінки впливу науково-інноваційної діяльності на економіку України. *Модельовання регіональної економіки*. 2014. Т. 1. С. 358–365.
 23. Коссак В.М., Якубівський І.Є. Право інтелектуальної власності: підруч. Київ: Істина, 2007. 208 с.
 24. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі: Закон України від 15.12.1993 р. № 3687-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 7. Ст. 32.
 25. Про охорону прав промислові зразки: Закон України від 15.12.1993 р. № 3688-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 7. Ст. 34.
 26. Джерела фінансування інноваційної діяльності промислових підприємств. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/ni/dj_fin_igpp/dj_fin_idpp_u.htm
 27. Dixon-Fyle S., Dolan K., Hunt V. and Prince S. Diversity wins: How inclusion matters. New York: McKinsey & Company, 2020. URL: <http://dln.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/1340/1/McKinsey%20Report%20-%20Diversity-wins-How-inclusion-matters.pdf>

REFERENCES

1. Litvinov, O.S. & Kaptalan, S.M. (2016). Vyznachenня сутnosti ta skladovykh orhanizatsiino-ekonomichnogo mekhanizmu upravlinnia pidpriemstvom v umovakh innovatsiinoho rozvytku [Determination of the essence and components of the organizational and economic mechanism of enterprise management in the conditions of innovative development]. *Upravlinnia rozvytkom — Economy of industry*, 3, 185, 59–65 [in Ukrainian].
2. Geets, V.M., Demchyshak, N.B., Dropa, Y.B. et al. (2019). Classification of financial instruments for stimulating innovative activities. Section 1. Innovative directions of financial market development, 264 [in English].
3. Moroz, O.S. (2016). Rozrobka mekhanizmu upravlinnia innovatsiynym rozvytkom mashynobudivnykh pidpriemstv [Development of a management mechanism for the innovative development of machine-building enterprises]. *Tekhnolohycheskyi audyt u rezervah proizvodstva — Technological audit and reserves production*, 1.3, (27), 57–62 [in Ukrainian].
4. Vnukova, N.M. (2021). Vyznachenня chynnykiv roz-

- vytku hospodarskoi diialnosti u tsyfrovii ekonomitsi Industrii 4.0 [Determination of factors of economic development in the digital economy of Industry 4.0]. *Suchasni problemy prava ta innovatsiynoi ekonomiky: zbirnyk naukovykh prats' naukovo-doslidnoho instytutu pravovoho zabezpechennya innovatsiynoho rozvytku Ukrainy № 3 za materialamy internet-konferentsiyi [Modern problems of law and innovative economy: a collection of scientific works of the Research Institute of Legal Support of Innovative Development of Ukraine No. 3 based on the materials of the Internet conference]*. (pp. 36–43). Kharkiv [in Ukrainian].
5. Kliuiev, O., Vnukova, N., Hlibko, S. et al. (2021). Estimation of the level of interest and modeling of the topic of innovation through search in Google. *Computational Linguistics and Intelligent Systems*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/341607017> [in English].
 6. Iastremska, O.M., Strokovych, H.V., Iastremska, O.O. & Kumar, A. (2020). The targeted complex programme of investment and innovation development enterprises: suggestions for forming and implementing activities. *Finansovo-kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky*, 2 (33), 283–294 [in English].
 7. Antoniuk, L.L., Poruchnyk, A.M. & Savchuk, V.V. (2003). *Innovatsii: teoriia, mekhanizm rozrobky ta komertsializatsii [Innovations: theory, mechanism of development and commercialization]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
 8. Stratehiia rozvytku sfery innovatsiynoi diialnosti na period do 2030 roku: rozporiadzhennia vid 10.07.2019 [Strategy for the development of the sphere of innovative activity for the period until 2030 order of 10.07.2019]. *Kabinet Ministriv Ukrainy — Cabinet of Ministers of Ukraine*, 526-p. [in Ukrainian].
 9. Natsionalnyi bank Ukrainy [National Bank of Ukraine]. (nd.). URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-pro-potochniy-stand-ta-perspektivi-ekonomiki-ukrayini> [in Ukrainian].
 10. The Global Risks Report 2022. 17th Edition is published by the World Economic Forum. 116 p. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf3 [in English].
 11. Kravchenko, A.A. & Lipin, M.V. (2022). Variatsii inkluzii ta ekskluzii v alternatyvakh ekonomiky, polityky i osvity [Variations of inclusion and exclusion in alternatives of economics, politics and education]. *Aktualni problemy filozofii ta sotsiologii — Actual problems of philosophy and sociology*, 36, 55–62 [in Ukrainian].
 12. Ward, K. People Power: Inclusive Economic Recovery Means Leveraging All of Human Potential. URL: <https://www.oecd-forum.org/posts/people-power-inclusive-economic-recovery-means-lever-aging-all-of-human-potential> [in English].
 13. Lihonenko, L.O. (2022). Tsyfrovii navychky ukraintsviv: rezultaty samoostinky, vysnovky ta zakhody dla podolannia tsyfrovoi inkluzii [Digital skills of Ukrainians: results of self-assessment, conclusions and measures to overcome digital inclusion]. *Ekonomichnyi forum — Economic Forum*, 1.1, 21–34 [in Ukrainian].
 14. Nemchyn, O. (2003). Suchasnyi stan innovatsiynoho rozvytku Ukrainy [Current state of innovative development of Ukraine]. *Intelektualna vlasnist — Intellectual Property*, 1, 32–39 [in Ukrainian].
 15. Pro innovatsiynu diialnist: Zakon Ukrainy № 40-IV vid 04.07.2002 [On innovative activity: Law of Ukraine No. 40-IV from July 4th, 2002]. (2002). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text> [in Ukrainian].
 16. Aleksandrova, V.A., Artomova, M.I., Bazhal, Yu.M., Boranhivskiyi, O.I. & Heiets, V.M. (Ed.). (2003). *Ekonomika Ukrainy: Stratehiia i polityka dovrostrokovoho rozvytku [Digital economy: the impact of information and communication technologies on human capital and formation of future competencies]*. Kyiv: Feniks [in Ukrainian].
 17. Kolodiazna, I.V. & Borblik, K.E. (2017). Dzherela finansuvannia innovatsiynoi diialnosti pidpriemstv Ukrainy [Sources of financing innovative activities of enterprises of Ukraine]. *Ekonomika i suspilstvo — Economy and society*, 9, 448–453 [in Ukrainian].
 18. Pro derzhavne rehuliuвання diialnosti u sferi transferu tekhnolohii: Zakon Ukrainy vid 14.09.2006 [On state regulation of activities in the field of technology transfer: Law of Ukraine from September 14th, 2006]. (2006). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 45, art. 434 [in Ukrainian].
 19. Foreign Investment Opportunity in Ukraine. URL: <https://india.mfa.gov.ua/en/news/5752-foreign-investment-opportunity-in-ukraine> [in English].
 20. Iliashenko, S.M. (Ed.) (2004). *Menedzhment ta marketynh innovatsii [Management and marketing of innovations]*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
 21. Faichuk, O.M. (2013). Innovatsiyni protses yak rushiina syla ekonomichnogo zrostantia [Innovative process as a driving force of economic growth]. *Business Inform — Business Inform*, 10, 66–70 [in Ukrainian].
 22. Shlykova, V.O. (2014). Stsenarnyi pidkhid do otsinky vplyvu naukovo-innovatsiynoi diialnosti na ekonomiku Ukrainy [A scenario approach to assessing the impact of scientific and innovative activities on the economy of Ukraine]. *Modeliuвання rehionalnoi ekonomiky — Modulation of the regional economy*, 1, 358–365 [in Ukrainian].
 23. Kossak, V.M. & Yakubivskiyi, I.Ye. (2007). *Pravo intelektualnoi vlasnosti [Intellectual property law]*. Kyiv: Istyna [in Ukrainian].
 24. Pro okhoronu prav na vynakhody i korysni modeli: Zakon Ukrainy vid 15.12.1993 [On protection of rights to inventions and utility models: Law of Ukraine from December 15th, 1993]. (1994). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information of the Verkhovna Rada of Ukraine*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3687-12#Text> [in Ukrainian].
 25. Pro okhoronu prav promyslovi zrazky: Zakon Ukrainy vid 15.12.1993 [On the protection of industrial design rights: Law of Ukraine from December 15th, 1993]. (1993). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Infor-*

- mation from the Verkhovna Rada of Ukraine*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3688-12#Text> [in Ukrainian].
26. Dzherela finansuvannya innovatsiinoi diialnosti promyslovykh pidpriemstv [Sources of financing innovative activities of industrial enterprises]. (nd.). URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/ni/dj_fin_igpp/dj_fin_idpp_u.htm [in Ukrainian].
27. Dixon-Fyle, S., Dolan, K., Hunt, V. & Prince, S. (2020). Diversity wins: How inclusion matters. New York: McKinsey & Company. URL: <http://dln.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/1340/1/McKinsey%20Report%20-%20Diversity-wins-How-inclusion-matters.pdf> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.10.2022

СТАН РОДИЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛ.

Ю.О. Зайцев¹, М.В. Гунчак², С.А. Романова¹

¹ Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)

e-mail: info@iogu.gov.ua; ORCID: 0000-0001-8368-8127

e-mail: svkiev07@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3051-1077

² Чернівецька філія ДУ «Держґрунтохорона» (м. Чернівці, Україна)

e-mail: chernivtsy_grunt@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3521-8531

Наведено основні показники родючості ґрунту за результатами проведення агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення Чернівецької обл. у XI турі (2016–2020 рр.). Встановлено, що за кислотністю ґрунтового розчину в області переважають землі близькі до нейтральних (31,8%) та нейтральні (36,5%). Середньозважений показник $pH_{\text{сол}}$ — 5,8, що відповідає близькій до нейтральної реакції ґрунтового розчину. За рівнем забезпечення гумусу переважають ґрунти з середнім його вмістом (66,7%), а середньозважений вміст гумусу по області становить 2,7%. За вмістом азоту, що легко гідролізується, найбільше земель мають дуже низький (48,3%) та низький його вміст (48,7%). Середньозважений показник вмісту азоту, що легко гідролізується, за звітний період становить 106,4 мг/кг ґрунту, що відповідає низькій забезпеченості цим елементом. В області переважають землі з середнім вмістом рухомих сполук фосфору (31,5%), а середньозважений показник вмісту рухомих сполук фосфору становить 56 мг/кг, що відповідає середній забезпеченості. За вмістом рухомих сполук калію переважають землі з дуже високим його вмістом (51,5%), хоча середньозважений показник вмісту рухомих сполук калію становить 78 мг/кг, що відповідає середній забезпеченості макроелементом. Встановлено, що в Чернівецькій обл. найбільшу площу займають ґрунти середньої якості (68,5%), а середньозважена оцінка сільськогосподарських угодь Чернівецької обл. становить 51. Здійснено порівняння якісної оцінки ґрунтів Чернівецької обл. за X (2011–2015 рр.) та XI турі (2016–2020 рр.) агрохімічних обстежень. Результатами встановлено, що у Кельменецькому та Кіцманському р-нах якість ґрунтів майже не змінилась. На 3–6 балів покращилась якісна оцінка ґрунтів Новоселицького, Герцаївського, Вижницького та Глибоцького р-нів. Істотно покращилась якісна оцінка стану земель Хотинського (+8 балів), Сторожинського (+13 балів) та Сокирянського (+19 балів) р-нів. Зниження показників якості земель зафіксовано у Заставнівському (-3 бали) та Путильському (-4 бали) р-нах.

Ключові слова: моніторинг ґрунтів, сільськогосподарські угіддя, агрохімічна оцінка, кислотність, бал бонітету.

ВСТУП

Найважливішою соціально-економічною проблемою сьогодення є раціональне використання і охорона земельних ресурсів. Її багатоаспектний характер визначає систематичний підхід у вирішенні практичних задач з організації ефективного і комплексного використання основного національного багатства — землі. Для практичного вирішення завдань родючості ґрунтів 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 від-

творення родючості ґрунтів відповідно до Закону України «Про охорону земель» [3] здійснюється еколого-агрохімічна паспортизація. Згідно із результатами XI туру досліджень (2016–2020 рр.), встановлено агрохімічну та еколого-агрохімічну оцінки ґрунтів Чернівецької обл.

На основі цих даних є можливість встановити стан родючості ґрунтів та його зміни, а також розробити агротехнічні, агрохімічні, технологічні й економічно обґрунтовані заходи зі збереження і відтворення родючості ґрунтів.

Мета дослідження — обстеження земель сільськогосподарського призначення та здійснення комплексної якісної оцінки аг-

роекологічного стану ґрунтів Чернівецької обл. за 2016–2020 рр.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Булигін С.Ю. зі співавторами [4] зазначає, що поняття терміна «якість земель» на сьогодні в Україні законодавчо не встановлено. У Державних стандартах України закріплені такі поняття, як «якість ґрунтів» та «якість земельної ділянки». Якість ґрунтів розглядається як сукупність усіх наявних позитивних та негативних властивостей, пов'язаних із використанням ґрунтів і їхніми функціями. Якість земельної ділянки розглядається як узагальнена характеристика земельної ділянки, охопленої її межами, з визначеними категоріями якості ґрунтів.

Балуєк С.А. зі співавторами [5] вказують, що актуальними є питання щодо підвищення інформативності даних про ґрунтовий покрив України, отримання нових знань про взаємодію природних та антропогенних чинників ґрунтоутворення, продуктивні й екологічні функції ґрунтів, їхні ресурсні можливості.

Сучасний стан земельних ресурсів України викликає занепокоєння, адже на значних площах родючих ґрунтів поширені процеси деградації земель. Серед основних причин є недотримання екологічно збалансованого співвідношення сільськогосподарських угідь, лісів, водойм, а також значне посилення антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив у останні десятиліття, що негативно вплинуло на стійкість агроландшафтів [6].

Використання основного багатства — землі має проводитися на основі стабілізації землекористування шляхом оптимізації природних компонентів, упровадження адаптивних систем землеробства та новітніх технологій реалізації високого біологічного потенціалу сучасних сортів культур [7].

Дем'янюк О.С. та Бойко А.Л. [8] зазначають, що питання стану ґрунтів за різних причин на земельних територіях України нині загалом розглядаються недостатньо.

Земля потребує комплексної оцінки її стану для прогнозу і своєчасного запобігання деградаційним процесам, охорони й раціонального використання земель [9–14].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Чернівецькою філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» здійснено дослідження ґрунтів з визначення вмісту азоту, що легко гідролізується, рухомих сполук фосфору та калію, гумусу, рН — сольової витяжки, гідролітичної кислотності, суми ввібраних основ, мікроелементів. Також проведено дослідження з визначення забруднення важкими металами, пестицидами і радіонуклідами за методами, розробленими Методикою проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [15]. Зразки ґрунту відбирали з глибини 0–30 см відповідно до ДСТУ 4287:2004 [16]. Збірну пробу склали з 20–25 точкових проб вагою близько 500 г. Якщо в межах елементарної ділянки є дві ґрунтові відміни або агровиробничі групи, то точкові проби відбирали з переважаючого ґрунтового виділу. За наявності на елементарній ділянці рівних за площею ґрунтових відмін чи агровиробничих груп відбирали дві збірних проби, до того ж, кожна отримує окремих порядковий номер. Якщо в межах елементарної ділянки вирощують дві або більше сільськогосподарських культур, то відбирання збірних проб проводили з кожної зайнятої площі окремо. Якщо на полі або земельній ділянці переважає тип ґрунту з однаковим гранулометричним складом (80–90% площі) і вирощується одна культура, становили одну усереднену пробу з площі 50 га. За наявності двох ґрунтових відмін чи агровиробничих груп різного гранулометричного складу, а також під час вирощування двох і більше культур формували дві чи більше усереднених проби. Зразки ґрунту для аналізу висушували. Із висушеної проби ґрунту відбирали шпателем усереднену пробу не менше ніж із 5 різних місць. У них визначали вміст гумусу, реакцію ґрунтового середовища, вміст сполук азоту,

що легко гідролізуються, рухомих сполук фосфору та калію згідно ДСТУ [17–20].

Впродовж 2016–2020 рр. Чернівецькою філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» було обстежено 182,4 тис. га земель сільськогосподарського призначення у Вижницькому, Герцаївському, Глибоцькому, Заставнівському, Кельменецькому, Кіцманському, Новоселицькому, Путильському, Сокирянському, Сторожинецькому та Хотинському р-нах.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень кислотності ґрунтового розчину ($pH_{\text{сол.}}$) обстежені площі розподіляються так (рис. 1): дуже сильнокислі ґрунти з $pH < 4,0$ по області відсутні, сильнокислих земель з $pH 4,1–4,5$ – 4,5 тис. га, що сягає 2,4% від обстеженої площі земель, середньокислих ($pH 4,6–5,0$) – 11,9 тис. га (6,5%), слабкокислих ($pH 5,1–5,5$) – 36,8 тис. га (20,2%), близьких до нейтральних ($pH 5,6–6,0$) – 57,9 тис. га (31,8%), нейтральних ($pH 6,1–7,0$) – 66,6 тис. га (36,5%), слабо- та середньолужних ($pH 7,1–8,0$) – 4,6 тис. га (2,6%). Середньозважений показник $pH_{\text{сол.}}$ у XI турі обстежень (2016–2020 рр.) – 5,8, що відповідає близькій до нейтральної реакції ґрунтового розчину.

Порівняно із попереднім туром обстеження середньозважений показник pH не змінився. Однак спостерігається зменшення площі кислих ґрунтів на 6%. Площі

земель близьких до нейтральних збільшилась на 3,7%, а нейтральних зменшилась на 0,2%.

Одним з основних показників родючості ґрунтів є вміст органічної речовини та її найціннішої складової – гумусу. Значення останнього насамперед полягає в тому, що він – єдиний запасний фонд ґрунту щодо азоту, який, як відомо, не входить до складу мінеральних сполук. Окрім того, 40–80% усього фосфору також знаходиться в його органічній речовині. Із запасом гумусу тісно пов'язані фізико-хімічні, біологічні й агрохімічні властивості ґрунту, його водний та повітряний режими і він у кінцевому результаті впливає на продуктивність сільськогосподарських культур.

За звітний період обстежені землі за вмістом гумусу розподілилися так: з дуже низьким умістом гумусу – відсутні, із низьким – 25,3 тис. га (13,9%), з середнім – 121,5 тис. га (66,7), із підвищеним – 27,2 тис. га (14,9), з високим – 5,9 тис. га (3,2), з дуже високим – 2,4 тис. га (1,3%). Таким чином, по області переважають ґрунти із середнім умістом гумусу (рис. 2).

Середньозважений вміст гумусу по області становить 2,7%, що відповідає запасам 81 т на 1 га. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений вміст гумусу збільшився на 0,1%.

Азот – один з основних елементів, необхідних для життєдіяльності рослин. Він входить до складу білків, ферментів, нуклеїнових кислот, хлорофілу, вітамінів,

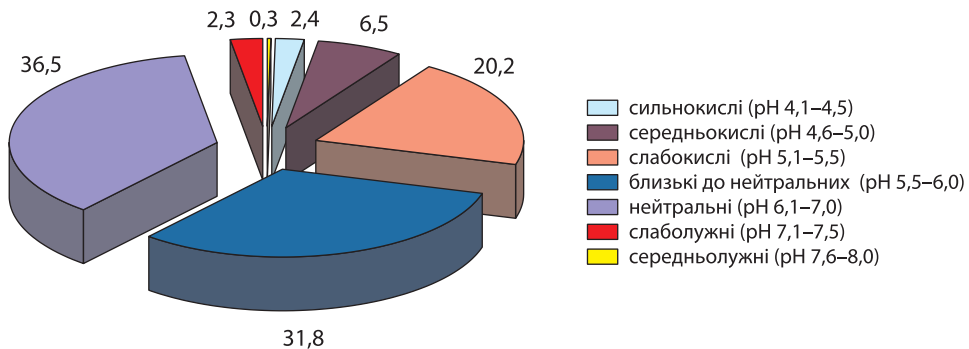


Рис. 1. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за реакцією ґрунтового розчину, %

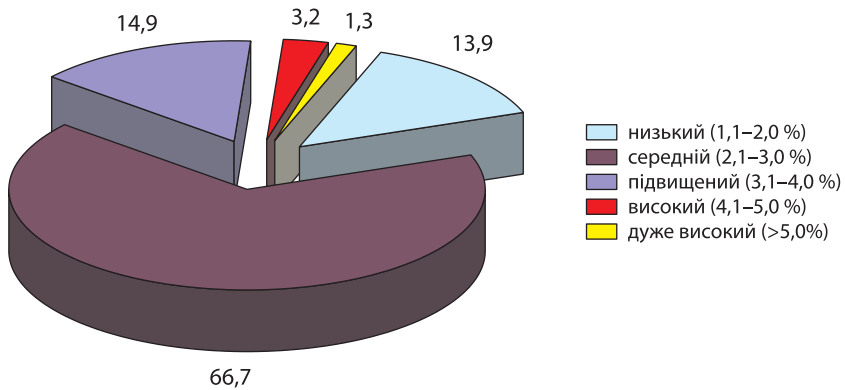


Рис. 2. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом гумусу, %

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.

За вмістом азоту, що легко гідролізується, площа обстежених земель розподіляється так: земель із дуже низьким вмістом азоту 88,1 тис. га (48,3%), із низьким 88,7 тис. га (48,7), із середнім 2,0 тис. га (1,1) та із підвищеним 3,5 тис. га (1,9%) (рис. 3). Середньозважений показник вмісту азоту, що легко гідролізується, за звітний період становить 106,4 мг/кг ґрунту,

що відповідає запасам 319 кг/га. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник вмісту азоту, що легко гідролізується, за звітний період збільшився на 0,9 мг/кг.

На ефективну родючість і дію добрив найбільше впливає фосфорний режим ґрунту. Рівень забезпечення ґрунту рухливими сполуками фосфору є важливим чинником одержання високих врожаїв. Він бере участь у всіх життєвих функціях рослин і забезпечує ефективне використання інших елементів живлення.

За результатами агрохімічного обстеження, землі сільськогосподарського призначення області за вмістом рухомих сполук фосфору розподіляються так: із дуже низьким вмістом – 4,5 тис. га (2,5%), із низьким вмістом – 21,9 тис. га (12,0), із середнім – 57,5 тис. га (31,5), з підви-

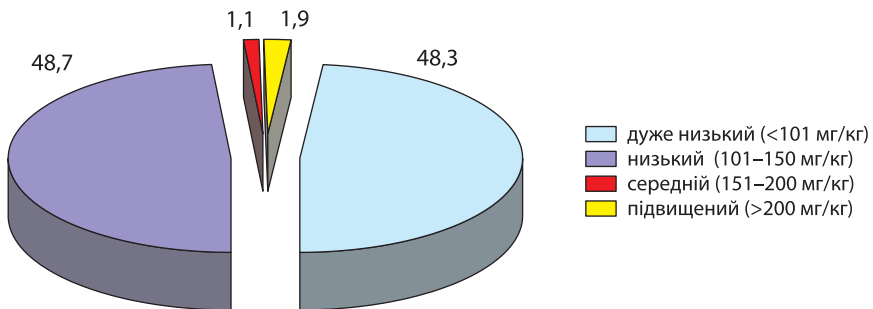


Рис. 3. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом азоту, що легко гідролізується, %

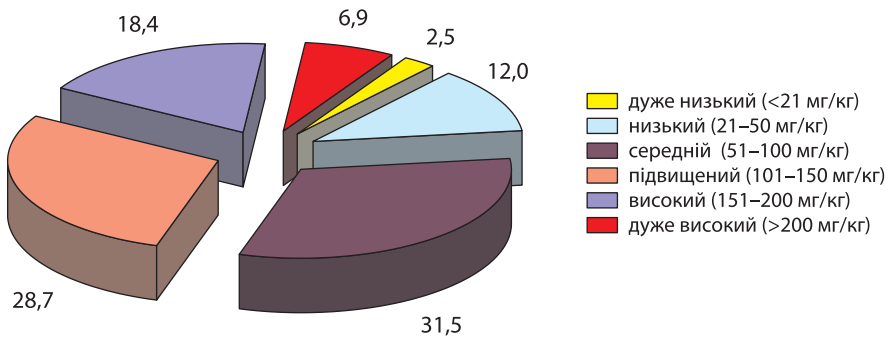


Рис. 4. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом рухомих сполук фосфору, %

щеним – 52,3 тис. га (28,7), з високим – 33,6 тис. га (18,4), з дуже високим – 12,5 тис. га (6,9%) (рис. 4). Середньозважений показник умісту рухомих сполук фосфору становить 56 мг/кг. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник умісту фосфору збільшився на 4,0 мг/кг.

Калій, як елемент живлення, є значною мірою органічним показником окультуреності ґрунтів. Це – важливий елемент для оптимального росту рослин, а отже, і для отримання високих урожаїв та підтримання високого рівня родючості ґрунту.

За результатами агрохімічного обстеження землі сільськогосподарського призначення області за вмістом рухомих сполук калію розподіляються так: із дуже низьким умістом та низьким умістом – відсутні. Із середнім умістом – 12,2 тис. га

(6,7%), з підвищеним – 21,3 тис. га (11,7), з високим – 54,9 тис. га (30,1), з дуже високим – 93,9 тис. га (51,5%) (рис. 5). Середньозважений показник умісту рухомих сполук калію становить 78 мг/кг. Порівняно з попереднім туром обстеження середньозважений показник умісту калію збільшився на 15,4 мг/кг.

Встановлена агрохімічна та еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів області за XI тур досліджень (2016–2020 рр.). Адже проблемою є не тільки отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур, але й збереження родючості ґрунтів на належному рівні. Для вирішення цієї проблеми необхідно володіти достовірною інформацією щодо еколого-агрохімічного стану, якісної оцінки ґрунтів. Якісна оцінка земель дає можливість кількісно визначити якість ґрунтів за їх родючістю, що,

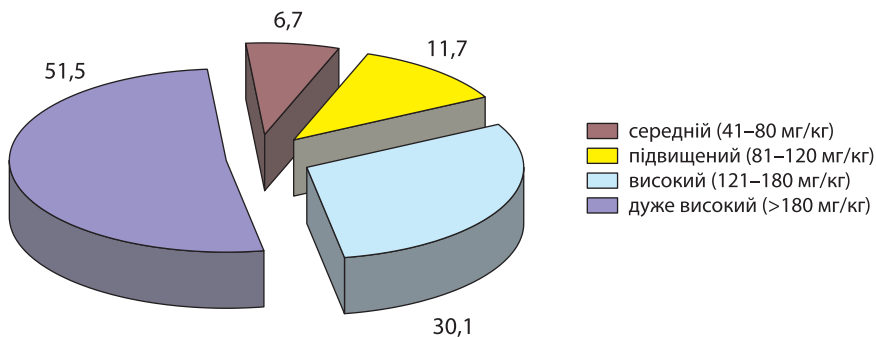


Рис. 5. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом рухомих сполук калію, %

своєю чергою, є підставою для розміщення посівів сільськогосподарських культур на території та планування їх урожайності.

Згідно з розподілом за шкалою якості (рис. 6), лише 3,0 тис. га (1,6%) обстежених земель сільськогосподарського призначення Чернівецької обл. відносяться до III класу земель високої якості, а 32,2 тис. га (17,7%) обстежених земель належать до IV класу земель високої якості. Це ґрунти, які добре забезпечені елементами живлення і продуктивною вологою, мають сприятливі фізико-хімічні і агрофізичні властивості. Найбільшу площу займають ґрунти середньої якості: до V класу якості відносяться 82,7 тис. га (45,4%) та до VI класу якості належать 42,2 тис. га (23,1%). Цим землям характерна помірна забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Найменшу площу серед обстежених земель займають ґрунти низької якості: 19,5 тис. га (10,7%) відносяться до VII класу якості ґрунтів, а 2,9 тис. га (1,5%) — до VIII класу якості. Ці землі мають низьку забезпеченість елементами живлення, незадовільну реакцію ґрунтового розчину, водно-повітряний і тепловий режими. Середній бал по області 51, що відповідає V класу земель середньої якості. Порівняно з попереднім туром еколого-агрохімічного обстеження середній бал по області збільшився від 48 до 51.

Згідно зі шкалою агроекологічної оцінки якості сільськогосподарських земель, за розрізом р-нів Чернівецької обл. ґрунти Сокирянського р-ну розподілились так:

0,4 тис. га (1,8%) відносяться до VII групи низької якості; 5,5 тис. га (25,3%) — до VI класу середньої якості та 15,5 тис. га (71,4%) — до V класу середньої якості. Середній бал по району 53.

Серед обстежених ґрунтів Сторожинецького р-ну 5,9 тис. га (32,4%) належать до VII групи низької якості; 8,9 тис. га (48,9%) — до VI класу середньої якості та 3,4 тис. га (18,7%) — до V класу середньої якості. Середній бал по району 43.

Землі Хотинського р-ну розподілились так: 0,5 тис. га (3,5%) відносяться до VII класу низької якості; 2,5 тис. га (17,5%) — до VI класу середньої якості; 7,1 тис. га (49,6%) — до V класу середньої якості й 4,2 тис. га (29,4%) — до IV класу високої якості земель. Середній бал по району 56.

0,3 тис. га (1,9%) обстежених ґрунтів Глибоцького р-ну належать до VII класу низької якості; 3,1 тис. га (19,5%) — до VI класу середньої якості; 11,9 тис. га (74,8%) — до V класу середньої якості і 0,6 тис. га (3,8%) — до IV класу високої якості земель. Середній бал по району 53.

Серед обстежених земель Герцаївського р-ну 0,8 тис. га (8,7%) відносяться до VIII класу низької якості; 1,5 тис. га (16,3%) — до VII класу низької якості; 1,9 тис. га (20,7%) — до VI класу середньої якості; 4,4 тис. га (47,8%) — до V класу середньої якості та 0,6 тис. га (6,3%) — до IV класу високої якості земель. Середній бал по району 49.

ґрунти Новоселицького р-ну розподілились так: 0,2 тис. га (0,7%) належать до VI класу середньої якості; 15,3 тис. га

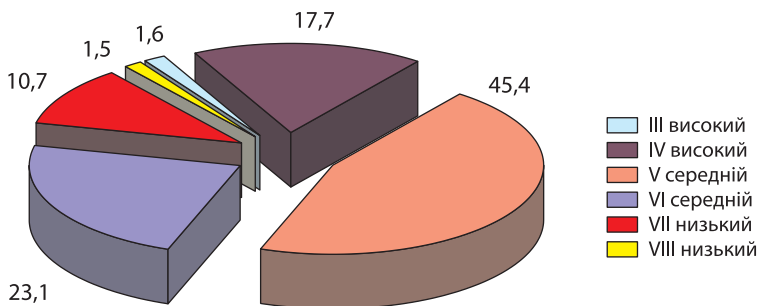


Рис. 6. Розподіл площ обстежених сільськогосподарських угідь за агрохімічними балами якості, %

(55,2%) – до V класу середньої якості; 11,9 тис. га (43%) – до IV класу високої якості земель та 0,3 тис. га (1,1%) – до III класу земель високої якості. Середній бал по району 59.

У Вижницькому р-ні 2,1 тис. га (16,3%) відносяться до VII класу низької якості; 5,8 тис. га (44,9%) – до VI класу середньої якості та 5,0 тис. га (38,8%) – до V класу середньої якості. Середній бал по району 48.

Землі Заставнівського р-ну розподілились так: 3,8 тис. га (17,2%) належать до VI класу середньої якості; 10,3 тис. га (46,6%) – до V класу середньої якості; 8,0 тис. га (36,2%) – до IV класу високої якості. Середній бал по району 55.

Серед обстежених земель Кіцманського р-ну 0,3 тис. га (2,5%) належать до VI класу середньої якості, 5,4 тис. га (45,1%) – до V класу середньої якості; 6,2 тис. га (51,9%) – до IV класу високої якості та 0,05 тис. га

(0,4%) – до III класу високої якості земель. Середній бал по району 57.

У Кельменецькому р-ні 5,8 тис. га (29%) відносяться до VII класу ґрунтів низької якості; 9,9 тис. га (4,5%) – до VI класу середньої якості; 3,9 тис. га (19,5%) – до V класу середньої якості та 0,4 тис. га (2,0%) належать до IV класу високої якості. Середній бал по району 53.

Ґрунти Путильського р-ну розподілились так: 2,1 тис. га (25,3%) відносяться до VIII класу та 3,0 тис. га (36,2%) – до VII класу ґрунтів низької якості; 2,3 тис. га (27,7%) – до VI класу та 0,9 тис. га (10,8%) – до V класу середньої якості. Середній бал по району 38.

Результати порівняння якісної оцінки ґрунтів Чернівецької обл. за X (2011–2015 рр.) та XI тури (2016–2020 рр.) агрохімічних обстежень свідчать (рис. 7), що у Кельменецькому та Кіцманському р-нах якість ґрунтів майже не змінилась. На 3–6 балів покращилась якісна оцінка ґрунтів

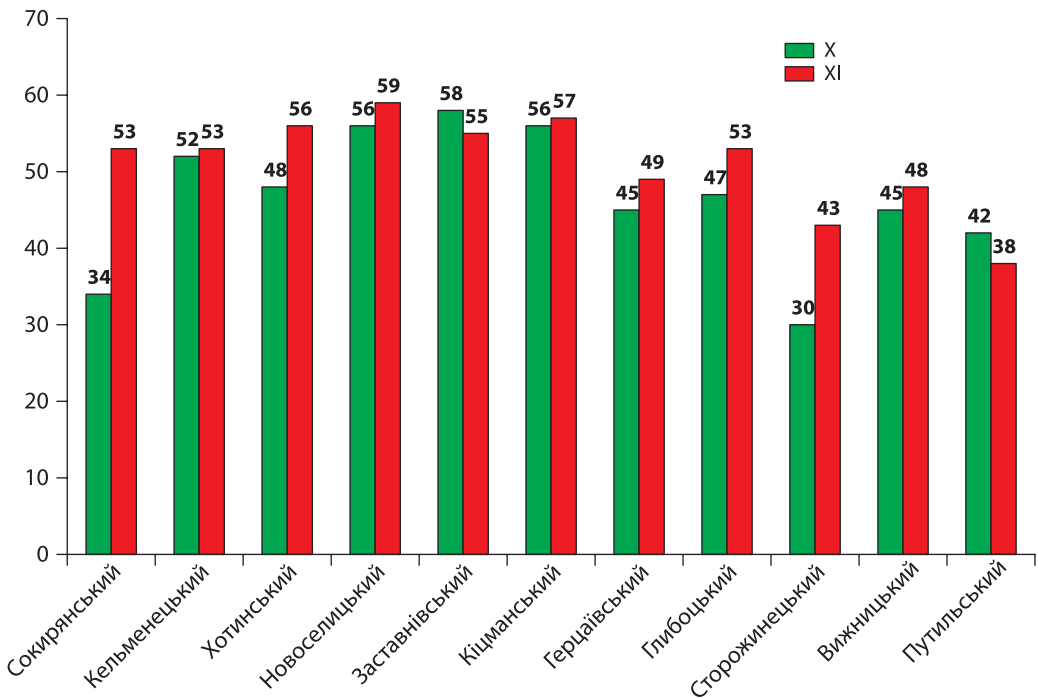


Рис. 7. Динаміка якісної оцінки сільськогосподарських угідь за X та XI тури агрохімічних обстежень

Новоселицького, Герцаївського, Вижницького та Глибоцького р-нів. Істотно покращилася якісна оцінка стану земель Хотинського (+8 балів), Сторожинецького (+13 балів) та Сокирянського (+19 балів) р-нів. Зниження показників якості земель зафіксовано у Заставнівському (–3 бали) та Путильському (–4 бали) р-нах.

ВИСНОВКИ

Результатами агрохімічних обстежень земель сільськогосподарського призначення Чернівецької обл. встановлено, що за кислотністю ґрунтового розчину в області переважають землі близькі до нейтральних (31,8%) та нейтральні (36,5%). За рівнем забезпечення гумусу переважають ґрунти з середнім його вмістом (66,7%) за середньозваженого показника 2,7%. За вмістом азоту, що легко гідролізується, найбільше земель мають дуже низький (48,3%) та низький його вміст (48,7%), а середньо-

зважений показник забезпеченості азотом становить 106,4 мг/кг. В області переважають землі з середнім вмістом рухомих сполук фосфору (31,5%), а середньозважений вміст цього макроелементу сягає 56 мг/кг ґрунту. За вмістом рухомих сполук калію переважають землі з дуже високим його вмістом (51,5%) за середньозваженого показника 78 мг/кг ґрунту. Встановлено, що в Чернівецькій обл. найбільшу площу займають ґрунти середньої якості: землі V класу якості (45,4%) та VI класу якості (23,1%). Менше земель високої якості, зокрема 17,7% обстежених земель відносяться до IV класу якості, а 1,6% земель — до III класу якості. 10,7% земель належать до VII класу, а 1,5% — до VIII класу низької якості ґрунтів. У середньому сільськогосподарські угіддя Чернівецької обл. мають оцінку 51, що відповідає V класу земель середньої якості.

ЛІТЕРАТУРА

- Бандурович Ю.Ю., Фандалюк А.В., Романова С.А., Полічко В.С. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Закарпаття. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219728>.
- Грищенко О.М., Запасний В.С., Ярмоленко Є.В., Шило Л.Г. Динаміка родючості ґрунтів Переяслав-Хмельницького району Київської області. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 3. С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469>.
- Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>.
- 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: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.02.030>.
- 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>.
- Бережняк Є.М., Бережняк 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>.
- Новаківський Л., Новаківська І. Еколого-економічні та правові проблеми охорони земель. *Вісник аграрної науки*. 2017. Т. 95. № 11. С. 61–70.
- 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>.
- 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>.
- Гунчак М.В. Динаміка вмісту гумусу у ґрунтах Чернівецької області. *Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень: матеріали III Міжнар. наук. конф. (м. Луцьк, 3 черв. 2022 р.)*. 2022. С. 129–131. DOI: <https://doi.org/10.36074/mcnd-03.06.2022>.
- Graham F. COP 26: Glasgow Climate Pact signed into history. *Nature*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03464-9>.
- Sharma M., Kaushal R., Kaushik P. and Ramakrishna S. Carbon farming: *Prospects and challenges. Sustainability (Switzerland)*. 2021. Vol. 13 (19). DOI: [10.3390/su13191122](https://doi.org/10.3390/su13191122).
- Tonkha O., Balaev A., Pikovska O. and Tarasenko D. Мікробіологічна оцінка чорнозему реградованого за різних систем удобрення. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. Vol. 10 (2). С. 54–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.054>.
- 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. С. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss92-07>.
15. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. Яцука І.П., Балука С.А. Київ, 2019. 108 с.
 16. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
 17. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2004-04-30]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
 18. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (62879). [Чинний від 2007-12-24]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
 19. ДСТУ 7863:2015. Визначення легкоїдролізованого азоту методом Корнфілда. Якість ґрунту. [Чинний від 2015-06-22]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 25 с.
 20. ДСТУ 4115-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. [Чинний від 2002-06-27]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 33 с.

REFERENCES

1. Bandurovych, Yu.Yu., Fandaliuk, A.V., Romanova, S.A. & Polichko, V.S. (2017). Ekolo-ho-ahrokhi-michna otsinka gruntiv Zakarpattia [Ecological and agrochemical evaluation of the soils of Zakarpattia]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 46–52. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219728> [in Ukrainian].
2. Hryshchenko, O.M., Zapasnyi, V.S., Yarmolenko, Ye.V. & Shylo, L.H. (2019). Dynamika rodiuchosti gruntiv Pereiaslav-Khmelnyskoho raionu Kyivskoi oblasti [Dynamics of soil fertility in the Pereiaslav-Khmelnysky district of the Kyiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183469> [in Ukrainian].
3. Pro okhoronu zemel: Zakon Ukrainy vid 19.06.2003 [On Land Protection: Law of Ukraine from June 19th, 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 otsynky yakosti ta okhorony zemel v Ukraini [The concept of quality assessment and land protection in Ukraine]. *Roslynnystvo ta gruntovnavstvo — 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 upravlinnia 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 ekolo-hichnoi stiikosti sirykh lisovykh gruntiv za riznoho vykorystannia [Assessment of ecological sustainability of gray forest soils for different uses]. *Roslynnystvo ta gruntovnavstvo — Plant and soil science*, 1, 52–61. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.052> [in Ukrainian].
7. Novakovskyy, L.Ya. & Novakovska, I.O. (2017). Ekolo-ho-ekonomichni ta pravovi problemy okhorony zemel [Ecological, economic and legal problems of land protection]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 11, 61–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201711-10> [in Ukrainian].
8. Demyanyuk, O.S. & Boyko, A.L. (2019). Zemlia potrebuie stratehichnoho 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].
9. Balyuk, S.A., Medvedyev, V.V., Vorotyntseva, L.I. & Shemel, V.V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii gruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnoho 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].
10. Hunchak, M.V. (2022). Dynamika vmistu humusu u gruntakh Chernivetskoj oblasti [Dynamics of humus content in soils of Chernivtsi region]. *Problemy ta perspektyvy realizatsii ta vprovadzhenia mizhdystyp-linarnykh naukovykh dosiahnen: materialy III mizh-narodnoi naukovoi konferentsii [Problems and prospects of implementation and implementation of interdisciplinary scientific achievements: collection of abstracts III International scientific conference]*. (pp. 129–131). DOI: <https://doi.org/10.36074/mcnd-03.06.2022> [in Ukrainian].
11. Graham, F. (2021). COP 26: 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: [10.3390/su13191122](https://doi.org/10.3390/su13191122) [in English].
13. Tonkha, O., Balaev, A., Pikovska, O. & Tarasenko, D. (2019). Mikrobiolohichna otsinka chornozemu reh-radovanoho za riznykh system udobrennya [Micro-biological evaluation of the chernozem regraded by different fertilizer systems]. *Roslynnystvo ta gruntovnavstvo — Plant and soil science*, 10 (2), 54–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.054> [in Ukrainian].
14. Cherlinka, V.R., Gunchak, M.V. et al. (2021). Challenges and opportunities of modelling carbon dioxide sequestration potential in Ukrainian soils. *Agroche-mistry and soil science*, 92, 62–70. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss92-07> [in English].

15. Yatsuk, I.P., Baliuk, S.A. (Eds.) et al. (2019). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Methodology for agrochemical certification of agricultural lands: regulatory document]*. Kyiv [in Ukrainian].
16. Yakist ґuntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling of samples]. (2005). *DSTU 4287:2004 from 1th Juli 2005*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
17. Yakist ґuntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rehovyny [Soil quality. Methods for determining organic matter]. (2005). *DSTU 4289:2004 from 30th April 2004*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
18. Yakist ґuntu. Vyznachennia pH [Soil quality. Determination of pH]. (2007). *DSTU ISO 10390:2007 from 1st January 2007*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
19. Yakist ґuntu. Vyznachennia lehkohidrolizovanoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of easily hydrolyzed nitrogen by the Kornfield method]. (2015). *DSTU 7863:2015 from 22th June 2015*. 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 27th June 2002*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.09.2022

АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В АГРОЦЕНОЗІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM VULGARE*) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Л.В. Центило, С.Л. Шило

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

e-mail: 2037127@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6546-2826

e-mail: seregashilo@icloud.com; ORCID: 0000-0001-6260-3278

У статті наведено результати наукових досліджень щодо впливу чотирьох систем основного обробітку ґрунту — полицевої (оранка на 20–22 см), безполицевої (чизелювання на 20–22 см), безполицевої мілкої (дискування на 10–12 см) та безполицевої поверхневої (дискування 6–8 см), та п'яти попередників — горох, соя, кукурудза на силос, ріпак озимий, соняшник на щільність складення та загальну пористість чорнозему типового за вирощування пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України. За результатами досліджень проведених у стаціонарному польовому досліді ТОВ «Навчально-науково-інноваційний центр агротехнологій «Агрофірма Колос», щільність складення ґрунту й загальна його пористість визначена на час сівби пшениці озимої мала оптимальні параметри для всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту та розміщення пшениці озимої після різних попередників. Із збільшенням глибини досліджуваного шару ґрунту, відмічено збільшення показника щільності складення ґрунту та зменшення його загальної пористості, що є закономірним. Залежно від системи основного обробітку ґрунту щільність складення у шарі ґрунту 0–10 см на період сівби змінювалась від 1,11 до 1,14 г/см³ за нижчих показників у варіанті з проведенням полицевого і безполицевого на 20–22 см обробітків ґрунту. Аналізуючи увесь досліджуваний шар (0–30 см) ґрунту на час сівби культури, слід зазначити, що як полицевий (оранка), так і безполицевий обробіток (чизель) мали близькі показники щільності ґрунту у досліджуваних шарах, значення яких підвищувалися від верхнього до нижнього. За систематичного мілкового обробітку на 12–14 см та поверхневого на 6–8 см найбільше ущільнювався шар ґрунту 10–20 см, за тенденції до розуцільнення у 20–30 см шарі. Серед попередників вищу щільність складення ґрунту у варіанті з розміщенням пшениці озимої після кукурудзи на силос 1,14 г/см³. Показник пористості верхнього 0–10 см шару ґрунту на час сівби змінювався від 57,1% за проведення безполицевого мілкового обробітку ґрунту до 58% у варіанті з полицевим обробітком ґрунту на 20–22 см. Досліджувані попередники забезпечували параметри загальної пористості на рівні 57,5–58,0% за нижчих показників у варіанті з соняшником. Аналіз досліджуваних показників на час відновлення вегетації та перед збиранням, показали зростання щільності складення ґрунту та зменшення кількості пор у ґрунті для всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту та попередників. Слід відмітити, що полицевий обробіток ґрунту (оранка на 20–22 см) забезпечував найоптимальніші параметри величини щільності складення та пористості ґрунту в окремих його горизонтах і в орному шарі загалом. Інші системи основного обробітку ґрунту, незважаючи на оптимальні значення агрофізичних показників у середньому в орному шарі, погіршували фізичний стан ґрунту порівняно з оранкою. Оптимальним поєднанням варіантів у досліді можна вважати використання у якості попередника пшениці озимої зернобобових культур і ріпаку озимого в комплексі з чизельним обробітком ґрунту на 20–22 см. Це дало змогу забезпечити оптимальні показники щільності складення ґрунту і загальної пористості не лише у верхніх 0–10 см його товщини, але й у більш глибоких шарах.

Ключові слова: щільність складення ґрунту, загальна пористість ґрунту, попередники, основний обробіток ґрунту, оранка, чизелювання, дискування.

ВСТУП

Одним із основних показників фізичного стану оброблюваного шару ґрунту, які регулюються основним обробітком є

щільність його складення, від якої залежить водний, повітряний, тепловий режими ґрунту. З величиною щільності складення ґрунту пов'язаний показник пористості ґрунту, який показує загальну кількість пор

між структурними одиницями ґрунту. Фізичні умови є важливим чинником впливу на ґрунт, управляючи яким, можна забезпечити оптимальні умови росту і розвитку сільськогосподарських культур. Наукові дослідження показують, що дієвим позитивним чинником на зміну і формування оптимальних параметрів агрофізичних властивостей ґрунту є поєднання сівозмінного чинника з використанням проміжних сидеральних культур, оптимізації органічної системи удобрення, способів і глибини обробітку ґрунту [1–6]. Тому системи обробітку ґрунту в сівозміні та їх вплив на його агрофізичний стан є невід'ємною частиною сучасного сільськогосподарського виробництва.

Метою роботи було встановити параметри зміни щільності складення ґрунту та загальної пористості чорнозему типового залежно від обробітку ґрунту та розміщення пшениці озимої в сівозміні в Правобережному Лісостепу України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Обробіток ґрунту в сівозміні залишається одним із визначальних факторів впливу на ґрунтове середовище, радикальним способом регулювання його фізичних властивостей, водного і поживного режимів, фітосанітарного стану [7–11]. Ефективність аграрного виробництва, покращання параметрів родючості ґрунтів, забезпечення високої і сталої продуктивності сільськогосподарських культур, у сучасних умовах, можливе лише за рахунок дотримання науково обґрунтованих систем землеробства. Ефективний вплив обробітку ґрунту підвищується, якщо його глибина, прийоми і заходи проводяться в науково обґрунтованій послідовності та тісній взаємодії з усіма ланки системи землеробства.

Дослідження науковців показують, що за розробки систем обробітку ґрунту залишається коло питань, зокрема щодо способів, глибини, періодичності проведення технологічних операцій, рівень загорання органічних добрив і побічної продукції та ін. Водночас підтримання фізичних влас-

тивостей ґрунту в оптимальному діапазоні значень є необхідною умовою ефективного застосування інших агротехнічних заходів, що в кінцевому підсумку впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур [12; 13].

Для пшениці озимої (*Triticum vulgare*) на чорноземних ґрунтах кращі умови формування продуктивності створюються за щільності складення 1,25–1,32 г/см³. Рослини пшениці озимої негативно реагують на переущільнення і перезволоження ґрунту, а також нестачу кисню. Тому оптимальні фізичні умови для росту і розвитку культур у сівозміні створюють із застосуванням раціонального, своєчасного механічного обробітку ґрунту. Доведено, що оптимальна структура ґрунту для більшості сільських і міських культур така, що загальна пористість коливається в межах 50–60%. До того ж, об'єм некапілярних пор має бути в межах 12,5–30,0%, а капілярних — 37,5–30,0%. Однак зміна структури ґрунту в сприятливому напрямі можлива завдяки обробітку ґрунту, розміщенню культури у сівозміні, внесення органічних добрив та застосування післяжнивних посівів на зелене добриво [14; 15].

Згідно з представленими у науковій літературі даними, застосування класичного (полицевого) обробітку ґрунту збільшує загальну його пористість. Дослідженнями Беґея С.С. [16] встановлено, що проведення оранки на 20–22 см з розпушуванням підорного шару на 12–14 см забезпечило зменшення щільності ґрунту на 0,01–0,04 г/см³, що позитивно впливало на ріст і розвиток озимих культур.

За даними Цюка О.А. [17], система полицево-безполицевого обробітку ґрунту в зерно-просапній сівозміні створює кращі умови для оптимізації агрофізичних показників і забезпечує найвищу урожайність пшениці озимої. Також спостерігається тенденція до зменшення пористості ґрунту на тлі систематичних безполицевих обробітків порівняно з оранкою. В дослідженнях Цилорика О.І. [18], дисковий обробіток значно підвищував величину щільності ґрунту порівняно з оранкою. При цьому,

аналогічне їй підвищення відмічається і за застосування чизельного обробітку. Застосування мілкого обробітку ґрунту як за полицевого, так і за безполицевого способів спричиняло зменшення пористості пористості ґрунту до 46,5–47,8% порівняно з оранкою та чизелюванням, де був цей показник відповідно 49,0 і 50,9% [19].

Тому актуальним є пошук систем і технологій вирощування, які б зменшили негативний вплив на ґрунт, одночасно забезпечуючи оптимальні умови для розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У стаціонарному польовому досліді ТОВ «Навчально-науково-інноваційний центр агротехнологій «Агрофірма Колос» с. Пустоварівка Сквирського р-ну Київської обл. здійснені польові дослідження впродовж 2019–2021 рр. Ґрунт чорнозем типовий глибокий крупнопилувато-середньосуглинковий, – уміст гумусу 4,5% (ДСТУ 4289:2004), легкогідролізованого азоту – 184 мг/кг (ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору – 233 мг/кг та калію – 95 мг/кг ґрунту (ДСТУ 4115:2002), рН_{сол.} – 6,5 (ДСТУ ISO 10390-2001), суми увібраних основ – 85–99% (ДСТУ 4362:2004). Схема експерименту передбачала комплексне вивчення двох чинників.

Фактор А – попередники пшениці озимої: 1 – горох (контроль); 2 – ріпак озимий; 3 – соя; 4 – соняшник; 5 – кукурудза на силос.

Фактор Б – чотири варіанти основного обробітку ґрунту: полицевий (оранка) на 20–22 см (контроль); безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; безполицевий мілкий (дискова борона) на 12–14 см; безполицевий поверхневий (дискова борона) на 6–8 см. Розмір посівної площі 250 м², облікової – 180 м², повторності досліді чотириразова.

Загальну пористість ґрунту визначали розрахунковим [20]. Об'ємну масу ґрунту визначали методом циліндрів (ДСТУ ISO 11272–2001). Відбір проб проводився

з шарів 0–10, 10–20, 20–30 см перед сівбою пшениці озимої, за весняного відновлення вегетації та перед збиранням урожаю.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Щільність ґрунту є важливим показником фізичних властивостей ґрунту, від якого залежать не лише ґрунтові режими, а й технологічні властивості та якість обробітку ґрунту, що в кінцевому підсумку впливає на врожайність сільськогосподарських культур та його якість.

За результатами досліджень, щільність складення у шарі ґрунту 0–10 см на період сівби пшениці озимої залежно від системи основного обробітку ґрунту змінювалась від 1,11 до 1,14 г/см³ за нижчого показника у варіанті з проведенням основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см як полицевого, так і безполицевого способів (табл. 1).

Аналізуючи вплив розміщення пшениці озимої після різних попередників, слід зазначити, що вищою щільністю складення вирізнявся варіант після кукурудзи на силос, що в абсолютному значенні становило (1,13–1,15 г/см³).

Аналізуючи увесь досліджуваний шар (0–30 см) ґрунту на час сівби культури, слід зазначити, що як полицевий (оранка), так і безполицевий обробіток (чизель) мали близькі показники щільності ґрунту у досліджуваних шарах, значення яких підвищувалися від верхнього до нижнього. За систематичного мілкого обробітку на 12–14 см та поверхневого на 6–8 см найбільше ущільнювався шар ґрунту 10–20 см, за тенденції до розущільнення у 20–30 см шарі.

Показник пористості верхнього 0–10 см шару ґрунту на час сівби змінювався від 57,1% за проведення безполицевого мілкого обробітку ґрунту до 58% у варіанті з полицевим обробітком ґрунту на 20–22 см. Досліджувані попередники забезпечували параметри загальної пористості на рівні 57,5–58,0% за нижчих показників у варіанті з соняшником. Отже, як видно з представлених даних, на час сівби сої,

Таблиця 1. Вплив способів обробітку ґрунту та попередників на щільність складення ґрунту за вирощування пшениці озимої (середнє за 2019–2021 рр.), г/см³

А	В	Перед сівбою			Відновлення вегетації			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Горох (St)	О (St)	1,10	1,14	1,18	1,17	1,26	1,31	1,25	1,33	1,34
	Ч	1,12	1,17	1,21	1,20	1,28	1,32	1,23	1,32	1,34
	М	1,13	1,20	1,23	1,21	1,27	1,32	1,25	1,32	1,36
	П	1,10	1,22	1,25	1,19	1,28	1,32	1,29	1,37	1,39
Соя	О (St)	1,11	1,17	1,16	1,19	1,26	1,29	1,23	1,27	1,28
	Ч	1,12	1,21	1,18	1,20	1,26	1,30	1,23	1,30	1,31
	М	1,14	1,22	1,24	1,21	1,25	1,30	1,23	1,30	1,32
	П	1,13	1,23	1,25	1,20	1,27	1,31	1,30	1,33	1,35
Кукурудза на силос	О (St)	1,13	1,19	1,22	1,15	1,27	1,31	1,23	1,30	1,32
	Ч	1,14	1,15	1,25	1,18	1,28	1,31	1,22	1,32	1,33
	М	1,15	1,23	1,24	1,19	1,28	1,31	1,23	1,31	1,35
	П	1,14	1,22	1,26	1,18	1,29	1,33	1,27	1,36	1,37
Ріпак озимий	О (St)	1,11	1,18	1,21	1,18	1,27	1,31	1,27	1,32	1,34
	Ч	1,12	1,21	1,19	1,17	1,25	1,28	1,26	1,30	1,30
	М	1,13	1,18	1,25	1,20	1,28	1,32	1,27	1,34	1,37
	П	1,11	1,20	1,24	1,23	1,29	1,34	1,30	1,35	1,37
Соняшник	О (St)	1,12	1,22	1,25	1,18	1,27	1,31	1,27	1,32	1,34
	Ч	1,11	1,25	1,23	1,20	1,28	1,32	1,27	1,35	1,36
	М	1,13	1,21	1,25	1,20	1,28	1,32	1,27	1,34	1,37
	П	1,12	1,23	1,26	1,23	1,29	1,34	1,30	1,38	1,40
НІР ₀₅ (АВ)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Горох		1,11	1,18	1,22	1,19	1,27	1,32	1,26	1,34	1,36
Соя		1,13	1,21	1,21	1,20	1,26	1,30	1,25	1,30	1,32
Кукурудза на силос		1,14	1,20	1,24	1,18	1,28	1,32	1,24	1,32	1,34
Ріпак озимий		1,12	1,19	1,22	1,20	1,27	1,31	1,28	1,33	1,35
Соняшник		1,12	1,23	1,25	1,20	1,28	1,32	1,28	1,35	1,37
НІР ₀₅ (А)		0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
О (St)		1,11	1,18	1,20	1,17	1,27	1,31	1,25	1,31	1,32
Ч		1,12	1,20	1,21	1,19	1,27	1,31	1,24	1,32	1,33
М		1,14	1,21	1,24	1,20	1,27	1,31	1,25	1,32	1,35
П		1,12	1,22	1,25	1,21	1,28	1,33	1,29	1,36	1,38
НІР ₀₅ (В)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Примітка: А – попередники; В – системи основного обробітку ґрунту; О – оранка на 20–22 см, Ч – чизелювання на 20–22 см, М – дискування на 10–12 см, П – дискування на 6–8 см.

Таблиця 2. Вплив способів обробітку ґрунту і попередників на пористість ґрунту за вирощування пшениці озимої (середнє за 2019–2021 рр.)

А	В	Перед сівбою			Відновлення вегетації			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Горох (St)	О (St)	58,5	56,2	54,3	55,5	51,5	49,6	51,9	49,2	48,5
	Ч	57,7	55,0	53,1	54,4	50,8	49,2	52,7	49,6	48,5
	М	57,4	53,8	52,3	54,0	51,2	49,2	51,9	49,6	47,7
	П	58,5	53,1	51,6	54,8	50,8	49,2	50,4	47,7	46,5
Со́я	О (St)	58,1	55,0	55,0	54,8	51,5	50,4	52,7	51,5	50,8
	Ч	57,7	53,5	54,3	54,4	51,5	50,0	52,7	50,4	49,6
	М	57,0	53,1	51,9	54,0	51,9	50,0	52,7	50,4	49,2
	П	57,4	52,7	51,6	54,4	51,2	49,6	50,0	49,2	48,1
Кукурудза на силос	О (St)	57,4	54,2	52,7	56,3	51,2	49,6	52,7	50,4	49,2
	Ч	57,0	55,8	51,6	55,1	50,8	49,6	53,1	49,6	48,8
	М	56,6	52,7	51,9	54,8	50,8	49,6	52,7	50,0	48,1
	П	57,0	53,1	51,2	55,1	50,4	48,8	51,2	48,1	47,3
Ріпак озимий	О (St)	58,1	54,6	53,1	55,1	51,2	49,6	51,2	49,6	48,5
	Ч	57,7	53,5	53,9	55,5	51,9	50,8	51,5	50,4	50,0
	М	57,4	54,6	51,6	54,4	50,8	49,2	51,2	48,9	47,3
	П	58,1	53,8	51,9	53,2	50,4	48,5	50,0	48,5	47,3
Соняшник	О (St)	57,7	53,1	51,6	55,1	51,2	49,6	51,2	49,6	48,5
	Ч	58,1	51,9	52,3	54,4	50,8	49,2	51,2	48,5	47,7
	М	57,4	53,5	51,6	54,4	50,8	49,2	51,2	48,9	47,3
	П	57,7	52,7	51,2	53,2	50,4	48,5	50,0	47,3	46,2
НІР ₀₅ (АВ)		1,1	0,6	0,7	1,2	0,7	1,3	1,3	0,6	1,2
Горох		58,0	54,5	52,8	54,7	51,1	49,3	51,7	49,0	47,8
Со́я		57,9	54,2	53,0	54,5	51,1	49,5	51,9	49,6	48,4
Кукурудза на силос		57,9	53,8	53,3	54,5	51,3	49,7	51,9	49,8	48,7
Ріпак озимий		57,8	53,7	53,2	54,5	51,4	49,9	52,1	50,0	49,0
Соняшник		57,5	53,6	53,2	54,4	51,5	50,0	52,0	50,4	49,4
НІР ₀₅ (А)		0,7	0,3	0,3	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4
О (St)		58,0	54,6	53,3	55,4	51,3	49,8	51,9	50,1	49,1
Ч		57,7	53,9	53,0	54,8	51,2	49,8	52,2	49,7	48,9
М		57,1	53,5	51,9	54,3	51,1	49,5	51,9	49,5	47,9
П		57,7	53,1	51,5	54,1	50,6	48,9	50,3	48,2	47,1
НІР ₀₅ (В)		0,6	0,4	0,4	0,6	0,3	0,6	0,7	0,4	0,5

Примітка: А – попередники; В – системи основного обробітку ґрунту; О – оранка на 20–22 см, Ч – чизелювання на 20–22 см, М – дискування на 10–12 см, П – дискування на 6–8 см.

грунт характеризується оптимальними значеннями щільності і пористості незалежно від попередника і варіанта обробітку ґрунту (табл. 2).

У подальшому в процесі повернення до рівноважної щільності та росту кореневої системи рослин, щільність ґрунту підвищувалася, а відзначені закономірності розподілу щільності ґрунту за варіантами обробітку проявлялися до повної стиглості. Встановлено, що на час відновлення вегетації за полицевого основного обробітку ґрунту у шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–30 см щільність складення ґрунту становила відповідно 1,17, 1,27 і 1,31 г/см³, а на час збирання зростала до 1,25, 1,31 і 1,32 г/см³.

Загальна пористість відповідно сягала 55,4, 51,3 та 49,8 г/см³. Безполицевий чизельний обробіток ґрунту не призводив до погіршення агрофізичних показників ґрунту, параметри яких істотно не відрізнялися від оранки на 20–22 см.

Поверхневий і мілкий безполицеві обробітки ґрунту істотно збільшували щільність складення ґрунту і загальну пористість нижніх горизонтів ґрунту (10–20 і 20–30 см) порівняно з оранкою і чизельним обробітками на 20–22 см.

Зростання щільності ґрунту, за проходження фаз росту і розвитку пшениці озимої, спричиняло зниження і його пористості. Особливо це спостерігалось за мілкого, поверхневого обробітку. У варіантах із застосуванням оранки і безполицевого (чизель) обробітку на 20–22 см показники щільності і пористості ґрунту на час збирання, мали рівні значення, і залежно від глиби досліджуваного шару ґрунту становили, за оранки у 0–10 см шарі — 1,25 г/см³

і 51,9%, у шарі ґрунту 10–20 см — 1,31 г/см³ і 50,1%, та у шарі 20–30 см — 1,32 г/см³ і 49,1% та безполицевого (чизель) відповідно шарі у 0–10 см — 1,24 г/см³ і 52,2%, у шарі ґрунту 10–20 см — 1,32 г/см³ і 49,7%, та у шарі 20–30 см — 1,33 г/см³ і 48,9%. Аналіз досліджуваних попередників не виявив істотної різниці стосовно їх впливу на агрофізичні показники ґрунту.

ВИСНОВКИ

Досліджувані системи основного обробітку ґрунту істотно впливали на його щільність складення та загальну пористість. Система полицевого та безполицевого основного обробітку ґрунту на 20–22 см забезпечувала кращі показники будови оброблюваного шару ґрунту впродовж всієї вегетації *Triticum vulgare* (об'ємна маса ґрунту не перевищувала 1,30 г/см³, а загальна пористість не перебувала нижче 50%).

Варіанти з мілким і поверхневим безполицевими обробітками ґрунту призвели до значного збільшення об'ємної маси ґрунту до 1,35–1,40 г/см³ та істотного зменшення загальної пористості ґрунту особливо в шарах 10–20 і 20–30 см від періоду відновлення вегетації пшениці озимої до її збирання.

Оптимальним поєднанням у досліді можна вважати розміщення пшениці озимої після зернобобових попередників із застосуванням полицевого і безполицевого основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см. Це дало змогу забезпечити оптимальні показники загальної пористості ґрунту не лише у верхніх 0–10 см його товщини, а й у глибших шарах упродовж усієї вегетації пшениці озимої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Малярчук М.П. та ін. Еколого-економічна ефективність сидерації у сівозміні на зрощуваних землях півдня України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207681>.
2. Gao L., Becker E., Liang G. et al. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*. 2017. Vol. 288. P. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.0.05>.
3. De Notaris C., Lund Jensen J., Eivind Olesen J. et al. Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. *Geoderma*. 2021. № 403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115383>.
4. Steponavičienė V., Boguzas V., Sinkevičienė A. et al. Soil physical state as influenced by long-term reduced

- tillage, no-tillage and straw management. *Zemdirbyste — Agriculture*. 2020. Vol. 107. № 3. P. 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wpcontent/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf.
5. Su Y., Gabrielle B. and Makowski D. A global dataset for crop production under conventional tillage and no tillage systems. *Sci Data*. 2021. Vol. 8. P. 33. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00817-x>.
 6. Примак І.Д., Панченко О.Б. Вплив механічного обробітку ґрунту та удобрення у спеціалізованій зерно-просапній сівозміні Центрального Лісостепу України на агрофізичні властивості чорнозему типового. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 6 (55). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2015_6/11.pdf.
 7. Dexter A.R. Physical properties of tilled soils. *Soil and Tillage Research*. 1997. Vol. 43. Iss.1–2. P. 41–63. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00034-2).
 8. Fu YW., Tian ZC., Amoozegar A. and Heitman J. Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. *Soil & tillage research*. 2019. Vol. 193. P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016>
 9. Munkholm L.J., Heck R.J. and Deen B. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 127. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007>
 10. Zhang Y., Wang Sh., Wang H. et al. The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. № 263. P. 107–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.012>
 11. Velykis A. and Satkus A. The impact of tillage, Caamendment and cover crop on the physical state of a clay loam soil. *Zemdirbyste — Agriculture*. 2018. № 1. Iss. 105. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.001>
 12. Балаєв А.Д., Гаврилюк М.В., Стопа В.П. Родючість чорноземів Лісостепу за використання мінімізації обробітку ґрунту і елементів біологізації землеробства. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 8–11.
 13. Качмар О.Й., Вавринович О.В., Щерба М.М. та ін. Вплив систем обробітку ґрунту й удобрення на поживний режим сірого лісового ґрунту і продуктивність короткоротаційної сівозміни. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 18–34. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-2).
 14. Медведєв В.В., Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Фізика ґрунту: навч. посіб. Київ: Видавництво, 2018. 289 с.
 15. Li J., Wang Yk., Guo Z. et al. Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 7. P. 4716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7>
 16. Бегей С.С., Карасевич Н.В. Вплив основного обробітку ґрунту на його щільність та вологість у посівах жита озимого на схилі землях Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70. С. 34–48. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-3)
 17. Цюк О.А. Зміни агрофізичних властивостей ґрунту в агрофітоценозі пшениці озимі залежно від систем його основного обробітку. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/26.pdf
 18. Циліорик О.І., Шапка В.П. Ефективність безполіцевого обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого в північному Степу. *Вісник Полтавського державної аграрної академії*. 2014. № 1. С. 25–29.
 19. Піковська О.В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на структурний стан чорнозему звичайного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія*. 2013. Вип. 183 (2). С. 193–197. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_agr_2013_183\(2\)_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_agr_2013_183(2)_35).
 20. Танчик С.П., Манько Ю.П. Землеробство: практикум. Київ: Нілан ЛТД. 2013. 278 с.

REFERENCES

1. Hadzalo, YA.M., Vozhehova, R.A., Malyarchuk, M.P. et al. (2020). Ekoloĥo-ekonomichna efektyvnist' syderatsiyi u sivozmini na zroshuvanykh zemlyakh pıvdayna Ukrayiny [Ecological and economic efficiency of green manure in crop rotation on irrigated lands in the south of Ukraine]. *Aĥroekoloĥichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 55–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207681> [in Ukrainian].
2. Gao, L., Becker, E., Liang, G. et al. (2017). Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*, 288, 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j> [in English].
3. De Notaris, C., Lund Jensen, J., Eivind Olesen, J. et al. (2021). Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. *Geoderma*, 403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115383> [in English].
4. Steponavičienė, V., Boguzas, V., Sinkevičienė, A. et al. (2020). Soil physical state as influenced by long-term reduced tillage, no-tillage and straw management. *Zemdirbyste — Agriculture*, 107 (3), 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wpcontent/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf [in English].
5. Su, Y., Gabrielle, B. & Makowski, D. (2021). A global dataset for crop production under conventional tillage and no tillage systems. *Sci Data*, 8, 33. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00817-x> [in English].
6. Prymak, I.D. & Panchenko, O. B. (2015). Vplyv mekhanichnoho obrobittku ґruntu ta udobrennya u spetsializovaniy zerno-prosapniy sivozmini Tsent-

- ral'noho Lisostepu Ukrayiny na ahrofizychni vlasty-vosti chornozemu tyпового [The influence of mechanical tillage and fertilization in the specialized grain-row crop rotation of the Central Forest Steppe of Ukraine on the agrophysical properties of typical chernozem]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny*, 6 (55). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2015_6/11.pdf [in Ukrainian].
7. Dexter, A.R. (1997). Physical properties of tilled soils. *Soil and Tillage Research*, 43 (1–2), 41–63. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00034-2) [in English].
 8. Fu, YW., Tian, ZC., Amoozegar, A. & Heitman, J. (2019). Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. *Soil & tillage research*, 193, 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016> [in English].
 9. Munkholm, L.J., Heck, R.J. & Deen, B. (2013). Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*, 127, 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007> [in English].
 10. Zhang, Y., Wang, Sh., Wang, H. et al. (2018). The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 107–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.012> [in English].
 11. Velykis, A. & Satkus, A. (2018). The impact of tillage, Caamendment and cover crop on the physical state of a clay loam soil. *Zemdirbyste — Agriculture*, 1 (105), 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.001> [in English].
 12. Balayev, A.D., Havrylyuk, M.V. & Stopa, V.P. (2013). Rodyuchist' chornozemiv Lisostepu za vykorystannya minimizatsiyi obrobitku gruntu i elementiv biolohizatsiyi zemlerobstva [Fertility of chernozems of the Forest Steppe using minimization of tillage and elements of biologization of agriculture]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu — Bulletin of Kharkiv Agrarian University*, 1, 8–11 [in Ukrainian].
 13. Kachmar, O.Y., Vavrynovych, O.V., Shcherba, M.M. et al. (2021). Vplyv system obrobitku gruntu u udobrennyia na pozhyvnyy rezhym siroho lisovoho gruntu i produktyvnist' korotkorotatsiyanoi sivozminy [Influence of soil tillage and fertilization systems on the nutrient regime of gray forest soil and productivity of short-rotation crop rotation]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo — Foothill and mountain agriculture and tvan breeding*, 70 (2), 18–34. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-2) [in Ukrainian].
 14. Medvedyev, V.V., Bulyhin, S.YU. & Vitvits'kyi, S.V. (2018). *Fizyka gruntu [Soil physics]*. Kyiv [in Ukrainian].
 15. Li, J., Wang, Yk., Guo, Z. et al. (2020). Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*, 10, 4716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7> [in English].
 16. Behey, S.S. & Karasevych, N.V. (2021). Vplyv osnovnoho obrobitku gruntu na yoho shchil'nist' ta volohist' u posivakh zhyta ozymoho na skhylovykh zemlyakh Peredkarpattya [The influence of the main tillage of the soil on its density and moisture in winter rye crops on the slopes of Precarpathia]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo — Foothill and mountain agriculture and tvan breeding*, 70, 34–48. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-3) [in Ukrainian].
 17. Tsyuk, O.A. (2016). Zminy ahrofizychnykh vlasty-vostey gruntu v ahrofitotsenozi pshenytsi ozymoyi zalezno vid system yoho osnovnoho obrobitku [Changes in the agrophysical properties of the soil in the agrophytocenosis of winter wheat depending on the systems of its main cultivation]. *Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny — Scientific reports of the National University of Bioresources and Natural Resources*. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/26.pdf [in Ukrainian].
 18. Tsylyuryk, O.I. & Shapka, V.P. (2014). Efektyvnist' bezpolytsevoho obrobitku gruntu za vyroshchuvannya yachmenyu yaroho v pivnichnomu Stepu [Effectiveness of the unpolished tillage for growing spring barley in the northern Steppe]. *Visnyk Poltav'skoho derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava Agrarian Academy*, 1, 25–29 [in Ukrainian].
 19. Pikov's'ka, O.V. (2013). Vplyv minimizatsiyi obrobitku gruntu na strukturnyy stan chornozemu zvychaynoho [The effect of minimizing tillage on the structural condition of ordinary chernozem]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: Ahronomiya — Scientific reports of the National University of Bioresources and Natural Resources. Series: Agronomy*, 183 (2), 193–197. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvna_u_agr_2013_183\(2\)_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvna_u_agr_2013_183(2)_35) [in Ukrainian].
 20. Tanchyk, S.P. & Manko, Yu.P. (2013). *Zemlerobstvo [Agriculture]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2022

ДИНАМІКА ВМІСТУ ^{137}Cs ТА ^{90}Sr У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛ.

А.М. Кирильчук, Р.П. Паламарчук

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)

e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3948-5810

e-mail: prp777@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5965-1305

У статті розглянуто результати моніторингу радіонуклідного забруднення ^{137}Cs та ^{90}Sr ґрунтів Житомирської обл. Узагальнені результати агрохімічної паспортизації сільськогосподарських угідь за 2006–2020 рр. досліджень (IX–XI тури). Для польових і лабораторних досліджень використано методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення та гамма-зйомок території і визначення питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у зразках ґрунту. Встановлено, що у віддалений період після аварії, радіаційний стан території Житомирської обл. наразі стабілізувався і формується переважно під впливом довгоживучих радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90. За час, що минув, після аварії лише за рахунок природного радіоактивного розпаду активність ізотопів ^{137}Cs та ^{90}Sr зменшилась приблизно вдвічі. Цьому сприяли природні процеси та здійснення заходів із запобігання винесенню радіонуклідів за межі зони відчуження. Найпоширеніші в зоні Полісся дерново-підзолисті ґрунти характеризуються високою сорбційною здатністю та слабкою міграцією по профілю ^{137}Cs . Встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь, забруднених ^{137}Cs та ^{90}Sr зі щільністю забруднення $<5,0 \text{ Кі/км}^2$ і $<0,15 \text{ Кі/км}^2$ становить 99,9% й 99,5% відповідно, щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів ^{137}Cs варіювала від 0,07 до $3,41 \text{ Кі/км}^2$, а ^{90}Sr від 0,013 до $0,164 \text{ Кі/км}^2$, тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими. Виявлений прямий кореляційний зв'язок між показниками реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значний зв'язок із забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$). Наголошено, що використання земельного фонду Житомирської обл. потребує постійного контролю за станом ґрунтової родючості та забруднення радіонуклідами. Здійснення завдання можливе за умови постійно діючого ґрунтово-агрохімічного моніторингу, що здійснюється шляхом проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення.

Ключові слова: Житомирський регіон, ґрунтово-агрохімічний моніторинг, агрохімічна паспортизація, радіонуклідне забруднення.

ВСТУП

Ґрунт і його родючість є головним чинником, що забезпечує високопродуктивне успішне функціонування аграрних виробничих систем. Неможливо прагнути до сталого розвитку землеробства без глибоких знань про ґрунти, без розуміння того, що ґрунт — це основа життя не лише людей, а й усього живого на планеті [1].

Родючість ґрунтів завжди була в полі зору держави. Контроль за зміною показників родючості та забрудненням ґрунтів токсичними речовинами і радіонуклідами, раціональним використанням земель сіль-

ськогосподарського призначення в Житомирській обл. здійснює філія ДУ «Держґрунтохорона». Згідно з Указом Президента України від 2 грудня 1995 р. №1118/95 «Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення» паспортизації підлягають кожне поле, ділянка, незалежно від форм власності. Проводиться вона в обов'язковому порядку раз на п'ять років, а за зміни власника обстеження проводиться незалежно від попереднього строку. Агрохімічний паспорт містить повну агрохімічну і екологічну характеристику земельної ділянки. Крім того, в ньому виведена оцінка родючості ґрунтів

у балах, яка повинна слугувати основним показником при вартісній оцінці земель. Згодом у паспорті будуть відмічатися будь-які зміни показників родючості ґрунту, що сталися внаслідок господарювання, що зобов'язує землевласників (орендарів) зберігати і примножувати родючість ґрунту.

У зв'язку з аварією на Чорнобильській АЕС постала гостра необхідність радіаційного моніторингу для здійснення контролю за навколишнім середовищем, розробкою методів і заходів стабілізації обстановки на забруднених радіонуклідами територіях, створення безпечних умов для життя та праці людей [2].

Систематичне сільськогосподарське використання земельного фонду Житомирської обл. потребує постійного контролю за станом ґрунтової родючості, ступенем еродованості, реакцією та сольовим режимом ґрунтового середовища, а також рівнем забруднення важкими металами, радіонуклідами, пестицидами [3].

Виконання цього завдання можливе за умови постійно діючого ґрунтово-агрохімічного моніторингу, що здійснюється шляхом проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, яка вирішує проблеми пов'язані з моніторингом родючості ґрунтів, забезпечує високоефективне застосування засобів хімізації, підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та збереження довкілля.

Метою роботи був моніторинг вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл. впродовж 2006–2020 рр.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Чорнобильська катастрофа 1986 р. за масштабами викиду в довкілля радіоактивних речовин не має аналогів у світі та за міжнародною шкалою подій на АЕС, відповідає найвищому, сьомому рівню.

Для вирішення сільськогосподарських проблем, створених Чорнобильською катастрофою потрібно десятки, якщо не сотні років.

В Україні створена нормативно-правова база, що регулює весь комплекс післячорнобильських проблем. Верховна Рада України прийняла і ратифікувала велику кількість законів, постанов, резолюцій і угод, спрямованих на розв'язання найскладніших проблем мінімізації наслідків катастрофи і недопущення подібних аварій у майбутньому [4]. Серед прийнятих Верховною Радою України законів необхідно виділити Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», який із метою радіаційного захисту населення визначає радіоактивне зонування забруднених територій [2].

Внаслідок радіоактивного розпаду, рівні забруднення ^{90}Sr і ^{137}Cs істотно зменшились. Однак, після проходження одного періоду напіврозпаду ^{137}Cs , у зоні відчуження зі щільністю забруднення ґрунту вище 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2), за попередніми оцінками, залишається близько 91% території. Впродовж усього періоду після аварії простежується зростання біодоступності ^{90}Sr внаслідок його вилуговування з паливних частинок, яка нині досягла свого максимального значення [5].

Наразі залишається актуальною інформація стосовно радіонуклідного забруднення ґрунту, прогнозування динаміки накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у системі рослина–тваринницька продукція. Одним з інструментів контролю за рівнем радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь є моніторинг — комплексна система спостережень, збору, обробки, систематизації та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, яка дає оцінку і прогнозує його зміни, розробляє обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились у Житомирській філії ДУ «Держґрунтохорона» впродовж 2006–2020 рр. Робота є складовою тематичного плану і виконано згідно з науково-дослідною роботою на 2016–

2020 рр. за завданням «Дослідження якісного стану ґрунтів Житомирської області» (номер державної реєстрації 0116U000338).

При проведенні робіт із моніторингу ґрунтів, та еколого-агрохімічній паспортизації земель сільськогосподарського призначення використовувались такі методики: «Суцільний ґрунтово-агрохімічний моніторинг сільськогосподарських угідь України»; «Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок»; «Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення» [6–8]. Дослідження здійснювались польовими, лабораторними та порівняльно-екологічними методами.

Польове агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення, відбір зразків та лабораторне дослідження зразків ґрунту про їх еколого-агрохімічний стан, виконувались згідно з існуючими ДСТУ та методиками. Ґрунтово-агрохімічні дослідження проводились відповідно до діючих ДСТУ та методичних вказівок:

- обстеження земель — ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб;
- вміст гумусу — ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини;
- визначення рН — ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН.

Ступінь забруднення ґрунтів ^{90}Sr визначали згідно «Методических указаний по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях».

Ступінь забруднення ґрунтів ^{137}Cs визначали згідно «Методики экстренного радиологического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов цезия в воде, почве, продуктах питания, продуктах животноводства и растениеводства».

Зразки ґрунту відбирали на елементарній ділянці методом точкових проб. З точкових проб, для агрохімічного аналізу, формували збірну пробу ґрунту. Площа елементарної ділянки залежала від виду сільськогосподарських угідь, контурності території, строкатості ґрунтового покри-

ву та розміру земельної ділянки. На ріллі площа елементарної ділянки в середньому становила 8,1 га, на сіножатях і пасовищах — 13,5 га. Фахівцями Філії здійснено агрохімічне обстеження сільськогосподарських угідь по 277 об'єктах (господарствах, а у разі їх відсутності — сільських та селищних радах) 23 районів області (Андрушівський, Бердичівський, Любарський, Попільнянський, Ружинський, Чуднівський, Романівський, Житомирський, Коростишівський, Новоград-Волинський, Черняхівський, Баранівський, Хорошківський, Ємільчинський, Коростенський, Лугинський, Малинський, Народицький, Овруцький, Олевський, Радомишльський, Пулинський, Брусилівський).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Житомирська обл., площа якої сягає 29,8 тис км², розташована на північному заході України у двох ґрунтово-кліматичних зонах — Поліссі (північна частина області) і Лісостепу (південна частина області).

Земельний фонд області становить 2982,7 тис. га, з яких 1510,1 тис. га — сільськогосподарські угіддя. В розрізі адміністративних районів величина площ сільськогосподарських угідь варіює від 28,0 тис. га (Народицький р-н) до 110,3 тис. га (Новоград-Волинський р-н). Площа орних земель у структурі сільськогосподарських угідь області становить 1112,7 тис. га, або 73,7%, що свідчить про дуже високий ступінь розораності. В розрізі районів ступінь розораності сільськогосподарських угідь варіює від 42,3% (Волдарсько-Волинський р-н) до 91,3% (Попільнянський р-н).

Багаторічні насадження займають 23,4 тис. га (1,6%), під луками та пасовищами знаходиться 184,9 тис. га (12,2% угідь). Частка сіножатей та перелогів у структурі сільськогосподарських угідь становить 8,4 й 4,1% (126,9 тис. га і 62,2 тис. га відповідно). В розрізі районів найбільша кількість сіножатей у структурі сільськогосподарських угідь виявлена в Олевському р-ні — 15,2 тис. га (32,1%), перелогів у Малинському р-ні — 17,5 тис. га (33,0%).

Ґрунтовий покрив Житомирської обл., переважно, представлений дерново-підзолистими ґрунтами легкого гранулометричного складу, які характеризуються підвищеною кислотністю ґрунтового розчину, низькою природною родючістю та перезвоженими органогенними ґрунтами, що зумовлює високу рухомість радіонуклідів у агроценозах забруднених територій. Максимально забрудненими як за щільністю, так і за площею виявились сільськогосподарські угіддя, в т. ч. й рілля у розташованих поблизу Чорнобиля та Прип'яті Народицькому, Овруцькому, Лугинському, Олевському та Коростенському р-нах [9].

Суцільне радіологічне обстеження сільськогосподарських угідь Житомирської обл. було проведене лише один раз — у перші післяварійні роки (1986–1993 рр.). Серед обстежених 1,47 млн га сільськогосподарських угідь було виявлено 327 тис. га, де щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs перевищувала 37 кБк/м², у т. ч. 42,7 тис. га мали щільність забруднення ^{137}Cs 185–555 кБк/м² (5,0–15,0 Кі/км²), 9,9 тис. га — понад 555 кБк/м². Із загальної площі ріллі, забрудненої радіоцезієм понад 37 кБк/м², 84,7% мали щільність забруднення від 37 до 185 кБк/м², 12,9% — від 185 до 555 кБк/м² та 2,5% — більше 555 кБк/м² [10].

Майже вся обстежена площа (92,6%) виявилася забрудненою ^{90}Sr зі щільністю понад 0,74 кБк/м² (0,02 Кі/км²), забруднення в межах 0,74–5,55 кБк/м² (0,02–0,15 Кі/км²) виявлено на площі 104,3 тис. га, зі щільністю забруднення понад 111 кБк/м² (3,0 Кі/км²) — 0,6 тис. га.

Подальші дослідження, що проводились за програмами агрохімічних обстежень та агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [9] не відповідали сучасним методичним вимогам радіологічних досліджень: відбираючи зразки не проводилась гамма-зйомка, усереднені проби формувалися зі значних площ (100 і більше га), що, з урахуванням строкатості радіоактивних випадів, унеможливило використання таких даних для статистично достовірної характеристики

сучасного стану забруднення ґрунтів радіонуклідами. Радіологічні обстеження угідь, що проводилися науково-дослідними установами з дотриманням усіх методичних вимог до таких робіт, носили фрагментарний характер та не охоплювали всієї забрудненої радіонуклідами території.

Наразі дані агрохімічної паспортизації є чи не єдиним джерелом отримання оперативної та періодично поновлюваної інформації щодо змін рівнів забруднення ґрунтів області радіонуклідами. За результатами XI туру (2016–2020 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь показник щільності забруднення ^{137}Cs 99,9% усіх площ сільськогосподарських угідь Житомирської обл. знаходився на рівні менше 5,0 Кі/км² та в середньому становив 0,3 Кі/км². Щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів варіювала від 0,07 (Романівський та Пулинський р-ни) до 3,41 Кі/км² (Народицький р-н) (рис. 1). Згідно з чинним законодавством, землі, забруднені ^{137}Cs до 5,0 Кі/км², вважаються умовно чистими.

Порівняно з IX та X туром (2006–2010 та 2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь, у XI турі (2016–2020 рр.) істотно зменшилась кількість забруднених ^{137}Cs ґрунтів зі щільніс-

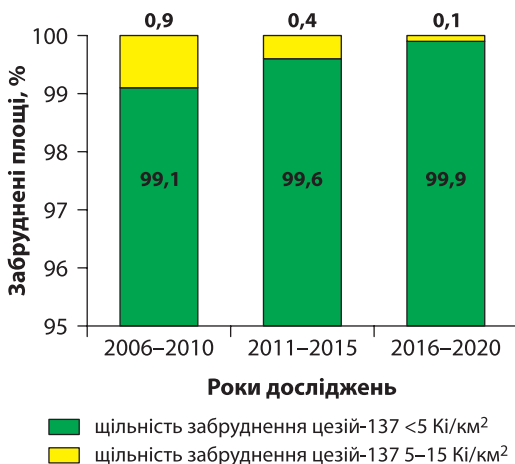


Рис. 1. Характеристика ґрунтів за щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ^{137}Cs

тю забруднення 5,0–15,0 Ки/км², про що свідчить величина достовірності апроксимації ($R^2=0,98$).

За результатами ІХ туру агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь у дев'яти адміністративних районах виявлено угіддя, на яких щільність забруднення ґрунту ¹³⁷Cs перевищувала 37 кБк/м² (1,0 Ки/км²). Аналізуючи середні рівні щільності забруднення найвищими вони були в Народицькому (109 кБк/м², або 2,9 Ки/км²), Лугинському (72 кБк/м², або 1,9 Ки/км²), Коростенському (68 кБк/м², або 1,8 Ки/км²), Овруцькому (51 кБк/м², або 1,4 Ки/км²) та Олевському (45 кБк/м², або 1,2 Ки/км²) р-нах.

За результатами ХІ туру обстеження, середньозважений показник ¹³⁷Cs на території Народицького р-ну загалом становив 3,41 Ки/км² (у т. ч. рілля – 3,37, луки та пасовища – 4,05 Ки/км²), Коростенського – 1,35 Ки/км² (у т. ч. рілля – 1,32, луки і пасовища – 2,25 Ки/км²) та Лугинського – 1,02 Ки/км² (у т. ч. рілля – 1,00, луки і пасовища – 1,08 Ки/км²).

За результатами ХІ туру (2016–2020 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь показник щільності забруднення ⁹⁰Sr 99,5% усіх площ сільськогосподарських угідь Житомирської обл.

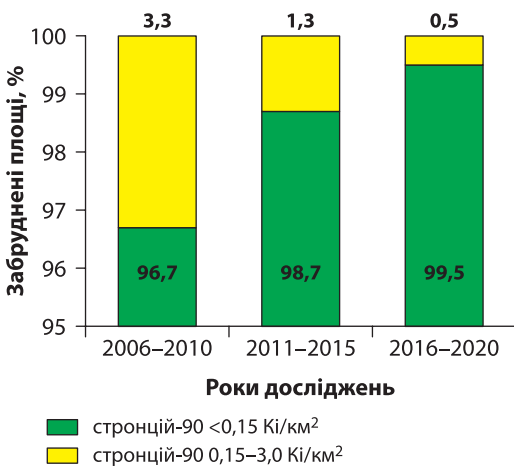


Рис. 2. Характеристика ґрунтів за щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ⁹⁰Sr

знаходився на рівні менше 0,15 Ки/км² та в середньому становив 0,02 Ки/км², тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими (рис. 2). За результатами даних трьох турів (ІХ–ХІ тури) агрохімічного обстеження, які проводились упродовж 2006–2020 рр. встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь забруднених ⁹⁰Sr зі щільністю забруднення від 0,15 до 3,0 Ки/км² знизилась у ХІ турі, порівняно до ІХ, на 2,8% ($R^2=0,94$).

Показник середньозваженої щільності забруднення ґрунтів угідь ⁹⁰Sr у розрізі обстежених районів варіював від 0,013 до 0,164 Ки/км². За результатами ХІ туру обстеження, в розрізі районів, найвища щільність забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ⁹⁰Sr виявлена на території Народицького, Овруцького та Лугинського р-нів. Середньозважений показник стронцію-90 на території Народицького р-ну загалом становив 0,164 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,161, луки і пасовища – 0,228 Ки/км²), Овруцького – 0,057 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,056, луки і пасовища – 0,089 Ки/км²) та Лугинського – 0,048 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,052, луки і пасовища – 0,034 Ки/км²).

У ґрунті радіоактивні елементи мігрують переважно двома способами: переміщенням у результаті господарської діяльності людини та фізико-хімічними властивостями ґрунту та ізотопами. Істотне значення в цьому процесі мають: форма сполук, у яких перебувають радіонукліди, наявність у ґрунті іонів, близьких за хімічними властивостями до радіоізотопів, рН середовища, кількість опадів та деякі ґрунтово-кліматичні умови [11].

Реакція ґрунтового розчину на міграцію радіонуклідів впливає по-різному. Для більшості з них, зокрема для ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, за зростання кислотності знижується міцність закріплення в ґрунті, збільшується рухливість і надходження в рослини. Зі збільшенням вмісту в ґрунті карбонатів надходження ⁹⁰Sr з ґрунту в рослини знижується, а надходження ¹³⁷Cs зростає.

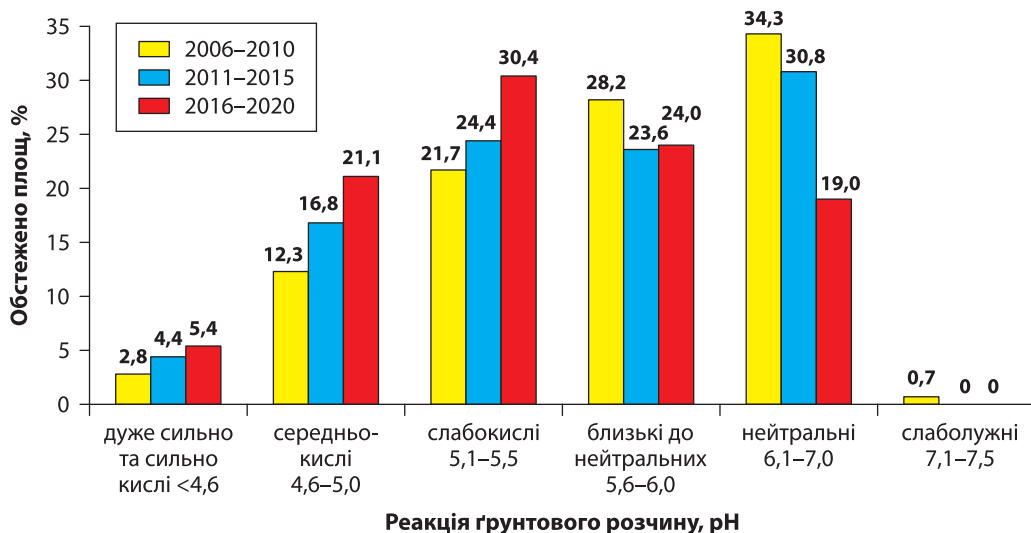


Рис. 3. Характеристика ґрунтів за показниками рН ґрунтового розчину

Внаслідок істотного зниження обсягів хімічної меліорації сільськогосподарських угідь області та використання переважно кислих азотних добрив, погіршується ситуація щодо підкислення та декальцинації ґрунтів. За результатами агрохімічного обстеження трьох турів досліджень (2006–2020 рр.) виявлена тенденція ($R^2=0,31$) до збільшення в області кількості сільськогосподарських угідь з кислою реакцією ґрунтового розчину (рис. 3). Так, за останні 15 років збільшилась кількість дуже сильно та сильнокислих ґрунтів, середньокислих та слабокислих відповідно на 2,6%; 8,8 і 8,7%. Разом із тим зменшилась частка угідь із близькою до нейтральної та нейтральною реакцією ґрунтового розчину на 4,2% і 15,3% відповідно.

Середньозважений показник рН ґрунтового розчину сільськогосподарських угідь Житомирської обл. знизився в XI турі агрохімічного обстеження порівняно з IX туром на 0,3 одиниці.

Гумус – важливе джерело елементів живлення для рослин, у якому міститься майже весь запас азоту, значна кількість фосфору і сірки, а також невелика кількість калію, кальцію та інших поживних речовин. Чим більше гумусу в ґрунті, тим кращий його поживний режим.

Органічна речовина бере участь в адсорбційних процесах, позитивно впливає на структуру ґрунту, її вологемкість, водото- повітропроникність, тепловий режим [12].

Аналізуючи дані лабораторних досліджень забезпеченості ґрунтів сільськогосподарських угідь Житомирської обл. гумусом, необхідно відмітити, що, порівняно з IX туром обстеження, в XI турі знизилась частка ґрунтів із дуже низьким і низьким умістом гумусу відповідно на 2,0% та 5,6% (рис. 4). Площі ґрунтів угідь із середнім та підвищеним умістом гумусу збільшились відповідно на 2,6% і 5,0%.

Трансформація ґрунтів угідь за класами забезпеченості гумусом відбувалась, як за рахунок переходу з одного класу в інший, так і за рахунок зміни обсягу обстежених площ сільськогосподарських угідь.

Аналізуючи результати XI туру агрохімічного обстеження, слід зазначити, що ґрунти угідь районів поліської частини області забезпечені гумусом дещо гірше ніж районів лісостепової частини. В районах поліської частини області кількість ґрунтів із дуже низьким та низьким умістом гумусу варіює відповідно від 0,6 до 21,0% і від 52,0 до 96,2% обстежених земель. Най-

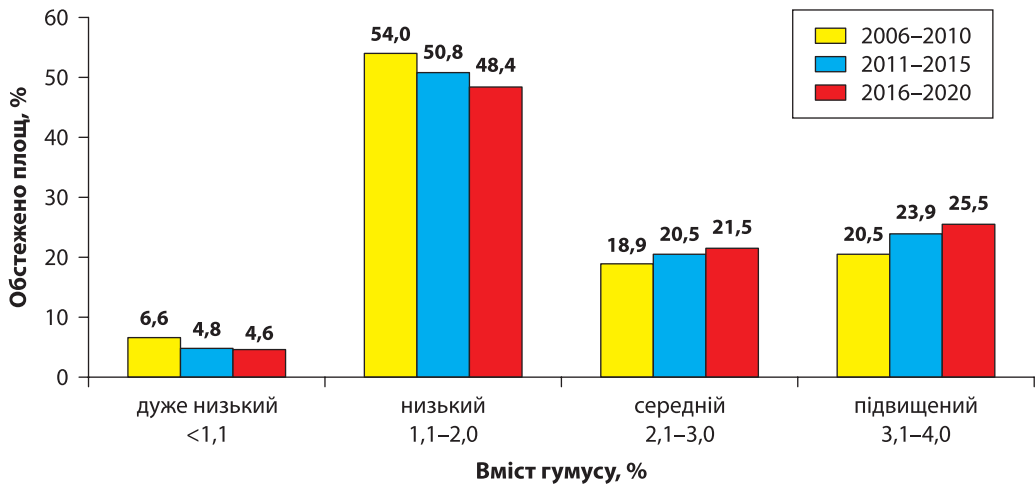


Рис. 4. Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

більше ґрунтів угідь із дуже низькою забезпеченістю гумусом виявлено в Радомишльському – 16,5% та Черняхівському – 21,0% р-нах, а з низькою забезпеченістю – в Народицькому та Олевському р-нах, де вони становлять відповідно 88,6% і 96,2% обстежених земель.

У районах лісостепової частини області забезпеченість ґрунтів гумусом дещо краща. Так, кількість ґрунтів із дуже низьким та низьким його вмістом варіює у межах 0,3–43,7% обстежених сільськогосподарських угідь. Найбільше ґрунтів угідь із середнім умістом гумусу зафіксовано у Попільнянському р-ні – 63,2%, а з підвищеним – у Ружинському, де він сягає 48,4% обстежених земель.

За результатами XI туру агрохімічного обстеження, середньозважена величина

вмісту гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь області становить 2,08%, що відповідає нижній межі середнього класу забезпеченості гумусом. Однак порівняно з IX туром агрохімічного обстеження цей показник підвищився на 0,16%.

Для визначення впливу факторів щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr , реакцією ґрунтового розчину та вмістом гумусу було проведено кореляційний аналіз (табл.). Розраховані коефіцієнти кореляції свідчать про наявність прямого зв'язку реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значного зв'язку з забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$),

Кореляційні зв'язки середньозважених показників рН ґрунтового розчину та вмісту гумусу в ґрунті між щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ^{137}Cs і ^{90}Sr

	Вміст гумусу, %	Забруднення ^{137}Cs , Кі/км ²	Забруднення ^{90}Sr , Кі/км ²
Реакція ґрунтового розчину, рН	-0,97	0,94	0,69
Вміст гумусу, %		-1,00	-0,47
Забруднення ^{137}Cs , Кі/км ²			0,40

тобто змінні рухаються в одному напрямі, збільшення однієї змінної призводить до збільшення іншої.

Між показником уміст гумусу та щільністю забруднення радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений відповідно прямий та помірний обернений зв'язок, $r=-1,00$ та $-0,47$ відповідно, тобто змінні рухаються в протилежних напрямках, збільшення однієї змінної зумовлює до зменшення іншої.

Отже, на карбонатних ґрунтах надходження ^{90}Sr до рослин зменшується, що пояснюється необхідною фіксацією радіонукліда за високого рівня карбонатів, окрім того, стронцій і кальцій є хімічними аналогами. За надходження в рослини, як і в живий організм, між стронцієм і кальцієм можуть виникати певні конкурентні взаємовідносини і кальцій може виступати у ролі своєрідного дискримінатора, який обмежує надходження стронцію, зокрема і його радіоактивних ізотопів. Сорбція ^{90}Sr збільшується не тільки з підвищенням карбонатності ґрунту, тобто зі збільшенням у ньому вмісту аніонів CO_3^{2-} , але й зі зростанням концентрації аніонів PO_4^{3-} та SO_4^{2-} . Тому в ґрунтах із підвищеним умістом обмінних форм фосфору і сірки, особливо фосфору, спостерігається зниження переходу ^{90}Sr в рослини.

Збільшення в ґрунті вмісту обмінного калію знижує міграцію і надходження в рослини ^{137}Cs . По-перше, велика кількість калію в ґрунті замінює всі обмінні катіони ґрунту збільшуючи цим сорбцію та закріплення цезію. По-друге, між калієм і цезієм, як між хімічними аналогами, за надхо-

дження в рослини виникають конкурентні відношення, схожі з тими, що проявляються між кальцієм і стронцієм [11].

ВИСНОВКИ

За результатами агрохімічного обстеження 2006–2020 рр. та моніторингу вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл. встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь забруднених ^{137}Cs та ^{90}Sr зі щільністю забруднення $<5,0 \text{ Ки/км}^2$ і $<0,15 \text{ Ки/км}^2$ становить 99,9% та 99,5% відповідно, тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими.

Щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів ^{137}Cs варіювала від 0,07 до 3,41 Ки/км^2 , а ^{90}Sr від 0,013 до 0,164 Ки/км^2 .

Виявлений прямий кореляційний зв'язок між показниками реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значний зв'язок із забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$).

У результаті проведених агрохімічних обстежень встановлено, що всі обстежені площі сільськогосподарських угідь безпечні для ведення сільськогосподарського виробництва. З метою подальшого контролю міграції радіонуклідів доцільно продовжити проведення моніторингу вмісту радіонуклідів у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агропромисловий комплекс України: стан та перспективи розвитку. Київ: ІАС УААН. 2011. 1040 с.
2. Клименко М.О., Клименко О.М., Клименко Л.В. Радіоекологія: підруч. Рівне: НУВГП, 2020. 304 с.
3. Паламарчук Р.П., Трембіцька О.І., Клименко Т.В. та ін. Радіологічний стан ґрунтів сільськогосподарських угідь Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 4. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813>
4. Зінь Е.А. Регіональна економіка: підруч. Київ: «ВД «Професіонал», 2007. 528 с.
5. Державне агентство України з управління зоною відчуження. Стратегія розвитку ЗВ на 2021–2030 роки. Розвитку території зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи на 2021–2030 роки. 55 с.
6. Збірник законодавчих і нормативно-правових аспектів у галузі охорони земель та відтворення

родючості ґрунтів, наукової діяльності. Київ: Ра-
дуга, 2007. 520 с.

7. Методика сущільного ґрунтово-агрохімічного мо-
ніторингу сільськогосподарських угідь України /
за ред. акад. О.О. Созінова, В.С. Простора. Київ,
1994. 162 с.

8. Методика проведення агрохімічної паспортиза-
ції земель сільськогосподарського призначення:
керівний нормативний документ / за ред. Яцу-
ка І.П., Балюка С.А. Київ, 2019. 108 с.

9. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення. Роз-
роблено ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО» на
замовлення Міністерства надзвичайних ситуацій
України. Київ, 2011. 52 с.

10. Надточій П.П., Малиновський А.С., Можар А.О.
Досвід подолання наслідків Чорнобильської ка-
тастрофи (сільське та лісове господарство) / за
ред. П.П. Надточія. Київ: Світ, 2003. 372 с.

11. Панас Р.М. Ґрунтознавство: навч. посіб. Львів:
«Новий Світ–2000», 2005. 372 с.

12. Вишневський Ф.О., Паламарчук Р.П., Довбиш Л.Л.,
Залевський Р.А. Динаміка вмісту гумусу в ґрун-
товому покриві орних земель Андрушівського
району Житомирської області. *Агроекологічний
журнал*. 2018. № 2. С. 44–49. DOI: [https://doi.
org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785](https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785)

REFERENCES

1. *Ahropromyslovyi kompleks Ukrainy: stan ta perspektyvy rozvytku [Agro-industrial complex of Ukraine: state and development prospects]*. (2011). Kyiv: IAS UAAN [in Ukrainian].
2. Klymenko, M.O., Klymenko, O.M. & Klymenko, L.V. (2020). *Radioekolohiia: pidruchnyk [Radioecology: a textbook]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
3. Palamarchuk, R., Trembitskaya O., Klimenko, T. et al. (2018). Radiolohichniy stan hruntiv silskohospodarskykh uhid Zhytomyrskoi oblasti [Radiological condition of agricultural land soils of Zhytomyr region]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813> [in Ukrainian].
4. Zin, E.A. (2007). *Rehionalna ekonomika: pidruchnyk [Regional economy: textbook]*. Kyiv: «VD «Profesional» [in Ukrainian].
5. State Agency of Ukraine for Exclusion Zone Management. (2020). *Stratehiia rozvytku ZV na 2021–2030 roky. Rozvytku terytorii zony vidchuzhennia i zony bezumovnoho (oboviazkovoho) vidselennia, shcho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia vnaslidok Chornobylskoi katastrofy na 2021–2030 roky [ZV development strategy for 2021–2030. The development of the territories of the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement, which were exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster for the years 2021–2030]* [in Ukrainian].
6. *Zbimyk zakonodavchyykh i normatyvno — pravovykh aspektiv u haluzi okhorony zemel ta vidtvorennia rodiuchosti gruntiv, naukovoi diialnosti [Collection of legislative and normative legal aspects in the field of land protection and reproduction of soil fertility, scientific activity]*. (2007). Kyiv: Raduha [in Ukrainian].
7. Sozinov, O.O. & Prostor, V.S. (Eds.). (1994). *Metodyka sutsilnoho ґрунтово-агрохімічного мониторингу сільськогосподарських угідь України [Methodology of continuous soil and agrochemical monitoring of agricultural lands of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Yatsuk, I.P. & Baliuk, S.A. (Eds.). (2019). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument [Methodology for agrochemical certification of agricultural land: a regulatory document]*. Kyiv [in Ukrainian].
9. *Atlas. Ukraina. Radioaktyvne zabrudnennia. Rozrobлено TOV «Intelektualni systemy HEO» na zamovlennia Ministerstva nadzvychnykh sytuatsii Ukrainy [Atlas. Ukraine. Radioactive pollution. It was developed by «Intellectual GEO Systems» LLC on the order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine]*. (2011). Kyiv [in Ukrainian].
10. Nadochii, P.P. (Ed.), Malynovskyi, A.S. & Mozhar, A.O. (2003). *Dosvid podolannia naslidkiv Chornobylskoi katastrofy (silke ta lisove hospodarstvo) [Experience of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster (agriculture and forestry)]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
11. Panas, R.M. (2005). *Ґрунтознавство: navchalnyi posibnyk [Soil science: textbook]*. Lviv: «Novyi Svit–2000» [in Ukrainian].
12. Vyshnevskiy, F.O., Palamarchuk, R.P., Dovbysh, L.L. & Zalevskiy, R.A. (2018). Dynamika vmistu humusu v ґрунтовому pokryvi ornykh zemel Andrushivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti [Dynamics of humus content in the soil cover of arable lands of Andrushiv district, Zhytomyr region]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 44–49. DOI: [https://doi.
org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785](https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.09.2022

ОЦІНКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ СІЛЬСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ РІВНЕНЩИНИ

Г.Д. Крупко¹, І.Л. Суходольська², Д.В. Лико², І.В. Басараба²

¹ Рівненська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
(с. Шубків, Рівненська обл., Україна)

e-mail: kрупко_gd@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1506-1258

² Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

e-mail: iryua.sukhodolska@rshu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-7502-3061

e-mail: dariia.lyko@rshu.edu.ua; ORCID: 0000-0003-0184-0549

e-mail: ilona.basaraba@rshu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-6720-0419

Стаття присвячена оцінці якості підземних вод сільських населених пунктів Гоцанського (Рівненського) р-ну Рівненської обл. Проаналізовано вміст біогенних (купрум, цинк) та небіогенних (плюмбум, кадмій) важких металів у воді колодязів сіл Садове, Жаланка, Ючин, Тучин та артезіанських свердловин с. Тучин впродовж 2012–2018 рр. Наведено основні джерела забруднення води важкими металами. Виявлено, що вміст Cu^{2+} та Zn^{2+} у воді колодязів не перевищував допустимі значення впродовж всього періоду дослідження. Однак, за вмістом Pb^{2+} та Cd^{2+} якості води колодязів не відповідає нормативним показникам. Так, встановлено, що вміст кадмію перевищує гранично допустимі концентрації у колодязях всіх досліджуваних сіл, а концентрація плюмбуму в колодязях сіл Садове й Тучин у 1,37 та 2,07 рази відповідно. За оптимальних концентрацій біогенні важкі метали необхідні для забезпечення життєдіяльності та регулювання фізіологічних процесів усіх живих організмів. Однак тривале споживання питної води забрудненої важкими металами негативно впливає на організм і може викликати гострі та хронічні захворювання. Дія важких металів залежить від концентрації, особливостей та інтенсивності їх потрапляння, швидкості поглинання, утримання і виведення, а також загального стану здоров'я людини. Вода артезіанських свердловин с. Тучин за вмістом купруму, цинку, плюмбуму та кадмію відповідає встановленим допустимим нормам впродовж 2012–2018 рр. і придатна до споживання та використання. Очевидно, що використання більш глибоких підземних водних горизонтів забезпечує жителів с. Тучин якісною питною водою. Необхідно розробити та реалізувати дієві заходи для покращення якості води колодязів тих населених пунктів, де зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій Cd^{2+} та Pb^{2+} .

Ключові слова: якість води, захворювання, купрум, цинк, плюмбум, кадмій, джерела нецентралізованого водопостачання, токсична дія на організм.

ВСТУП

Більшість мешканців сільських населених пунктів для питних та господарсько-побутових потреб використовує воду колодязів та артезіанських свердловин, яка не проходить належної очистки та може бути шкідливою для здоров'я. Основними причинами забруднення підземних вод, окрім геохімічних особливостей територій, є неправильне облаштування септиків, місць для зберігання жому та компосту (на відстані менше ніж 20 м), поганий технічний стан колодязів, порушення правил

зберігання і використання пестицидів, мінеральних, органічних добрив, засобів захисту сільськогосподарських культур, неправильне утримання свійських тварин та птиці, недотримання технологій зберігання гною, утилізації тваринницьких і побутових відходів, промислова діяльність. Зазначені чинники зумовлюють забруднення та засмічення води різними речовинами. Найчастіше вода підземних джерел не відповідає якості за вмістом біогенних та небіогенних важких металів (ВМ) [1; 2].

В оптимальних концентраціях біогенні важкі метали регулюють фізіологічні процеси та впливають на функції всіх тканин

організму. Важкі метали входять до складу ферментів, вітамінів, гормонів, проявляють протизапальну, антиалергічну дію та є каталізаторами обмінних процесів [3]. Однак підвищені концентрації біогенних та небіогенних важких металів викликають мутагенні, гено- та цитотоксичні ефекти у рослин, тварин та людей. Токсичність важких металів проявляється структурно-функціональними порушеннями, що зумовлюють гострі та хронічні захворювання чи летальні наслідки. Очевидно, що вплив на живі організми залежить від їх загального стану, концентрації елементу, форм знаходження, шляхів та інтенсивності потрапляння, швидкості поглинання, депонування і виведення [3; 4].

Найпоширенішими забруднювачами гідроекосистеми вважають купрум, цинк, плумбум та кадмій, які використовуються у багатьох технологічних процесах, сільському господарстві, промисловості, що зумовлює їх швидке та постійне надходження до водних об'єктів. Вже за відносно низьких концентрацій Pb^{2+} і Cd^{2+} проявляють високу токсичність. Їх негативний вплив на різні організми неодноразово доведено експериментально [4; 5].

Внаслідок дії високих концентрацій кадмію та плумбуму пригнічуються ріст рослини, змінюється водний баланс, проявляється хлороз, вповільнюється процес фотосинтезу тощо. Крім того, Pb^{2+} найбільше впливає на нирки, печінку та центральну нервову систему, а Cd^{2+} руйнує еритроцити крові, спричиняє захворювання нирок, викликає гастрит і анемію [4–6].

Купрум та цинк є відомими кофакторами та активаторами ферментів. Вони забезпечують збереження цілісності клітинних мембран, беруть участь у процесах клітинного дихання, впливають на інтенсивність фотосинтезу, азотний обмін тощо. Здійснюючи дезактивацію вільних радикалів, купрум та цинк знижують ризик виникнення різноманітних захворювань і сповільнюють процеси старіння [3; 7].

Щорічні моніторингові дослідження вмісту важких металів стосуються, насамперед, поверхневих водних об'єктів. Під-

земні джерела досліджуються менше, згідно з вибірковим плановим контролем або позаплановим за чіткої обґрунтованої необхідності. Недостатній контроль за якістю води підземних джерел (колодязів та артезіанських свердловин) створює загрозу для рослин, тварин, а також для здоров'я та життя людей.

З огляду на зазначене, **мета дослідження** — визначити вміст важких металів у колодязях, артезіанських свердловинах, шляхи їх надходження та вплив на організм і здоров'я людини.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Інтенсивне антропогенне навантаження зумовлює збільшення у поверхневих та підземних водах концентрації важких металів. Останні не піддаються деструкції, а переходять з одних компонентів до інших, що забезпечує їх постійне знаходження у водних об'єктах у різних формах та концентраціях. У більшості наукових роботах, присвячених оцінці забруднення середовища важкими металами, наголошено на негативному впливі високих концентрацій елементів на всі живі організми. Небезпека споживання води забрудненої важкими металами та її вплив на здоров'я населення детально описана Андрушиною І.М. [8], яка аналізує найпоширеніші захворювання, що виникають за перевищення нормативних концентрацій важких металів у воді, й показує фізіологічні зміни за умови їхнього дефіциту.

Механізм дії важких металів найчастіше пов'язують з їх низькою біофільністю ($Cu^{2+} - 0,068$, $Zn^{2+} - 0,24$, $Pb^{2+} - 0,0625$, $Cd^{2+} - 0,154$) та тривалим періодом виведення. Наприклад, час напіввиведення Cd^{2+} з організму людини сягає 10–30 років. У природних умовах період напіввиведення важких металів значно більший (для Cd становить 155 років, для Zn — до 500 років, а для Pb — до декількох тисяч років). Саме тому важкі метали можуть бути виявлені на тих територіях, де фактично відсутній наразі вплив різних галузей виробництва чи споживання [6; 9–11].

Вміст ВМ у підземних водах різних регіонів України досліджували більшість науковців, зокрема територію Прикарпаття Грубінко В.В. [12] та Нечитайло Л.Я. [13], Київщини – Войтенко Л. [14], Шуми-гай І.В. [15], Полтавщини – Коваль В.В. [6], Вінниччини – Чоботар В. [16] та ін. Автори фіксували перевищення важких металів у питній воді, що насамперед пов'язано з інтенсивним розвитком сільського господарства й промисловості, особливостями геологічного складу порід, надходженням із поверхневим стоком, внесенням під плододі дерева високих концентрацій фосфорних добрив та фунгіцидів, що містять у своєму складі ці елементи [6].

Забруднення важкими металами питної води різних регіонів України свідчить про важливість та необхідність подальшого дослідження не лише з метою виявлення основних чинників потрапляння елементів, але і розробки та запровадження механізмів, що дасть можливість покращити екологічний стан водних об'єктів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час дослідження Рівненською філією ДУ «Держгрунтохорона» відібрано проби води у 25 контрольних створах закритих водних об'єктів (шахтні колодязі та артезіанські свердловини) сільських населених пунктів Гошанського (Рівненського) р-ну Рівненської обл. Проби відбирали один раз на рік у весняний період упродовж 2012–2018 рр. Проаналізовано 200 проб води, з яких 176 відібрано у колодязях (сіл Садове, Жалянка, Ючин, Тучин), а 24 – в артезіанських свердловинах (с. Тучин).

Аналіз води здійснювали згідно із загальноприйнятими методами. Воду фільтрували через мембранний фільтр із діаметром пор 0,45 мкм, концентрували у 10 разів та визначали вміст ВМ методом атомно-абсорбційної спектроскометрії на спектрофотометрі С-115 М1 за відповідної довжини хвилі, яка відповідала максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів згідно зі стандартними методиками

[17]. Концентрацію (С) металів виражали в мг/дм³ досліджуваних зразків.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найістотнішим аспектом дії важких металів на живі організми є здатність утворювати комплекси з іншими фізіологічно активними речовинами (білками, вітамінами, ферментами, амінокислотами, пептидами та гормонами). Завдяки цим особливостям біогенні важкі метали підвищують опір до зовнішніх несприятливих факторів, активізують процес фагоцитозу, зумовлюють антиоксидантний ефект та здійснюють значний вплив на ріст і розвиток організму [3].

Моніторинг підземних вод та порівняння середнього вмісту біогенних (купрум, цинк) та небіогенних (плюмбум, кадмій) важких металів у воді колодязів та артезіанських свердловин сільських населених пунктів Рівненщини здійснювали з метою виявлення фактичних рівнів забруднення ґрунтових вод та прийняття рішень щодо охорони водних джерел.

Порівнюючи отримані результати (рис. 1–5) підземних вод у досліджуваних районах, можна зробити певні висновки.

Вміст важких металів у воді колодязів. Найвищі концентрації Cu^{2+} у підземних водах с. Садове зафіксовано у 2012 р. і 2014 р., що становить 0,0126 мг/дм³ та 0,0140 мг/дм³ відповідно (див. рис. 1). А найнижчий вміст даного хімічного елементу виявлено у 2015 р., що сягає 0,0055 мг/дм³. Однак його концентрація у воді колодязів с. Жалянка навіть ще менша, ніж у воді колодязів с. Садове. Так, найвищий вміст Cu^{2+} у воді колодязів с. Жалянка виявлено у 2012 р., що становить 0,0100 мг/дм³. Також упродовж наступних років (2013–2018 рр.) концентрація Cu^{2+} у воді колодязів с. Жалянка зменшується та варіює у межах 0,0040–0,0064 мг/дм³.

У підземних водах с. Ючин зафіксовано вищі концентрації Cu^{2+} , ніж у водах сіл Садове та Жалянка. Так, уміст Cu^{2+} у 2012 р. становить 0,0149 мг/дм³, далі знижується у 2013 р. до 0,0125 мг/дм³ та досягає най-

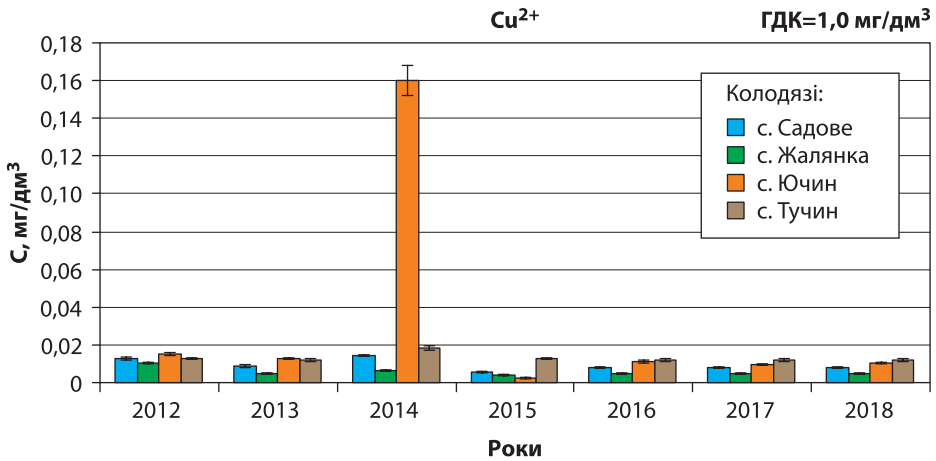


Рис. 1. Динаміка вмісту Cu^{2+} у підземних водах сіл Рівненщини

вищої за весь період дослідження концентрації у 2014 р. (0,1600 мг/дм³).

Щодо вмісту Cu^{2+} у воді колодязів с. Тучин, то варто зауважити, що різких коливань показників не зафіксовано. Зокрема, концентрація Cu^{2+} у 2012–2013 рр. змінюється в межах 0,0120–0,0125 мг/дм³. Найвищий вміст Cu^{2+} у воді колодязів с. Тучин виявлено у 2014 р., що становить 0,0180 мг/дм³. Упродовж 2015–2018 рр. концентрація Cu^{2+} у воді колодязів с. Тучин практично не змінюється та сягає 0,0120–0,0130 мг/дм³.

Варто зауважити, що найнижчий вміст Cu^{2+} зафіксовано у 2015 р. в усіх колодязях, за винятком с. Тучин. Високі концентрації Cu^{2+} спостерігалось у 2014 р. у більшості колодязів, за винятком с. Жалянка, однак, перевищень нормативних показників упродовж дослідження не виявлено (ГДК(Cu)=1,0 мг/дм³).

Відомо, що потрапляння Cu^{2+} до водних об'єктів найчастіше зумовлено інтенсивним використанням пестицидів та фунгіцидів. Колодязі сіл Садове, Жалянка, Ючин та Тучин розміщені досить близько до земельних угідь, які постійно чи систематично обробляються та використовуються під посіви сільськогосподарських культур. Тому необґрунтоване застосування добрив для підвищення врожайності культур та неправильне використання пестицидів із метою

знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, призводить до потрапляння важких металів, у т. ч. і купруму, до ґрунтів та водних об'єктів. Окрім того, збільшення концентрації купруму може відбуватися внаслідок інтенсивного використання препаратів на присадибних ділянках для захисту плодкових дерев від хвороб і шкідників не лише навесні, але й упродовж року. Також, Cu^{2+} може надходити з промисловими стоками та внаслідок використання стічних вод для зрошення [18].

Дослідження води також характеризувалося на вміст цинку. Найвищі концентрації останнього зафіксовано у 2012 р. у підземних водах сіл Садове та Жалянка, що становить 0,1800 мг/дм³ та 0,3400 мг/дм³ відповідно, а найнижчі — у 2013 р., що сягають 0,0200 мг/дм³ й 0,0100 мг/дм³ відповідно (див. рис. 2). Окрім того, в 2014 р. у воді колодязів цих двох сіл концентрація Zn^{2+} збільшувалася у 4 та 17 разів порівняно з попереднім роком.

Щодо підземних вод у селах Ючин та Тучин, то в них спостерігаються подібні закономірності щодо зміни вмісту Zn^{2+} . Так, концентрація останнього у 2013 р. знижується до 8,8 та 6,0 разів відповідно. Загалом, істотних змін концентрації даного важкого металу впродовж 2016–2018 рр. у воді колодязів не виявлено.

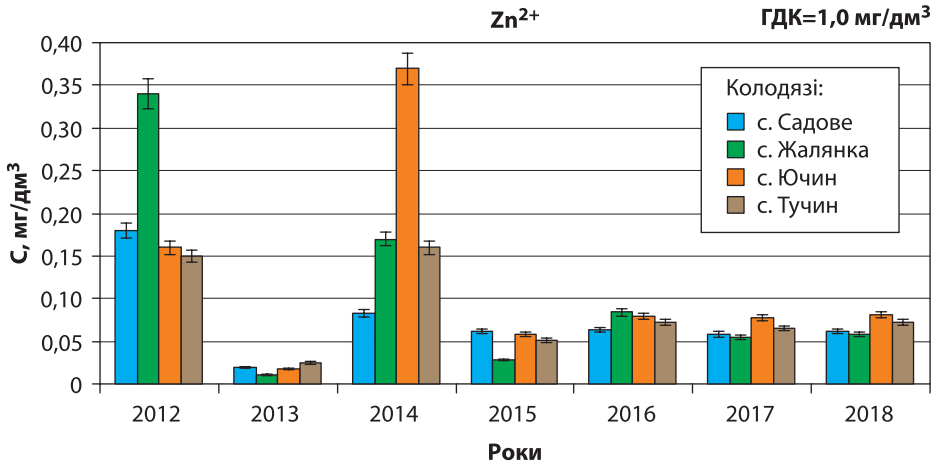


Рис. 2. Динаміка вмісту Zn^{2+} у підземних водах сіл Рівненщини

Слід зауважити, що найнижчі концентрації Zn^{2+} у воді досліджених колодязів зафіксовано у 2013 р. Найвищий вміст Zn^{2+} у воді колодязів сіл Садове та Жаліанка виявлено у 2012 р., сіл Ючин та Тучин — у 2014 р. Однак перевищень гранично допустимих концентрацій Zn^{2+} не зафіксовано (ГДК=1,0 мг/дм³).

Відомо, що цинк — другий за поширеністю мікроелемент, який надходить у водні об'єкти зі стічними водами металургійних комбінатів, гальванічних цехів машинобудівної та електротехнічної промисловості, збагачувальних підприємств, виробництва мінеральних фарб, заводів мінеральних добрив, внаслідок руйнування і розчинення мінералів та гірських порід. Ймовірними джерелами потрапляння елемента до підземних вод досліджуваних колодязів є застосування добрив для позакореневого підживлення культур та для передпосівної обробки їх посівного матеріалу, що містять у своєму складі цинк. Окрім того, значні концентрації даного хімічного елемента можуть надходити до водних об'єктів з атмосферними опадами [7; 19].

Ще одним важким металом, який характеризується високою токсичністю та потребує особливого контролю в усіх водних об'єктах, є свинець. Концентрація останнього у воді колодязів с. Садове у 2012–2013 рр. варіює в межах 0,0310–

0,0350 мг/дм³, однак перевищення ГДК незначне (див. рис. 3). Найвищий вміст Pb^{2+} у підземних водах с. Садове виявлено у 2014 р., що становить 0,041 мг/дм³ та перевищує ГДК у 1,37 раза (ГДК=0,03 мг/дм³). Впродовж 2015–2018 рр. вміст хімічного елемента змінюється в межах 0,0300–0,0306 мг/дм³.

Подібно результатів щодо цинку, також у 2012 і 2014 рр. у підземних водах сіл Ючин та Тучин вміст п्लомбуму сягав до 0,03 мг/дм³. Впродовж 2015–2018 рр. вміст Pb^{2+} у воді колодязів досліджуваних сіл змінюється в межах 0,0270–0,0272 мг/дм³ та 0,0380–0,0500 мг/дм³ відповідно. Крім цього, в с. Тучин найвища концентрація Pb^{2+} у 2014 р. сягає 0,0620 мг/дм³, що перевищувала ГДК у 2,1 раза.

Загалом, найвищі концентрації даного важкого металу впродовж усього періоду дослідження виявлено в 2014 р. у воді колодязів сіл Садове, Жаліанка та Тучин, а у 2012 і 2016 рр. — у воді колодязів с. Ючин.

Істотними джерелами надходження п्लомбуму до водних об'єктів є стічні води промислових та комунальних підприємств, спалювання вугілля та вихлопні гази двигунів. Найімовірнішими причинами, що призводять до потрапляння Pb^{2+} у воду колодязів, є продукти згоряння дизельного палива та вплив діючого військового

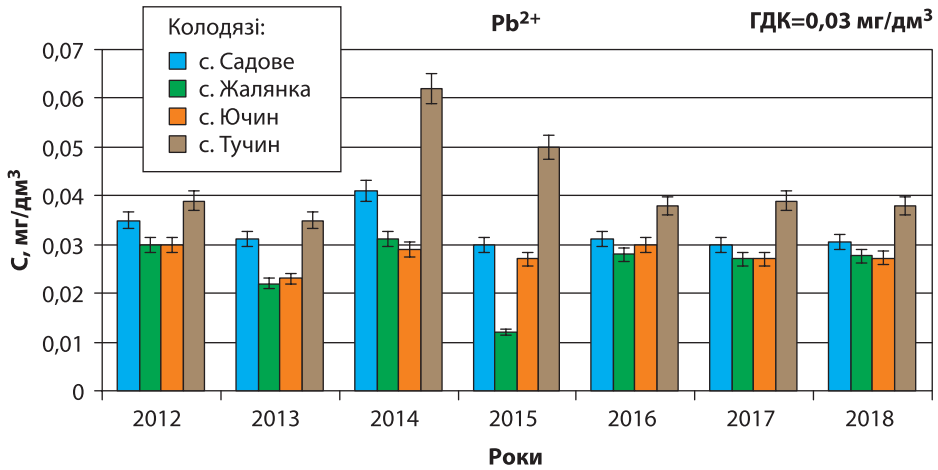


Рис. 3. Динаміка вмісту Pb²⁺ у підземних водах сіл Рівненщини

полігону с. Тучин. Pb²⁺ має тривалий період напіввиведення, тому накопичується в різних середовищах. Його надходження з вихлопними газами двигунів відбувається постійно, оскільки усі сільські населені пункти розташовані поблизу автомагістралі Чоп–Київ, м. Рівне та смт Гоща. Крім того, проведення тренувань на діючому військовому полігоні с. Тучин передбачає використання різного виду озброєння, що призводить до забруднення важкими металами ґрунтів та водних об’єктів [6; 20].

Серед важких металів високу токсичність здатен проявляти також кадмій. Кон-

центрація останнього у підземних водах с. Садове впродовж 2012–2014 рр. варіює у межах 0,0022–0,0026 мг/дм³, що перевищує ГДК у 2,2–2,6 раза (ГДК=0,001 мг/дм³) (див. рис. 4). У 2014 р. було виявлено найвищий вміст Cd²⁺ у воді даного колодязя, що становить 0,0038 мг/дм³ та перевищує ГДК у 3,8 раза. Впродовж 2016–2018 рр. концентрація Cd²⁺ у воді колодязів с. Садове варіює в межах 0,0016–0,0019 мг/дм³, що перевищує ГДК у 1,6–1,9 раза.

Також перевищення ГДК Cd²⁺ зафіксовано у воді колодязів с. Жалянка. Так, у 2012–2014 рр. уміст кадмію варіює від

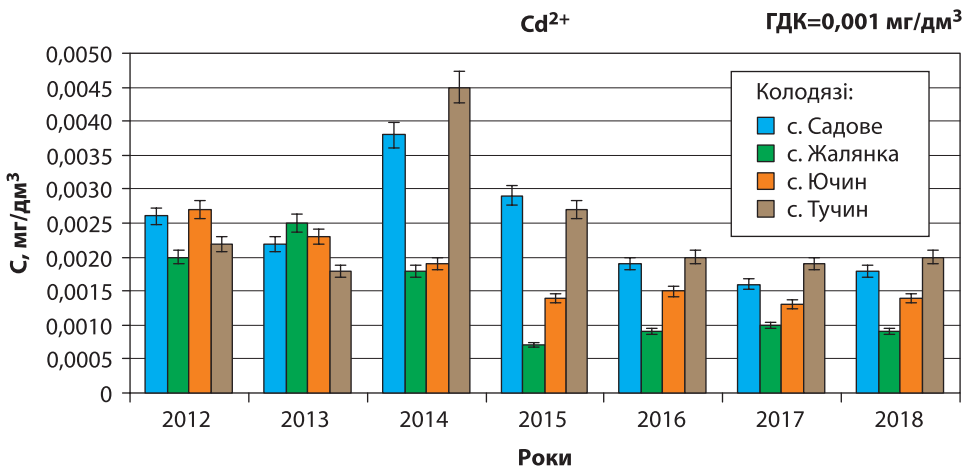


Рис. 4. Динаміка вмісту Cd²⁺ у підземних водах сіл Рівненщини

0,0018 до 0,0025 мг/дм³, що перевищує ГДК у 1,8–2,5 раза. А впродовж наступних 2015–2018 рр. уміст Cd²⁺ змінюється в межах 0,0007–0,0010 мг/дм³ та знаходиться в межах ГДК.

Щодо с. Ючин, то концентрація Cd²⁺ у підземних водах у 2012 р. сягає 0,0027 мг/дм³, що перевищує ГДК у 2,7 раза. У наступні роки дослідження вміст кадмію зменшується, хоча і перевищує ГДК. Зокрема, у 2013 і 2014 рр. концентрація Cd²⁺ становить 0,0023 мг/дм³ і 0,0019 мг/дм³, що перевищує ГДК у 2,3 і 1,9 раза відповідно. Впродовж 2015–2018 рр. вміст Cd²⁺ змінюється в межах 0,0013–0,0015 мг/дм³, що перевищує нормативні показники.

Перевищення ГДК зафіксовано впродовж усього періоду дослідження у воді колодязів с. Тучин. У 2012–2014 рр. концентрація кадмію у воді колодязів с. Тучин варіює в межах 0,0018–0,0045 мг/дм³, що перевищує ГДК у 1,8–4,5 раза. Впродовж 2016–2018 рр. концентрація Cd²⁺ у воді колодязів с. Тучин змінюється в межах 0,0019–0,0027 мг/дм³, що перевищує ГДК у 1,9–2,7 раза.

Загалом, перевищення ГДК Cd²⁺ виявлено впродовж усього періоду дослідження у воді колодязів трьох сіл, зокрема Садове, Ючин та Тучин. А у воді колодязів с. Жаллянка перевищення ГДК зафіксовано впродовж 2012–2014 рр.

Відомо, що основними джерелами надходження кадмію у водні об'єкти є промисловість (виробництво барвників, нікель-кадмієвих акумуляторів, пластмас, добрив, антикорозійного покриття металів), сільське господарство (інтенсивне використання добрив і пестицидів, стічних вод для іригаційних робіт), спалювання деревини та побутових відходів, атмосферні опади, продукти згоряння дизельного палива [6; 21; 22]. Перевищення ГДК кадмію у воді колодязів усіх населених пунктів свідчить про забруднення елементом значної території. Вагомими чинниками надходження кадмію є використання фосфатних та інших добрив, які містять високі концентрації металу, вихлопні гази автотранспортних засобів та діючий полігон для військових навчань і випробувань різних видів озброєння у с. Тучин.

Вміст важких металів у воді артезіанських свердловин. Підвищені концентрації важких металів можуть містити підземні води більш глибоководних горизонтів, що пов'язано з геологічними особливостями територій їхнього залягання. Однак концентрація усіх досліджених важких металів у воді артезіанських свердловин с. Тучин не перевищує ГДК. Загалом, вміст Cu²⁺ у воді артезіанських свердловин с. Тучин у 2012 р. сягає 0,0086 мг/дм³, у 2013 р. — 0,0150, а у 2014 р. — 0,0090 мг/дм³ (рис. 5).

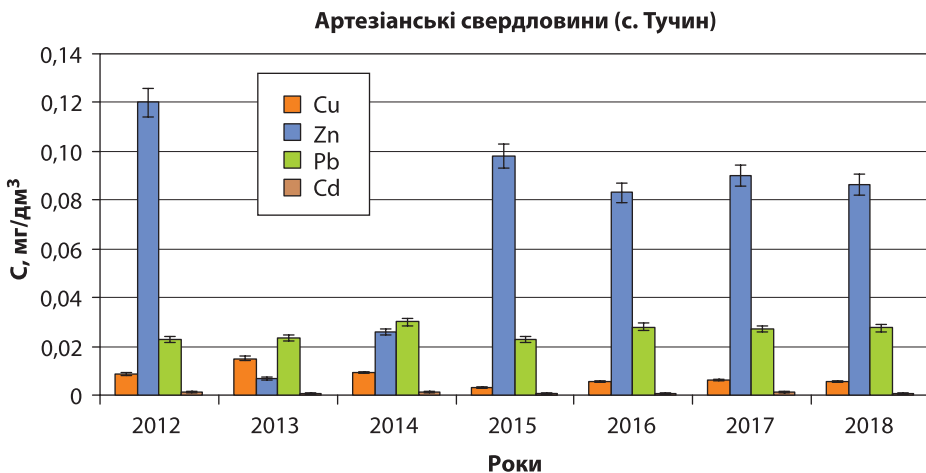


Рис. 5. Динаміка вмісту важких металів у воді артезіанських свердловин с. Тучин

Впродовж 2015–2018 рр. концентрація купруму варіює в межах 0,0028–0,0059 мг/дм³. У воді артезіанських свердловин найвищі та найнижчі концентрації цинку зафіксовано у 2012 і 2013 рр., що становлять 0,1200 мг/дм³ і 0,0068 мг/дм³ відповідно. У 2014 р. концентрація цинку зростає у 3,8 раза, порівняно з попереднім роком, та сягає 0,0260 мг/дм³. Упродовж 2015–2018 рр. уміст Zn²⁺ у воді артезіанських свердловин с. Тучин варіює в межах 0,0830–0,0980 мг/дм³.

Найнижчий вміст Pb²⁺ у воді артезіанських свердловин с. Тучин виявлено у 2012 р. та 2015 р., що становить 0,0230 мг/дм³, а найвищий — у 2014 р., що сягає 0,0300 мг/дм³. Впродовж 2016–2018 рр. вміст Pb²⁺ у воді артезіанських свердловин с. Тучин істотно не змінюється та варіює в межах 0,0270–0,0280 мг/дм³. Найвищу концентрацію Cd²⁺ у воді артезіанських свердловин виявлено у 2012 р., 2014 р., 2017 р., що має показники 0,0010 мг/дм³, а найнижчу — у 2013 р. — 0,0008 мг/дм³. У 2015 р., 2016 р. та 2018 р. концентрація кадмію становить 0,0009 мг/дм³.

Важливою умовою збереження здоров'я людей є використання лише якісної води. Згідно з отриманими результатами, якість питної води артезіанських свердловин с. Тучин є цілком придатною і безпечною для споживання та використання.

Тривале споживання питної води, що не відповідає якості за нормативними показниками, небезпечно для здоров'я людини, оскільки зумовлює виникнення нових чи загострення існуючих хронічних захворювань. Очевидно, що підвищені концентрації хімічних елементів, зокрема важких металів у питній воді зумовлюють не лише до певних фізіологічних змін, а й формування патологічних станів. Також негативний вплив на організм людини відчутний за нестачі біогенних металів у питній воді. Першими ознаками такої дії є загальна слабкість, порушення координації рухів та погіршення зору. Вже за доволі тривалого дефіциту елементів проявляються захворювання опорно-рухової, ендокрин-

ної, нервової та інших систем організму [3; 8].

Купрум — незамінний елемент для усіх живих організмів. Надважлива роль Cu²⁺ у складі ферментів, що активізують антиоксидантний захист організму. З питною водою людина щодня споживає Cu²⁺ 12,44%, з їжею — 87,06, з повітря потрапляє — 0,5% від загального його надходження. Біологічна засвоюваність купруму в шлунково-кишковому каналі сягає 10–30%. Високі концентрації Cu²⁺ у живих організмах виявляють дуже рідко, оскільки він не проявляє кумулятивних властивостей та має відносно низьку токсичність. Така особливість пов'язана зі швидкістю поглинання, утримання та виведення купруму. Однак його високі концентрації викликають алергічні реакції та анемію, подразнюють слизові оболонки, негативно впливають на печінку, нирки, капіляри й центральну нервову систему [3; 6; 8; 23; 24].

У різноманітних біологічних процесах цинк виступає структурним, каталітичним, внутрішньоклітинним і міжклітинним сигнальним компонентом. Щодня з питною водою людина споживає 7,09% Zn²⁺, з їжею — 92,2, з повітря потрапляє — 0,71% від загального його надходження. Засвоюваність Zn²⁺ у шлунково-кишковому каналі сягає 20–40%. Недостатня кількість цинку зумовлює захворювання нервової (полінейропатія), серцево-судинної (артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба) та ендокринної систем, деформацію кісток, погіршення зору тощо. Токсичність Zn²⁺ проявляється за перевищення нормативних концентрацій, що пригнічують окиснювальні процеси, викликають анемію та функціональні розлади шлунково-кишкового каналу [8; 15; 19; 25].

Фізіологічна роль Pb²⁺ в організмі так і не визначена. Зазвичай акцентовано на його канцерогенному та токсичному впливах. Відомо, що з питною водою людина щодня споживає 11,76% плумбуму, з їжею — 86,28, з повітря потрапляє — 1,96% від загального його надходження. Біологічна засвоюваність Pb²⁺ у шлунково-кишковому каналі найменша серед

усіх металів та становить лише 0,4–0,7%. Однак, навіть за таких умов, перевищення ГДК Pb^{2+} є шкідливою для усіх живих організмів. Зокрема, надходження високих концентрацій плумбуму з питною водою зумовлює пригнічення ферментативних реакцій, порушення обміну речовин, роботи нирок, розвиток розсіяного склерозу, свинцевої енцефалонейропатії, погіршення психологічного стану та інших небезпечних для здоров'я наслідків. Особливо небезпечною є здатність плумбуму входити до складу кісткової системи, замінюючи кальцій [3; 8; 15; 25; 26].

Кадмій — це метал, який проявляє високу токсичність навіть за низьких концентрацій та надходить до організму через шлунково-кишковий канал, органи дихання та шкіру, а далі відбувається абсорбція Cd^{2+} безпосередньо у кров. Після потрапляння в кров більшість кадмію транспортується у зв'язаному вигляді з білками, такими як альбумін і металотіонеїн. Щодоби з питною водою людина споживає 7,36% Cd^{2+} , з їжею — 92,02, з повітря потрапляє — 0,62% від загального його надходження. Засвоюваність кадмію у шлунково-кишковому каналі сягає лише 4–5%. Однак хронічне отруєння Cd^{2+} призводить до пригнічення центральної нервової системи. Також негативно впливає на кістки, серцево-судинну та дихальну системи, викликаючи різні захворювання. Однією з найвідоміших є хвороба ітай-ітай, яка зумовлює низьку мінералізацію, розм'якшення кісток та відповідно високу частоту переломів [6; 8; 10; 14; 21; 22; 24].

Реакції рослин на високі чи низькі концентрації важких металів доволі різноманітні. Відомо, що рослини можуть акумулювати важкі метали у значно більших концентраціях, ніж вони присутні у середовищі їхнього проживання. Однією з причин такого накопичення є особливості використання цих елементів у фізіологічних процесах, а іншою — захист рослин від знищення шкідниками. Однак дуже високі концентрації важких металів все-таки негативно впливають на процес фотосинтезу та азотний обмін рослин, що

супроводжується зниженням вмісту хлорофілів і каротиноїдів, проявами хлорозу тощо. Також негативно впливає на рослини низький вміст важких металів. Типовими ознаками нестачі останніх є зниження росту і розвитку рослин.

Рослини також реагують на зміни концентрації купруму в середовищі. Найбільше високі концентрації Cu^{2+} впливають на азотний обмін рослин, мінеральне живлення, процеси росту, інтенсивність фотосинтезу й роботу ферментів. Підвищення у рослин вмісту цинку викликає хлороз, зміну метаболічних процесів, зниження вмісту $Chl\ a$ і b , а також відношення a/b . Також негативно впливають на рослини і низькі концентрації цинку у тканинах, що порушують насамперед процеси фотосинтезу, дихання та азотного обміну [7].

Плюмбум — це токсичний для рослин, тварин, мікроорганізмів та людей елемент. Його висока токсичність виявлена і підтверджена для багатьох рослин. Насамперед, плумбум впливає на проростання насіння, ріст, процес фотосинтезу, мінеральне живлення, ферментативну активність рослин тощо. Ефекти дії плумбуму на рослини помітні вже за низьких концентрацій. Водночас завдяки клітинним механізмам, рослини можуть брати участь у детоксикації важких металів та проявляти високу стійкість до їхнього впливу. Зазвичай така особливість характерна для рослин-гіперконцентраторів і залежить від вмісту металу в середовищі та можливостей його акумуляції різними вегетативними органами [4].

Слід зазначити, що Cd^{2+} змінює метаболізм і функції купруму, цинку, феруму та кальцію. Внаслідок сильної фітотоксичної дії кадмію відбувається пригнічення росту рослин, що часто зумовлює їх загибель. Першими симптомами токсичного впливу є затримка росту та хлороз у рослин [5; 13].

Отже, для зменшення концентрацій важких металів у воді колодязів необхідно обґрунтовано використовувати добрива і пестициди на всіх прилеглих територіях, обов'язково стежити за термінами їх вне-

сення, враховуючи вегетаційний період, стан та розвиток рослин, погодні умови тощо. Також важливо оцінити ступінь враження шкідниками та хворобами плодів дерева на присадибних ділянках і не застосовувати хімічні засоби без потреби з метою профілактики. Щоб зменшити потрапляння важких металів, що надходять із вихлопними газами автотранспортних засобів, варто поступово переходити на електроавтомобілі або ж використовувати за можливості більш якісне пальне.

ВИСНОВКИ

Вміст Cu^{2+} та Zn^{2+} у воді колодязів сільських населених пунктів Рівненщини впродовж усього періоду дослідження знаходиться в межах оптимальних значень. Виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій Pb^{2+} у воді колодязів сіл Садове (у 1,02–1,37 раза) та Тучин

(у 1,17–2,07 раза), а Cd^{2+} у воді колодязів сіл Садове (у 1,6–3,8 раза), Жаліянка (у 1,8–2,5 раза), Ючин (у 1,3–2,7 раза) та Тучин (у 1,8–4,5 раза). Найзабрудненішою є вода колодязів с. Тучин. Тривале її використання призведе до виникнення гострих та хронічних захворювань. Погіршення якості води колодязів відбувається внаслідок використання добрив, потрапляння продуктів згоряння дизельного палива та впливу військового полігону.

Глибокі підземні водні горизонти є більш захищеними від подібних забруднень, тому вода артезіанських свердловин с. Тучин, за вмістом усіх важких металів, відповідає нормативним показникам і придатна до споживання та використання. Важливо реалізувати заходи для покращання якості води колодязів, у яких зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій Cd^{2+} та Pb^{2+} .

ЛІТЕРАТУРА

- Петрук В.Г., Гайдей Ю.А., Вовк О.С. Аналіз стану якості питної води у колодязях м. Вінниця та Вінницької області. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. № 8 (48). С. 119–123.
- Давидюк Г.В., Шкарівська Л.І., Клименко І.І., Довбаш Н.І. Моніторингові дослідження природних вод у межах сільського населеного пункту Київської області. *Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference (May 25–27, 2022)*. Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. С. 24–26.
- Трахтенберг І.М., Чекман І.С., Линник В.О. та ін. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. *Вісник Національної академії наук України*. 2013. № 6. С. 11–20.
- Askova D.G. Heavy metals and their general toxicity on plants. *Plant Science Today*. 2018. Vol. 5 (1). P. 15–19. DOI: <https://dx.doi.org/10.14719/pst.2018.5.1.355>
- Zhang J. and Shu W.S. Mechanisms of heavy metal cadmium tolerance in plants. *Zhi wu Sheng li yu fen zi Sheng wu xue bao. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*. 2006. Vol. 32 (1). P. 1–8.
- Коваль В.В., Наталочка В.О., Ткаченко С.К., Міненко О.В. Динаміка забруднення вод сільськогосподарського призначення солями важких металів в умовах Полтавщини. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 40–44. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.10>
- Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: моногр. Київ: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.
- Андрусишина І.М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури). Вода і водоочисні технології. *Науково-технічні вісті*. 2015. № 1 (16). С. 22–31.
- Федорова Г.В. Практикум з біогеохімії для екологів: навч. посіб. Київ: КНТ, 2007. 288 с.
- Delgado-González C.R. et al. Advances and applications of water phytoremediation: a potential biotechnological approach for the treatment of heavy metals from contaminated water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18 (10). P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18105215>
- Яковишина Т.Ф. Екологічне оцінювання техногенезу важких металів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2015. № 3 (204). С. 28–35.
- Бриндзя І.В., Грубінко В.В. Сезонна динаміка вмісту важких металів у воді колодязів на території Прикарпаття. *Науковий вісник Чернівецького університету. Сер.: Біологія (Біологічні системи)*. 2014. № 6 (2). С. 197–204.
- Нечитайло Л.Я. Вміст кадмію і цинку в екосистемі Прикарпаття та вплив кадмієвої інтоксикації на мікроелементний статус організму експериментальних тварин. *Медицина та клінічна хімія*. 2018. Т. 20. № 4. С. 60–65. DOI: <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i4.9797>
- Войтенко Л., Бузинна О., Жук Т. та ін. Якість води децентралізованих джерел аграрних територій України. *Проблеми та перспективи розвитку*

- науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії: матеріали XI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Переяслав-Хмельницький, 27–28 лют. 2015). Переяслав-Хмельницький, 2015. С. 21–23.
15. Шумиґай І.В., Єрмішев О.В., Манішевська Н.М. Екологічна оцінка забруднення важкими металами підземних вод Київщини. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 88–97. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227244>
 16. Чоботар В. Порівняльна оцінка якості питної води окремих населених пунктів Могилів-Подільського району Вінницької області. *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*. 2020. Т. 11. № 3. С. 63–73. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.03.007>
 17. Набиванєць Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванєць Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ: Наукова думка, 2007. 456 с.
 18. Adrees M., Ali Sh., Rizwan M. et al. The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22 (11). P. 8148–8162. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4496-5>
 19. Kambe T., Tsuji T., Hashimoto A. and Itsumura N. The physiological, biochemical, and molecular roles of zinc transporters in zinc homeostasis and metabolism. *Physiological reviews*. 2015. Vol. 95 (3). P. 749–784. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2014>
 20. Bordeleau G., Martel R., Ampleman G. and Thiboutot S. Environmental impacts of training activities at an air weapons range. *Journal of environmental quality*. 2008. Vol. 37 (2). P. 308–317. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197>
 21. Godt J., Scheidig F., Grosse-Siestrup Ch. et al. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of occupational Medicine and Toxicology*. 2006. № 1 (1). P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1745-6673-1-22>
 22. Антоняк Г.Л., Білецька Л.П., Бабич Н.А. Кадмій в організмі людини і тварин. Надходження до клітин і акумуляція. *Біологічні студії*. 2010. № 4 (2). С. 127–140.
 23. Athar M. and Vohora S.B. Heavy metals and environment. In: Man and environment series (Ed: P.K Ray). Wiley Eastem Ltd. New Delthi, 1995. P. 1–195.
 24. Sharma R.K. and Agrawal M. Biological effects of heavy metals: an overview. *Journal of environmental Biology*. 2005. Vol. 26 (2). P. 301–313.
 25. Надточій П.П., Мислява Т.М. Екологічна безпека: навч. посіб. Житомир: вид-во «ДАЕУ», 2008. 284 с.
 26. Martin S. and Griswold W. Human health effects of heavy metals. *Environmental Science and Technology briefs for citizens*. 2009. № 15. P. 1–6.

REFERENCES

1. Petruk, V.H., Haidei, Yu.A. & Vovk, O.S. (2011). Analiz stanu yakosti pytnoi vody u kolodiazakh m. Vinnytsi ta Vinnytskoi oblasti [Analysis of the quality of drinking water in wells in the city of Vinnytsia and Vinnytsia region]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu — Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University*, 8 (48), 119–123 [in Ukrainian].
2. Davydiuk, H.V., Shkarivska, L.I., Klymenko, I.I. & Dovbush, N.I. (2022). *Monitorynhovi doslidzhennia pryrodnykh vod u mezkhakh silskoho naselenoho punktu Kyivskoi oblasti [Monitoring studies of natural waters within a rural settlement of the Kyiv region]*. *Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference* (pp. 24–26). Perfect Publishing. Vancouver. Canada [in Ukrainian].
3. Trakhtenberh, I.M., Chekman, I.S., Linnyk, V.O. et al. (2013). *Vzaemodiia mikroelementiv: biolohichniy, medychnyi i sotsialnyi aspekty [Interaction of microelements: biological, medical, and social aspects]*. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrainy — Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 6, 11–20 [in Ukrainian].
4. Ackova, D.G. (2018). Heavy metals and their general toxicity on plants. *Plant Science Today*, 5 (1), 15–19. DOI: <https://dx.doi.org/10.14719/pst.2018.5.1.355> [in English].
5. Zhang, J. & Shu, WS. (2006). Mechanisms of heavy metal cadmium tolerance in plants. *Zhi wu Sheng li yu fen zi Sheng wu xue xue bao — Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32 (1), 1–8 [in Chinese].
6. Koval, V.V., Natalochka, V.O., Tkachenko, S.K. & Minenko, O.V. (2012). *Dynamika zabrudnennia vod silskohospodarskoho pryznachennia soliamy vazhkykh metaliv v umovakh Poltavshchyny [Dynamics of contamination of waters of agricultural setting by heavy metals of Poltav region]*. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 40–44. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.10> [in Ukrainian].
7. Dudnyk, S.V. & Yevtushenko, M.Iu. (2013). *Vodna toksykolohiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhnie praktychne zastosuvannia: monohrafiia [Water toxicology: basic theoretical positions and their practical application]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Andrusyshyna, I.M. (2015). *Vplyv mineralnogo skladu pytnoi vody na stan zdorovia naselennia (ohlid literatury) [The influence of the mineral composition of drinking water on the health of the population (literature review)]*. *Voda i vodochysni tekhnolohii. Naukovotekhnichni visti — Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*, 1 (16), 22–31 [in Ukrainian].
9. Fedorova, H.V. (2007). *Praktykum z bioheokhimii dia ekolohiv [Workshop on biogeochemistry for ecologists]*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Delgado-González, C.R. et al. (2021). Advances and applications of water phytoremediation: a potential biotechnological approach for the treatment of heavy metals from contaminated water. *International Journal*

- of Environmental Research and Public Health*, 18 (10), 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18105215> [in English].
11. Yakovyshyna, T.F. (2015). Ekolohichne otsiniuvannia tekhnohenezu vazhkykh metaliv [Environmental assessment of the technogenesis of heavy metals]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury — Bulletin of Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 3 (204), 28–35 [in Ukrainian].
 12. Bryndzia, I.V. & Grubinko, V.V. (2014). Sezonna dynamika vmistu vazhkykh metaliv u vodi kolodiaziv na terytorii Prykarpattia [Seasonal dynamics of heavy metals content in the well water of precarpathian region]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Seria: Biologhiia (Biologichni systemy) — Scientific Herald of Chernivtsy University. Series: Biology (Biological Systems)*, 6 (2), 197–204 [in Ukrainian].
 13. Nechytailo, L.Ia. (2018). Vmist kadmiiu i tsynku v ekosystemi Prykarpattia ta vplyv kadmievoi intoksykatsii na mikroelementnyi status orhanizmu eksperymentalnykh tvaryn [The content of cadmium and zinc in the ecosystem of Ciscarpathian region and the impact of cadmium intoxication on the trace element status of the body of experimental animals]. *Medychna ta klinichna khimiia — Medical and Clinical Chemistry*, 20 (4), 60–65. DOI: <https://doi.org/10.11603/mch.2410-681X.2018.v0.i4.9797> [in Ukrainian].
 14. Voitenko, L., Buzynna, O., Zhuk, T. et al. (2015). Yakist vody detsentralizovanykh dzherel ahrarykh terytorii Ukrainy [Water quality of decentralized sources of agricultural territories of Ukraine]. *Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretoho tysiacholittia u krainakh Yevropy ta Azii: materialy XI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Problems and prospects of the development of science at the beginning of the third millennium in the countries of Europe and Asia: materials of the XI International scientific and practical internet conference]*. (pp. 21–23). Pereyaslav-Khmelnytskyi [in Ukrainian].
 15. Shumyhai, I.V., Yermishev, O.V. & Manishevskia, N.M. (2021). Ekolohichna otsinka zabrudnennia vazhkykh metalamy pidzemnykh vod Kyivshchyny [Environmental assessment of pollution heavy metals in groundwater of Kyiv]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 88–97. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227244> [in Ukrainian].
 16. Chobotar, V. (2020). Porivnialna otsinka yakosti pytnoi vody okremykh naselenykh punktiv Mohylyv Podilskoho raionu Vinnyskoi oblasti [Comparative assessment of drinking water quality of individual settlements of Mogils-Podilsky district of Vinnitsa]. *Naukovyi zhurnal Biologichni systemy: teoriia ta innovatsii — Scientific journal Biological systems: theory and innovation*, 11 (3), 63–73. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.03.007> [in Ukrainian].
 17. Nabyvanets, B.I., Osadchyi V.I., Osadcha, N.M. & Nabyvanets, Yu.B. (2007). *Analitychna khimiia pov-erkhnevnykh vod [Analytical chemistry of surface waters]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
 18. Adrees, M., Ali, Sh., Rizwan, M. et al. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (11), 8148–8162. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4496-5> [in English].
 19. Kambe, T., Tsuji, T., Hashimoto, A. & Itsumura, N. (2015). The physiological, biochemical, and molecular roles of zinc transporters in zinc homeostasis and metabolism. *Physiological reviews*, 95 (3), 749–784. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2014> [in English].
 20. Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G. & Thiboutot, S. (2008). Environmental impacts of training activities at an air weapons range. *Journal of environmental quality*, 37 (2), 308–317. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197> [in English].
 21. Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, Ch. et al. (2006). The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of occupational Medicine and Toxicology*, 1 (1), 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1745-6673-1-22> [in English].
 22. Antoniuk, H.L., Biletska, L.P. & Babich, N.A. (2010). Kadmii v orhanizmi liudyny i tvaryn. Nadkhodzhennia do klityn i akumulatsiia [Cadmium in human and animal organism. Intake and accumulation in cells]. *Biologichni studii — Studia Biologica*, 4 (2), 127–140 [in Ukrainian].
 23. Athar, M. & Vohora, S.B. (1995). Heavy metals and environment. In: *Man and environment series* (Ed: P.K Ray). Wiley Eastem Ltd. New Delthi. 1–195 [in English].
 24. Sharma, R.K. & Agrawal, M. (2005). Biological effects of heavy metals: an overview. *Journal of environmental Biology*, 26 (2), 301–313 [in English].
 25. Nadtochiy, P.P. & Myslyva, T.M. (2008). *Ekolohichna bezpeka [Ecological safety]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
 26. Martin, S. & Griswold, W. (2009). Human health effects of heavy metals. *Environmental Science and Technology briefs for citizens*, 15, 1–6 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.08.2022

БІОГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ АГРОЕКОСИСТЕМ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І.В. Шумигай, В.В. Коніщук, П.М. Душко

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

e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651

e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4115-5642

e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-1408-0342

На думку В.І. Вернадського, життя на Землі існувало вічно. Значну увагу академік приділив вивченню ґрунтів. Останні здатні акумулювати та перерозподіляти хімічні елементи, що надходять у біосферу, між елементами ландшафту. Важкі метали (ВМ) та інші пріоритетні токсиканти з різних джерел потрапляють у верхні горизонти ґрунтів, де їх наступна трансформація визначається властивостями ґрунту. Час перебування важких металів у ґрунті значно триваліший, ніж в інших компонентах ландшафту; також вони повільно видаляються за вилуговування, поглинання рослинами та в результаті екзогенних процесів. Завдяки унікальній ролі, що виконується хімічними елементами у біосфері, їх уміст у ґрунті є одним із істотних та рівноцінних екологічних чинників, що визначають розвиток живих організмів у екосистемах. У зв'язку з доволі інтенсивним розвитком сільського господарства в Лісоствепу особливо увагу було звернено на розподіл Zn^{2+} та Cu^{2+} у ґрунтового покриві цієї зони. Зважаючи на те, що важкі метали виступають одним із головних джерел забруднення навколишнього середовища, зокрема на території України, комплексне вивчення їх ореолів міграції у ґрунті є необхідним для розробки ефективних природоохоронних заходів. Добрива — найефективніший засіб підвищення родючості ґрунтів, урожайності й поліпшення якості продукції рослинництва. Однак, істотним недоліком багатьох мінеральних добрив є наявність токсичних важких металів. Так, деякі з цих елементів у невеличких кількостях можуть надавати позитивну дію на ріст і розвиток рослин. Досліджено вплив систематичного внесення добрив на показники родючості чорнозему типового та сірого опідзоленого, а також їх вплив на вміст рухомих сполук елементів у ґрунтах. Згідно з даними, за систематичного внесення підвищених доз добрив елементи можуть нагромаджуватися в ґрунті в значних кількостях, що негативно впливає на властивості та родючість ґрунту, на урожай і його якість.

Ключові слова: кореляційний аналіз, цинк, купрум, загальний вміст гумусу, рН, родючість ґрунтів, добрива, пшениця озима, урожайність зернових культур.

ВСТУП

Біогеохімія є науково-практичною частиною вчення В.І. Вернадського про біосферу [1], що остаточно сформувалася у 80-х р. 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 її 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, в т. ч. важких металів [2–4].

Важкі метали (ВМ) виконують унікальні функції у біосфері, в зв'язку з чим, проблема забруднення довкілля, є однією з найважливіших проблем сучасності та найближчого майбутнього. Сполуки цих елементів характеризуються високою токсичністю, рухомістю і здатністю до біоаккумуляції, що несе небезпеку для всього живого на Землі. Їх особливістю також є те, що вони, на відміну від органічних токсикантів, не розкладаються, один раз включившись у біогеохімічні цикли можуть зберігати свою біологічну активність необмежений час. Маючи властивості міг-

рації, також забруднюють усі компоненти біосфери, зокрема ґрунт [5; 6].

Однак, слід зауважити, що у ВМ упродовж останнього десятиліття сформувався стійкий дефіцит у ґрунті, зумовлений їхнім значним винесенням сільськогосподарськими культурами. Загальновідомо, що в процесі споживання цілої низки елементів рослина основну їхню частину засвоює з ґрунту. Один елемент виконує, як правило, декілька функцій, разом із тим одну фізіологічну функцію можуть виконувати різні елементи, отже вони до певної міри можуть заміщати один одного. До того ж, сумісне знаходження різних елементів у живих організмах може підсилювати (синергізм) або послабляти (антагонізм) дію одного з них (рис. 1).

Загалом, елементи живлення, які містяться в ґрунті, є складовими його поживного режиму і запорукою родючості та продуктивної мікробіологічної діяльності. Однак здатність ґрунту забезпечити рослини елементами живлення залежить не тільки від фактичної наявності останніх, а й від їхнього вмісту, доступності та необхідної кількості для рослин [7; 8].

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується активним втручанням людини в природні процеси локального та регіонального рівнів із метою підвищення

біопродуктивності ландшафтів. До того ж, у геохімічні потоки речовини та енергії залучаються нові складові, не характерні для природних процесів, у результаті може змінюватися їхній напрям, що зумовлює серйозні порушення функціонування природно-територіальних систем. Це проявляється у накопиченні в ландшафтах ксенобіотиків, які викликають значні зміни геохімічних циклів елементів в окремих компонентах системи, а також відбувається порушення рівномірності розподілу хімічних речовин. Так, за внесення у ґрунт органічних добрив у ньому збільшується вміст таких хімічних елементів, як цинк та купрум. Дослідженнями більшості вчених питання щодо надходження хімічних елементів у агроєкосистеми ґрунтово-кліматичних зон України доведено, що найбільша їх кількість надходить із добривами у зоні Лісостепу України [9–13].

Наразі проблема вивчення токсичної дії та виведення ВМ на території Лісостепу стоїть особливо гостро у зв'язку з тим, що для регіону характерна інтенсивна сільськогосподарська діяльність, яка відрізняється високим ступенем антропогенних змін природних ландшафтів. Загальні біогеохімічні особливості ландшафтів лісостепової зони донині не можна вважати повністю розкритими, а основні екологічні

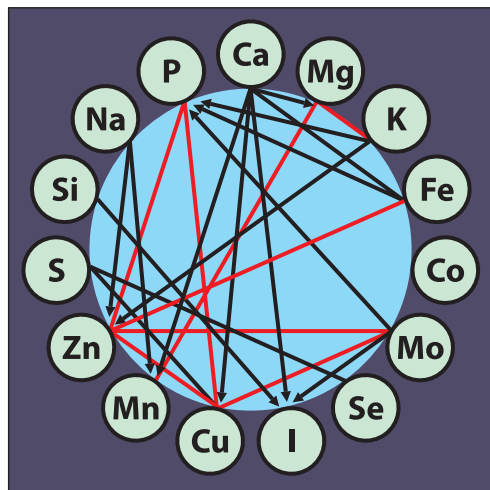
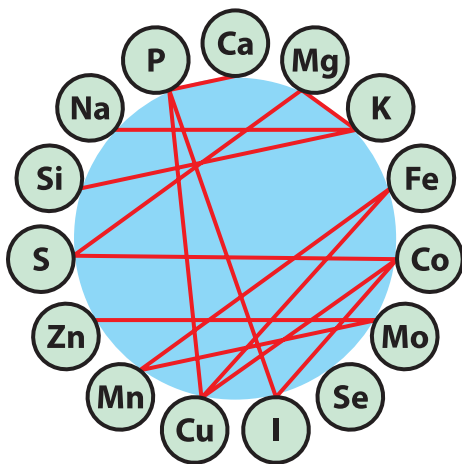


Рис. 1. Основні тенденції дії елементів живлення

принципи вивчення до кінця розробленими, хоча еколого-геохімічні дослідження на цій території здійснювалися впродовж останнього десятиліття. Крім того, за дослідження активності міграції ВМ під впливом антропогенних чинників виникають певні проблеми. Одна з них пов'язана з тим, що кількість ВМ, яка надходить у агроecosистеми з антропогенних джерел, порівняно з їх природним фоновим вмістом, незначна, і тому важко піддається ідентифікації.

Для вивчення можливості міграції ВМ були закладені дослідні ділянки у ДГ «Чабани» (Київська обл.) та НДГ «Агрономічне» (Вінницька обл.) та проведені спостереження в умовах тимчасових польових дослідів на чорноземі типовому і сірому опідзоленому ґрунті в умовах Лісостепу.

Екологічна ситуація, що склалася у цій зоні, зобов'язує населення розробити комплекс заходів щодо зниження техногенного навантаження на природні комплекси, що трансформуються. Для цього необхідно вивчати основні закономірності міграції, концентрації та трансформацію хімічних елементів у ландшафтах, обумовлені природними умовами, чинниками, процесами та їх раціонального використання у тропічному ландшафті, що і було **метою нашого дослідження**.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Фундаментальні теоретичні основи щодо геохімічної міграції елементів були закладені ще О.П. Виноградовим, Б.Б. Полиновим, О.І. Перельманом. Екологічні аспекти негативного впливу важких металів на навколишнє середовище 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.

Вивченню міграції ВМ у ґрунтового профілі присвячено багато робіт, однак повного усвідомлення цих процесів і визначення їх кількісних параметрів на сьогодні немає.

Один із кроків у пізнанні біогеохімічних циклів на суші пов'язано з дослідженнями видатного німецького хіміка Ю. Лібіха, який визначив два головних шляхи надходження хімічних елементів у рослини — через газовий обмін та з водних розчинів. Він довів експериментально вибірковість поглинання хімічних елементів рослинами, чим було закладено основу теорії мінерального живлення рослин, та започаткував вивчення циклічної міграції елементів у системі «ґрунт–рослина–ґрунт», яка в подальшому отримала назву біологічного колообігу [3].

Як свідчить О.Б. Бондарєва із співавт. (2012), близько 90% важких металів, від їх загального надходження в агроecosистеми з мінеральними добривами, накопичується у ґрунті. Решта здатна включатися в колообіг та мігрувати у рослинницьку продукцію, а потім в організм людини [14].

Також за даними Л.О. Жеребної (2001), значна частина важких металів, що знаходиться у мінеральних добривах, перебуває у потенційно рухомій формі (кислоторозчинній). У певних умовах йони важких металів, які присутні в мінеральних добривах і мають високу рухомість у ґрунті, переходять до рослин, накопичуються у великих кількостях і за тропічними ландшафтами живлення надходять до організму тварин та людини [15].

Як вважає Н.О. Козьякова (2000), мінеральні добрива, змінюючи кислотно-лужні умови, також впливають на доступність важких металів рослинами. Фізіологічно кислі азотні добрива мають здатність за довготривалого застосування підвищувати доступність важких металів рослинам. Таким чином, сукупність дії біотичних та абіотичних чинників визначають екоотоксикологічні критерії небезпечності застосування агрохімікатів [16].

Загалом, питанню щодо токсичних елементів та використання мінеральних добрив в агросистемах у вітчизняній і зарубіжній літературі приділено достатньо уваги. Однак більшість із них залишаються актуальними на сучасному етапі розвитку та потребують подальшої розробки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологія екологічного нормування вмісту ВМ у системі «грунт–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. Дослідження були спрямовані на визначення вмісту сполук цинку і міді у ґрунтах Лісостепу в період максимального поглинання елементів живлення пшеницею озимою.

Для досліджень було обрано два об'єкти. Перший об'єкт – чорнозем типовий, середньосуглинковий, добре гумусований на території ДГ «Чабани», що знаходиться у Фастівському р-ні, Київської обл.

Другий об'єкт – сірий опідзолений ґрунт, легкосуглинковий, гумусований, який знаходиться у межах науково-дослідного господарства «Агрономічне» (Вінницький р-н, Вінницька обл.).

Проби ґрунту на обох об'єктах відбирали у 2022 р. у третій декаді травня – першій декаді червня. Відбирання ґрунтових проб та підготування їх до аналізу здійснювалося згідно з вимогами ДСТУ 4287:2007 [3].

У ґрунтових зразках визначали: загальний вміст гумусу за методом І.В. Тюріна за ДСТУ 4289:2004; кислотність ґрунту $pH_{\text{сол}}$ за ДСТУ ISO 10390-2001; рухомі сполуки Cu^{2+} і Zn^{2+} у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі за ДСТУ 4770:2007 [4; 17; 18].

Здобуті результати обробляли математично дисперсійним методом із використанням кореляційного аналізу та програми Statgraf.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Циклічні процеси синтезу і трансформації органічної речовини в агроєкосистемі є основою біогеохімічного кругообігу всіх

біофільних елементів. Ґрунти, що використовуються в сільськогосподарському виробництві, різноманітні за своїми властивостями, і дія ґрунтових чинників, безперечно, впливає на процеси рухомості елементів і їх доступності до сільськогосподарських культур [19].

Наразі у сільському господарстві інтенсивне застосування добрив, особливо мінеральних і хімічних меліорантів, спричиняє зміни в кількісному складі важких металів. Останні містяться в мінеральних добривах є природними домішками, їх величина залежить від вихідної сировини й технологій її переробки.

Загальновідомо, що в агропромисловому виробництві на значних територіях спостерігається проблема надмірної кислотності ґрунтів, до того ж, підкисленню піддаються навіть чорноземи та сірі лісові, які за своєю природою мають нейтральну і навіть слабколужну реакцію ґрунтового середовища. Якісні показники родючості ґрунтів частково знижуються, тому бажано постійно здійснювати відповідні ґрунтоохоронні заходи. Ця проблема стосується і ґрунтів Лісостепу України, які також потребують проведення меліоративних заходів, насамперед внесення органічних та мінеральних добрив (*табл. 1*).

Отримані дані показують, що низький вміст у контрольному варіанті може бути викликаний природними процесами мінералізації органічної речовини за недостатнього надходження свіжих органічних залишків. Дефіцит гумусу, зумовлений щорічною мінералізацією речовини, втратою гумусу з поверхневим стоком і його вививанням з орного шару, наразі може бути компенсований шляхом внесення значних кількостей річних видів добрив.

Внесення мінеральних добрив посилює процеси мінералізації. Так, внаслідок органічних добрив у дозі 40 т/га відзначено зниження вмісту гумусу на 0,36%. Найнижчі показники щодо вмісту гумусу відзначені на досліджуваних ділянках «Чабани» та «Агрономічне» із внесенням мінеральних добрив на фоні післядії гною. Цьому сприяє збільшення маси кореневих і

Таблиця 1. Вміст у ґрунтах гумусу та важких металів за внесення добрив

Схема досліду	Вміст гумусу, %	рН	Вміст важких металів, мг/кг	
			Zn ²⁺	Cu ²⁺
Чорнозем типовий (Київська обл.)				
Контроль (без добрив)	4,16	5,6	0,90	1,33
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	4,27	5,5	1,01	1,30
Гній 40, т/га	4,27	5,8	1,45	1,11
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + гній 40, т/га	4,53	5,9	1,80	1,02
Сірий опідзолений (Вінницька обл.)				
Контроль (без добрив)	3,0	4,9	1,05	1,36
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,96	5,1	1,40	0,26
Гній 40, т/га	2,82	5,5	1,88	0,20
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + гній 40, т/га	2,87	5,8	1,56	0,17

поживних залишків за рахунок зростання врожайності.

Також відомо, що найбільший вплив на вміст рухомих сполук у ґрунті, крім наявності тонкодисперсних частинок, кількості та якісного вмісту гумусу, має реакція середовища (рН). Аналізуючи показники кислотності ґрунту на досліджуваних ділянках Лісостепу, можна зробити висновок, що залежно від насиченості добривами, їх величина коливалася у межах 5,5–5,8 (на ділянці Київської обл.) та 4,9–6,1 (на ділянці Вінницької обл.) (див. *табл. 1*). Згідно з класифікацією, ґрунти з обох ділянок за реакцією середовища можна віднести до слабокислих. Також помічено тенденцію, що збільшення доз мінеральних добрив (особливо азотних) сприяє підкисленню ґрунтового середовища та їх перехід від нейтральних до слабокислих.

Позитивний вплив щодо зміни реакції ґрунтового середовища відбувся за дії сумісного внесення органічних і мінеральних добрив на фоні післядії гною. Так, післядія 40 т/га гною наблизилася значення реакції ґрунтового розчину до нейтральної. Отже, мінеральні добрива сприяють підкисленню реакції ґрунтового середовища, а органічні добрива стабілізують цей показник.

Результати проведеного дослідження дають підстави стверджувати, що загалом

у Лісостепу орний шар ґрунтів за вмістом купруму та цинку відповідає відповідно низькому та дуже низькому рівню забезпеченості. Крім того, варто зазначити, що рухливість металів у ґрунті впливає на ступінь небезпеки елемента: чим більше останній рухливий, тим легше він надходить у ґрунтовий розчин і проникає у рослини. Рухливість металів великою мірою зумовлена хімічними властивостями самих елементів. Наприклад, цинк більш рухливіший, ніж купрум.

Згідно з проведеними дослідженнями в агроландшафтах Лісостепу, встановлено, що внесення різних доз мінеральних добрив змінює вміст рухомих сполук Zn²⁺ та Cu²⁺ у ґрунтах. Одним із високотоксичних елементів земної кори, який у ґрунті становить не значну частку, є цинк (*рис. 2*).

Дослідженнями встановлено, що вміст цинку у варіантах без внесення добрив був найнижчим і становив 0,9–1,05 мг/кг і відповідно його кількість зростала зі збільшенням дози внесення мінеральних добрив. Так, у варіантах дослідів, де вносилися N₉₀P₆₀K₆₀, вміст цинку збільшувався і становив 1,01 мг/кг у чорноземі типовому та 1,4 мг/кг у сірому опідзоленому ґрунті. Це підтверджують дані інших учених [20], які встановили, що за низького показника кислотності рухомість цинку

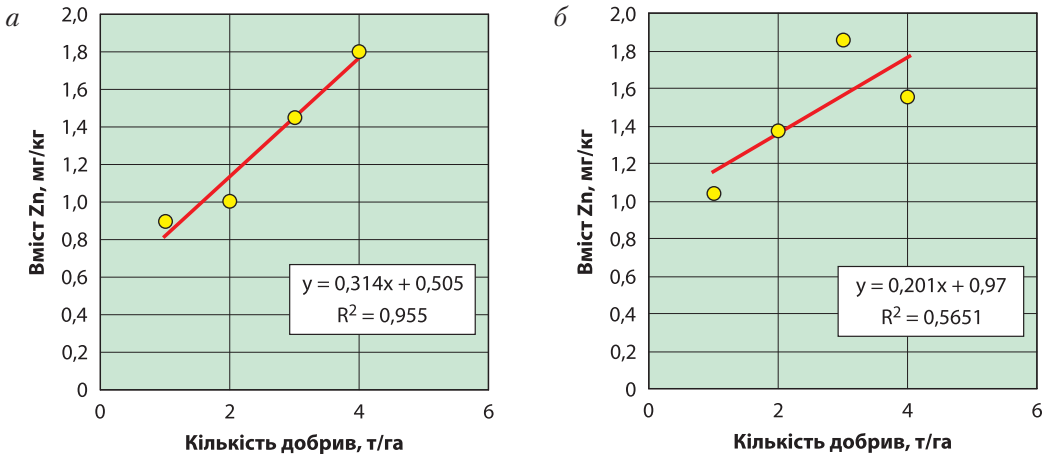


Рис. 2. Кореляційна залежність вмісту Zn^{2+} у ґрунтах Лісостепу від внесення мінеральних добрив:

a – чорнозем типовий (Київська обл.); *б* – сірі опідзолені (Вінницька обл.)

зростає, що зумовлює його вилучення. Модель залежності вмісту Zn^{2+} від кислотності ґрунту у досліджуваних ландшафтах можна описати лінійним рівнянням регресії:

$$y = 0,213x - 10,851 \text{ (Київська обл.)}; \quad (1)$$

$$y = 0,6333x - 1,9 \text{ (Вінницька обл.)}, \quad (2)$$

де y – вміст рухомих сполук цинку в ґрунті, мг/кг; x – обмінна кислотність ґрунту, од. рН.

Множинний коефіцієнт детермінації регресії вказує на значну та помірну залежність вмісту рухомих сполук цинку від кислотності ґрунту, який становить для дослідних ділянок Київської та Вінницької обл. відповідно $R^2 = 0,879$ та $R^2 = 0,547$.

До важливих елементів у живленні рослин належить мідь, яка бере участь у процесах окиснення, інтенсивності дихання, сприяє синтезу білків. Дослідженнями встановлено, що вміст рухомих сполук купруму у варіантах досліді без вапнування становив 1,33–1,36 мг/кг ґрунту і зменшувався за внесення мінеральних добрив (рис. 3).

Також цю залежність можна описати рівнянням регресії:

$$y = -0,78x + 5,636 \text{ (Київська обл.)}; \quad (3)$$

$$y = -1,682x + 6,1857 \text{ (Вінницька обл.)}, \quad (4)$$

де y – вміст рухомих сполук купруму в ґрунті, мг/кг; x – обмінна кислотність ґрунту, од. рН. Множинний коефіцієнт детермінації регресії, який сягає $R^2 = 0,9081$ та $R^2 = 0,5585$ для досліджуваних ділянок відповідно, вказує на значну й помірну відповідно залежність між цими показниками.

Отже, потреба у застосуванні мікродобрив набуває дедалі більшого значення, але, розраховуючи обсяги їх внесення, важливо враховувати винос хімічних елементів сільськогосподарськими культурами і їх баланс у сівозміні. Відомо, що лише за умови збалансованого внесення макро- і мікроелементів у ґрунт, забезпечуючи рослини необхідними елементами живлення, можна розраховувати на отримання високого врожаю.

Лісостеп, зокрема Київська та Вінницька обл. є одними із найбільших регіонів – виробників зерна в Україні.

На формування врожайності пшениці озимої великий вплив мають природно-кліматичні умови, культура землеробства, агротехніка та технологія вирощування культури, внесення добрив тощо. Визначальним чинником за отримання високих стабільних урожаїв зерна культури є, на-

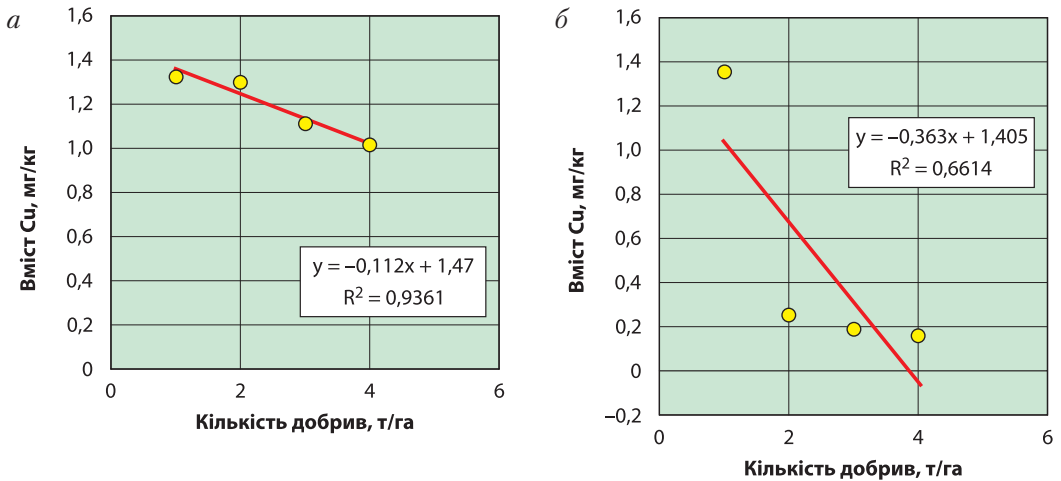


Рис. 3. Кореляційна залежність вмісту Cu^{2+} у ґрунтах Лісостепу від внесення мінеральних добрив: а – чорнозем типовий (Київська обл.); б – сірі опідзолені (Вінницька обл.)

самперед, забезпечення рослин елементами живлення та водою [21; 22].

У зоні Лісостепу спостерігається доволі висока ефективність внесення добрив. Норми та співвідношення елементів живлення у них залежать від типу ґрунту, його зволоження та попередника. Найкраще на всіх ґрунтах зони вносити повне мінеральне добриво. Так, на чорноземах та сірих опідзолених ґрунтах у складі повного добрива доцільно вносити стільки ж азоту, скільки й фосфору, або трохи більше, ніж фосфору і калію.

У табл. 2 наведено результати досліджень залежності врожайності пшениці озимої від доз добрив, що застосовуються.

Як показують дослідження, на врожайність пшениці озимої впливають дози вне-

сених мінеральних добрив і післядія органічних добрив, а також погодні умови.

На контрольному варіанті Київської обл. (чорнозем типовий) врожайність пшениці озимої сягала 36,7 ц/га, за внесення $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ – 4,47 т/га, збільшення контролю становило 8,0 ц/га. Післядія від внесення органічних добрив у дозі 40 т/га підвищила врожайність у 1,1 раза порівняно з контролем.

Внесення мінеральних добрив і натовмість післядії гною найефективніше позначається на врожайності пшениці озимої. Так, за внесення одинарної дози мінеральних добрив ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$) на фоні післядії 40 т/га гною приріст сягав 8,6 ц/га.

У Вінницькій обл. (сірий опідзолений ґрунт) урожайність пшениці озимої була

Таблиця 2. Результати врожайності пшениці озимої за внесення добрив

Схема дослідю	Київська обл.		Вінницька обл.	
	урожайність, ц/га	приріст, ц/га	урожайність, ц/га	приріст, ц/га
Контроль (без добрив)	36,7	–	38,0	–
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	44,7	8,0	53,0	15,0
Гній 40, т/га	41,3	4,6	43,0	5,0
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + гній 40, т/га	45,3	8,6	63,0	25,0

вищою і на контрольному варіанті сягала 38,0 ц/га. Внесення мінеральних добрив підвищувало врожайність до 53,0 ц/га. Післядїя органічного добрива мало впливало на підвищення врожайності культури щодо варіанта без добрива, де прирости становили 5,0 ц/га за врожаю 43,0 ц/га. Також застосування одинарної дози мінеральних добрив на фоні післядїї гною дало змогу отримати 63,0 ц/га.

Загалом, інтенсивна технологія вирощування пшениці озимої передбачає використання разом із добривами хімічних засобів захисту рослин. Комбіноване їх застосування посилює дію кожного з елементів технології і сприяє одержанню стабільних урожаїв високоякісного зерна.

ВИСНОВКИ

У всіх досліджуваних локалітетах не зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій для важких металів. Установлено, що в компонентах систем «грунт–рослина» вміст металів зменшується в ряду: $Zn^{2+} > Cu^{2+}$.

Спостерігалася лінійна залежність вмісту важких металів від кількості добрив у ґрунтах. Коефіцієнти кореляції для Zn^{2+} та Cu^{2+} у ґрунтах Київської та Вінницької обл. різняться, що, вочевидь, пов'язано з різним ступенем антропогенного навантаження на території дослідження.

Однією із незмінних культур зернового клину Лісостепу України залишається пшениця озима. Внесення мінеральних добрив призводить до збільшення вмісту токсичних елементів у зерні пшениці озимої, але їхній рівень менший від гранично допустимої концентрації. Доведено, що зростання рівнів урожайності пшениці озимої зумовлена постійним підвищенням норм внесення мінеральних добрив, яка може викликати накопичення токсикантів у зерні, і відповідно, погіршити їх екологічну безпечність. Тому для усунення наслідків нестачі ВМ у ґрунтах і для отримання зерна пшениці озимої з оптимальним вмістом Zn^{2+} та Cu^{2+} необхідно забезпечити систематичне надходження елементів із добривами у позакореневе живлення.

Встановлено, що загальна врожайність досліджуваних культур залежала передусім від системи удобрення і менше — від обробітки ґрунту. Найменший вихід зернових одиниць і врожайність отримано на варіанті без добрив, при цьому різниця між обробітками ґрунту не перевищувала 5%. Застосування органо-мінеральної системи удобрення підвищує загальну врожайність порівняно з контролем на 41–46%, а істотної різниці від використання різних обробіток ґрунту не отримано.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вибрані наукові праці акад. В.І. Вернадського. Т. 7., кн. 1. Праці з геохімії та радіогеології / за ред. Соболевич Е.В., Долін В.В. Київ, 2012. 824 с.
2. Гришко В.М. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. Донецьк: Донбас, 2012. 304 с.
3. Сторова Т.М. Біогеохімічні пріоритети агроекологічних досліджень. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 28–35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.174214>
4. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: учеб. пособ. Москва: Высш. шк., 1998. 413 с.
5. Макаренко Н.А. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив за впливом на ґрунтову систему: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16. Київ, 2002. 28 с.
6. Топчій Н.М. Вплив важких металів на фотосинтез. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. Вип. 42 (2). С. 95–106.
7. Копілевич В.А., Войтенко Л.В. Методичні рекомендації щодо одержання та використання нових комплексних сполук, що містять аміачний азот, фосфати та мікроелементи (мідь, цинк, кобальт, нікель) для живлення рослин і тварин. Київ: НУБіП, 2009. 33 с.
8. Дмитрук Ю.М., Бербець М.А. Основы біогеохімії: навч. посіб. Чернівці: Книги–XXI, 2009. 288 с.
9. Шервуд М.А. Применение удобрений. Киев: Пресс-Курьер Украина, 2014. 154 с.
10. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
11. Марчук Г.П., Біла Т.А. Геохімія довкілля: навч. посібн. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. 242 с.
12. Ткачук О.П., Яковець Л.А. Динаміка виробництва зерна та внесення мінеральних добрив під зернові культури у Вінницькій області. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграр-*

- ного університету. 2017. Вип. 6 (1). С. 141–148.
13. Патики В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін. Агроєкологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: моногр. / за ред. В.П. Патики. Київ: Основа, 2005. 300 с.
 14. Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І., Мілігула О.М. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив. *Агроєкологічний журнал*. 2012. № 3. С. 20–23.
 15. Жеребна Л.О. Вплив важких металів, що містяться в мінеральних добривах, на якість рослиницької продукції. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2001. Вип. 61. С. 193–197.
 16. Козьякова Н.О., Макаренко Н.А., Кавецький В.М. Міграція важких металів у системі «ґрунт–рослина» — екотоксикологічний критерій їх небезпечності. *Науковий вісник НАУ*. 2000. Вип. 32. С. 365–370.
 17. Войтенко Л.В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. Київ: Наукова столиця, 2019. 400 с.
 18. Єгорова Т.М. Фоновий уміст важких металів як екологічна характеристика ґрунтів Лісостепу. *Агроєкологічний журнал*. 2014. № 1. С. 28–34.
 19. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Значення показників родючості ґрунту в оптимізації мікроелементного живлення рослин. *Екологічні науки*. 2020. № 1 (20). Т. 2. С. 65–68.
 20. Нестерова А.Н. Действие тяжелых металлов на корни растений. *Биологические науки*. 1989. № 9. С. 72–86.
 21. Гришко В.М., Сыщиков Д.В. Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора. Киев: Наукова думка, 2012. 238 с.
 22. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1994. № 26 (2). С. 107–117.

REFERENCES

1. Sobotovych, E.V. & Dolin, V.V. (Eds.) (2012). *Vybrani naukovi pratsi akad. V.I. Vernadskoho [Selected scientific works of acad. V.I. Vernadskiy]*. (T. 7, kn. 1). Kyiv [in Ukrainian].
2. Hryshko, V.M. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzhennia v ґrunty, translokatsiia u roslynakh ta ekolohichna bezpeka [Heavy metals: entry into soils, translocation in plants and environmental safety]*. Donetsk: Donbas [in Ukrainian].
3. Egorova, T.M. (2017). Bioeokhimichni prioriteti ahroekolohichnykh doslidzhen [Biogeochemical priorities of agroecological research]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 28–35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.174214> [in Ukrainian].
4. Dobrovolsky, V.V. (1998). *Osnovy biogeokhimii [Fundamentals of biogeochemistry]*. Moscow [in Russian].
5. Makarenko, N.A. (2002). Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobryv za vplyvom na ґruntovu systemu [Agro-ecological evaluation of mineral fertilizers according to the impact on the soil system]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Topchii, N.M. (2010). Vplyv vazhkykh metaliv na fotosyntezy [Influence of heavy metals on photosynthesis]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastenyi — Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 42 (2), 95–106 [in Ukrainian].
7. Kopilevich, V.A. & Voitenko, L.V. (2009). *Metodychni rekomendatsii shchodo oderzhannia ta vykorystannia novykh kompleksnykh spolyk, shcho mistiat amiachnyi azot, fosfaty ta mikroelementy (mid, tsynk, kobalt, nikel) dlia zhyvlennia roslyn i tvaryn [Methodical recommendations for obtaining and using new complex compounds containing ammonia nitrogen, phosphates and trace elements (copper, zinc, cobalt, nickel) for plant and animal nutrition]*. Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].
8. Dmytruk, Yu.M. & Berbets, M.A. (2009). *Osnovy biogeokhimii [Basics of biogeochemistry]*. Chernivtsi: Knyhy–XXI [in Ukrainian].
9. Sherwood, M.A. (2014). *Primenenie udobreniy [Application of fertilizers]*. Kyiv: Press-Kurer Ukraina [in Russian].
10. Lyochvor, V.V. (2008). *Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia [Mineral fertilizers and their application]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
11. Marchuk, H.P. & Bila, T.A. (2013). *Heokhimiia dovkillia [Geochemistry of the environment]*. Kherson: OLDI-PLYUS [in Ukrainian].
12. Tkachuk, O.P. & Yakovets, L.A. (2017). Dynamika vyrobnytstva zerna ta vnesennia mineralnykh dobryv pid zernovi kultury u Vinnytskii oblasti [Dynamics of grain production and application of mineral fertilizers to grain crops in Vinnytsia region]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahroaranoho universytetu — Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University*, 6 (1), 141–148 [in Ukrainian].
13. Palyka, V.P. (Ed.), Makarenko, N.A., Moklyachuk, L.I. et al. (2005). *Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobryv ta pestytsydiv [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides]*. Kyiv: Osнова [in Ukrainian].
14. Bondareva, O.B., Konovalenko, L.I. & Miligula, O.M. (2012). Migrantsiia ta nakopychennia svyntsiu i kadmiu u ґrunty i roslynakh pid vplyvom dobryv [Migration and accumulation of lead and cadmium in soil and plants under the influence of fertilizers]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 20–23 [in Ukrainian].
15. Zherebna, L.O. (2001). Vplyv vazhkykh metaliv, shcho mistiatsia v mineralnykh dobryvakh, na yakist roslynnytskoi produktsii [The influence of heavy metals contained in mineral fertilizers on the quality of crop production]. *Ahrokhimiia i ґruntoznastvo — Agrochemistry and soil science*, 61, 193–197 [in Ukrainian].
16. Kozyakova, N.O., Makarenko, N.A. & Kavetskyi, V.M. (2000). Migrantsiia vazhkykh metaliv u systemi «ґрунт–roslyna» — ekotoksykologichnyi kryterii yikh nebez-

- pechnosti [Migration of heavy metals in the «soil-plant» system is an ecotoxicological criterion of their danger]. *Naukovyi visnyk NAU — Scientific Bulletin of NAU*, 32, 365–370 [in Ukrainian].
17. Voytenko, L.V. (2019). *Khimiia z osnovamy bioheokhimii [Chemistry with the basics of biogeochemistry]*. Kyiv: Naukova stolitsia [in Ukrainian].
18. Egorova, T.M. (2014). Fonovyi umist vazhkykh metaliv yak ekolohichna kharakterystyka gruntiv Lisostepu [The background content of heavy metals as an ecological characteristic of forest-steppe soils]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 28–34 [in Ukrainian].
19. Skrylnyk, E.V., Kutova, A.M. & Hetmanenko, V.A. (2020). Znachennya pokaznykiv rodyuchosti gruntu v optymizatsiyi mikroelementnoho zhyvlennya roslin [The value of soil fertility indicators in the optimization of plant micronutrient nutrition]. *Ekolohichni nauky — Environmental sciences*, 1 (20), 2, 65–68 [in Ukrainian].
20. Nesterova, A.N. (1989). Deystvie tyazhelykh metallov na korni rasteniy [Effect of heavy metals on plant roots]. *Biologicheskie nauki — Biological Sciences*, 9, 72–86 [in Russian].
21. Grishko, V.M. & Syshchikov, D.V. (2012). *Funktsionirovanie glutationzavisimoy antioksidantnoy sistemy i ustoychivost rasteniy pri deystvii tyazhelykh metallov i flora [Functioning of the glutathione-dependent antioxidant system and plant resistance to the action of heavy metals and fluorine]*. Kyiv: Naukova Dumka [in Russian].
22. Guralchuk, Zh.Z. (1994). Mekhanizmy ustoychivosti rasteniy k tyazhelym metallam [Mechanisms of plant resistance to heavy metals]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy — Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 26 (2), 107–117 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2022

ПАТОГЕННИЙ МІКОБІОМ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА СОЇ (*GLYCINE MAX* MOENCH) ЗА ВИРОЩУВАННЯ В ОРГАНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Л.В. Гаврилюк¹, О.О. Кічігіна¹, І.В. Безноско¹, І.С. Власенко²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: gavrilluklilia410@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6901-0766

e-mail: ol_ki@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0879-627X

e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2217-5165

² Національна академія аграрних наук України (м. Київ, Україна)

e-mail: innav_s@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6120-649X

Для забезпечення біологічної безпеки в агроценозах постійно зберігає актуальність дослідження механізмів впливу біологічних препаратів на насіння сільськогосподарських культур із метою регулювання чисельності фітопатогенних мікроміцетів. Визначено контамінацію мікроміцетами насіння сої сортів Сузір'я та Кент, вирощених в органічних технологіях за використання біологічного препарату Філазоніт. Виявлено істотне пригнічення мікроміцетів на насінні сої сортів Сузір'я та Кент порівняно з контролем. Встановлено, що на утворення КУО мікроміцетів на насінні сої зазначених сортів впливають технологія вирощування насіння та погодні умови. Залежно від цих чинників, кількість КУО мікроміцетів на насінні сої досліджуваних сортів коливалась від 0,2 тис. КУО/г насіння до 1,5 тис. КУО/г насіння, що майже в 2,5 раза менше за кількість у контрольному зразку (від 0,8 тис. КУО/г до 2,7 тис. КУО/г насіння). Встановлено, що на насінні сої сортів Сузір'я та Кент домінують види фітопатогенних мікроміцетів, які належать до родів *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*. Вони є чинниками біологічного забруднення агрофітоценозів та зниження якості і безпечності вирощеної продукції. Визначено зміни якісних показників зерна досліджуваних сортів сої, вирощених в умовах органічного виробництва. Встановлено, що вміст білка та олії в зерні сортів Кент та Сузір'я в усіх варіантах застосування біологічного препарату Філазоніт перевищував нормативні показники, визначені в ДСТУ 4964:2008. Водночас показник масової частки вологи зерна не перевищував допустимих норм. Встановлено, що на біохімічний склад насіння сої мали вплив ґрунтові сорти, погодні умови та технології вирощування. Залежно від цих чинників, вміст білка в зерні сої досліджуваних сортів становив від 37,5% до 41,11%, олії від 19,02% до 21,7%, а масової частки вологи від 8,8% до 11,4%.

Ключові слова: мікроміцети, агрофітоценози, біобезпека, токсичність, бобові, гідротермічні показники.

ВСТУП

Застосування біопрепаратів є основою стратегічного еколого-біологічного заходу контролю шкідливих організмів у посівах сільськогосподарських культур за органічного вирощування. Адже в агроценозах сої (*Glycine max* Moench) відбувається накопичення інфекційного фону фітопатогенних мікроміцетів, які призводять до спалаху багатьох хвороб рослин (альтернаріоз, антракноз, фузаріоз, фітофтороз, церкоспороз) [1; 2].

Так, дія біологічних препаратів заснована на регуляції біотичних взаємовідносин в агроценозі, що дає змогу вирішити питання забезпечення збалансованого живлення рослин, стимулюють їх розвиток і сприяють підвищенню продуктивності, а також стійкість рослин до фітопатогенних мікроміцетів, формування конкурентних взаємин з аборигенними мікроорганізмами та індукування природної системної стійкості. Водночас обробка передпосівна насіння зумовлює до знезараження посівного матеріалу і захисту молодих рослин від різноманітних інфекцій. Відтак актуальним

є застосування корисних мікроорганізмів, що входять до складу біопрепаратів, які ефективно впливають на процеси функціонування агроєкосистем [1; 3].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Багато наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів [4; 5] мали на меті дослідити вміст білка, його поліморфізм, залежно від виду, різноманіття та умов вирощування бобових культур, які свідчать про те, що вміст білка в насінні істотно залежить від сорту, тобто знаходиться під генетичним контролем [4]. Більшість авторів вважають, що в періоди відносно низьких температур, білки в насінні бобових накопичуються в меншій кількості порівняно з періодами з більш високою температурою повітря [6]. Полив рослин також має великий вплив на якість насіння. Однак вчені не мають однозначної думки. Так, деякі вважають, що рясний полив сої призводить до зниження вмісту білка та до підвищення вмісту олії [7]. За даними ж О. Казанок [8], рясний полив сої зумовлює до зниження вмісту як білка, так і олії.

Оскільки соєві боби широко використовуються для харчування як в Україні, так і в усьому світі, розуміння впливу екологічних чинників на врожайність і якість зерна в різних кліматичних умовах є дуже важливим. Застосування інтенсивних агротехнологічних підходів призвело до погіршення екологічних умов вирощування багатьох культур, у т. ч. й сої та істотно змінило фітосанітарну ситуацію в агрофітоценозах. Антропогенні порушення природних екосистем призвели до зменшення ролі грибів у кругообігу основних біофільних елементів у глобальному масштабі [9].

Плісняві гриби є джерелом багатьох захворювань тварин і людини. У кормах і харчових продуктах виявлено близько 30 тис. видів пліснявих грибів, з яких понад 250 видів здатні виробляти небезпечні токсини та викликати отруєння тварин і людей [10]. Коли насіння сої заражене пліснявою, щороку втрачається значна кількість врожаю. Несвоєчасне збирання,

а також несвоєчасне сушіння за зберігання спричиняє розмноження фітопатогенних грибів та утворення отруйних речовин — мікотоксинів. Це зумовлює до псування кормів, погіршення органолептичних якостей, зниження поживності та непридатності насіння для технологічної переробки. У тваринництві використання кормів, уражених грибами, може спричинити хронічну токсичність, яка, своєю чергою, може призвести до загибелі худоби та птиці [11; 12]. Фітопатогенні мікроміцети можуть уражувати більшість кормових культур рослинного і тваринного походження. На рослинах сої часто одночасно паразитують декілька збудників хвороб, що знижує врожайність її насіння на 15–20% і більше, вміст білка на 4–18, жиру на 1,6–5,6%. Найчастіше корми можуть бути заражені такими родами, як *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Cladosporium* та іншими, але деякі види, такі як *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus amstelodami*, *Penicillium brevicaulis*, *Penicillium bicolor*, *Mucor racemosus*, *Rhizopus equinus*, *Rhizopus cohnii*, *Trichoderma lignorum*, можуть потрапляти в організм з їжею або з повітрям і проростати у внутрішніх органах тварин [13–15]. Такі хвороби, як фузаріоз, альтернаріоз, пероноспороз, аспергільозна роса, аспергільоз та ін. є токсиноутворювальними [16]. Вони значно знижують екологічну безпеку рослинної продукції. Серед токсинів, які продукують перелічені мікроміцети, особливо небезпечні: *Fusarium oxysporum* Schleht, *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc., *F. Sambucinum* Fuckvar. Minus Wr., *Alternaria alternata*, *Ascochyta sojaecola* Abr., *Cercospora sojae* Hara, *Septoria glycines* T. Hemmi., *Botrytis cinerea* Pers., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Peronospora manshurica* Sydow. [17]. Крім того, зміна клімату та підвищення температури, особливо взимку, спричиняють розширення спектра фітопатогенів на територіях, де вони раніше не зустрічалися [18]. Відтак низка наукових досліджень спрямовані на дослідження зв'язків між ґрунтово-кліматичними умовами, технологічними прийомми, сортовими особливостями та ін.

чинниками вирощування сільськогосподарських культур для підвищення продуктивності і біологічної безпеки агроценозів [19–22].

Мета досліджень: регулювання чисельності колонієутворювальних одиниць фітопатогенних мікроміцетів у посівах різних сортів насіння сої за органічного вирощування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали впродовж трьох років на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН та у відділі агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій Інституту агроєкології і природокористування НААН.

Об'єктом дослідження було насіння сої (*Glycine max* Moench) сортів: Сузір'я – селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» та Кент – селекції австрійського насінневого центру «Saatbaulinz». Відбір зразків насіння проводили у фазі дозрівання.

Як відомо, за органічного виробництва не дозволено використання мінеральних добрив та пестицидів. Тому альтернативою може бути використання технологій із біопрепаратами різної дії. Так, досліджувані сорти сої вирощували з використанням біопрепарату Філазоніт. Це біопрепарат комплексної дії на основі корисних ґрунтових бактерій (азотофіксувальні, фосфатомобілізувальні, целюлозоруйнувальні). Також до складу входять деякі природні вітаміни групи В, які знижують сприйнятливність рослин до захворювань та гормони гіберелін і ауксин, що прискорюють проростання насіння і ріст рослин. Антипатогенні бактерії запобігають і захищають рослини від грибкових захворювань, особливо *Fusarium oxysporum*, сприяють розвитку імунітету у рослин [23].

Для аналізування було відібрано чотири зразки по 50 насінин кожного досліджуваного сорту. Насіння промивали 30 хв у стерильній воді, незаражували

5 хв у 0,5% розчині перманганату калію та знову промивали стерильною дистильованою водою. Промите насіння поміщали на стерильний фільтрувальний папір та висушували у сушильній шафі за температури +30°C. Після чого подрібнювали за допомогою лабораторного млинка впродовж 1 хв і просіювали через сито діаметром 1 мм. Середню пробу масою 10 г переносили в стерильні колби (3 повтори), додавали 90 мл стерильної дистильованої води і струшували колби впродовж 5 хв до отримання однорідної суспензії. Надалі 1 мл отриманої суспензії розсівали в стерильні чашки Петрі, в кожену з якої наливали по 10 мл середовища Чапека, перемішували та інкубували за температури +25°C упродовж 3 діб. Колонії підраховували на автоматичному лічильнику SCAN 4000 і висівали в пробірки для подальшої ідентифікації. Ідентифікацію ізолятів проводили на 15-ту добу за допомогою тринокулярного мікроскопа (DN-200 M). Середню кількість колоній грибів на 1 г сухого насіння визначали за формулою:

$$A = \frac{B \times V \times K}{g}, \quad (1)$$

де А – кількість інфекційних одиниць мікроміцетів в 1 г сухого насіння; В – середня кількість колоній у чашках; V – розведення, з якого зроблено посів; К – показник поправки на вологість; g – маса насіння (10 г).

Показники якості насіння визначали за методикою прописаною в ДСТУ 4964:2008 [24].

ГТК (гідротермічний коефіцієнт) розраховували за методикою Селянинова:

$$ГТК = \sum R / 0,1 \cdot \sum t_{акт > 10}, \quad (2)$$

де ГТК = < 0,4 – дуже сильна посуха; ГТК = 0,4–0,5 – сильна посуха; ГТК = 0,6–0,7 – середня посуха; ГТК = 0,8–0,9 – слабка посуха; ГТК = 1,0–1,5 – достатньо волого; ГТК = > 1,5 – надмірно волого.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізу

($p=0,05$) [25]. Для обробки отриманих результатів використано стандартні математичні методи аналізу та побудови діаграми з використанням програм Microsoft Office, Statgraphics Plus for windows, Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Визначено, що кількість мікроміцетів в насінні сої сорту Сузір'я коливалася від 0,4 тис. до 1,3 тис. КУО/г насіння, а в насінні сої сорту Кент ця кількість становила у межах 0,2–1,5 тис. КУО/г насіння. Виявлено, що за допомогою біопрепарату Філазоніт можна досягти істотного пригнічення утворення КУО мікроміцетів у насінні сої сортів Сузір'я та Кент порівняно з контрольним варіантом. Зокрема, у перший рік досліджень було виявлено найвищу ефективність біопрепарату на сої сорту Сузір'я, де кількість КУО мікроміцетів становила 1,3 тис. КУО/г, що на 0,2 тис. КУО/г насіння мікроміцетів менше, ніж на насінні сої сорту Кент (табл. 1).

З огляду на те, що показники кількості КУО мікроміцетів обох сортів виявилися майже вдвічі нижчими за показник контрольного зразка, то вплив біопрепарату Філазоніт на формування колонієутворювальних одиниць виявився інгібуючим. За результатами досліджень другого року виявлено, що ефективність біопрепарату була вищою на насінні сорту Кент порівняно з сортом Сузір'я (0,4 тис. КУО/г насіння), де кількість КУО мікроміцетів становила 0,2 тис. КУО/г насіння, що у 2 рази менше, ніж на насінні сої сорту Сузір'я та майже у 3,5 рази менше порівняно з контролем.

Це доводить, що протигрибкові властивості рослини сої досліджуваних сортів істотно залежать від генотипу сорту. За результатами досліджень третього року встановлено таку саму залежність як і в другий рік досліджень, де біопрепарат Філазоніт виявився більш ефективним для сорту сої Кент (0,6 тис. КУО/г насіння) порівняно з сортом сої Сузір'я (0,8 тис. КУО/г насіння). Відтак, як і в попередні роки досліджень, показник формування чисельності мікроміцетів на насінні обох сортів, вирощених за технології Філазоніт був менший майже у 2,5 рази порівняно з контрольним варіантом. Це свідчить про істотне стримування формування чисельності мікроміцетів та інгібуючий вплив біопрепарату Філазоніт.

Статистично доведено достовірність ефективності біопрепарату Філазоніт для обох сортів сої порівняно з контрольним варіантом. Виявлено зв'язок між розвитком мікроміцетів і біопрепаратом Філазоніт як у посівах сої сортів Сузір'я, так і Кент ($H_{05}=0,24$ і $H_{05}=0,23$) (табл. 2).

Варто зауважити, що за роками чисельність мікроміцетів на насінні сої також була істотною на сортах Сузір'я і Кент та становила $H_{05}=0,32$ й $H_{05}=0,29$ відповідно. Це свідчить про те, що на чисельність мікроміцетів у насінні сої досліджуваних сортів впливала величина ГТК.

Найбільшу ефективність біопрепарату Філазоніт на обох сортах сої відмічено на другий рік досліджень, де кількість КУО становила в середньому 0,3 тис. КУО/г насіння відповідно. Це доводить про значне пригнічення фітопатогенних мікроміцетів

Таблиця 1. Кількість насіння мікроміцетів на рослинах сої сорту Сузір'я та Кент, вирощених за технологією Філазоніт-Україна

Сорт	Кількість насіння фітопатогенних мікроміцетів за роками, тис. КУО/г					
	I р.		II р.		III р.	
	контроль	Філазоніт	контроль	Філазоніт	контроль	Філазоніт
Сузір'я	2,3	1,3	0,8	0,4	1,9	0,8
Кент	2,7	1,5	0,7	0,2	1,6	0,6

Таблиця 2. Динаміка кількості мікроміцетів на насінні сої

Сорт	Біопрепарати	Кількість мікроміцетів у насінні сої у фазі дозрівання за роками, тис. КУО/г			Середнє за три роки
		I р. (ГТК=1,35)	II р. (ГТК=0,9)	III р. (ГТК=1)	
Сузір'я	Контроль Філазоніт	2,3	0,8	1,9	1,6
		1,3	0,4	0,8	0,8
НІР ₀₅	За роками Для технологій				0,32
					0,24
Кент	Контроль Філазоніт	2,7	0,7	1,6	1,6
		1,5	0,2	0,6	0,7
НІР ₀₅	За роками Для технологій				0,29
					0,24

Примітка. Різниця достовірна на рівні $p=0,05$.

біопрепаратом Філазоніт. Також це може бути зумовлено погодними умовами. Саме в другий рік досліджень гідротермічний коефіцієнт сягав 0,9 (слабка посуха), що могло б стримувати ріст фітопатогенних мікроміцетів. Найменша ефективність біопрепарату Філазоніт на сортах сої Сузір'я та Кент спостерігалась у перший рік досліджень (1,3 тис. КУО/г та 1,5 тис. КУО/г насіння відповідно). Саме в цей рік гідротермічний коефіцієнт становив 1,35 (доволі волого). Отже, специфічні погодні умови могли стимулювати утворення мікроміцетів. З наукових джерел відомо, що надмірне зволоження є несприятливим для розвитку фітопатогенних мікроміцетів. Водночас технологія Філазоніт істотно пригнічувала утворення та розвиток мікроміцетів обох сортів насіння сої порівняно з контрольними показниками. Проведені дослідження показали, що на формування колонієутворювальних одиниць на насінні сортів сої Сузір'я і Кент впливають генотип сорту, технології вирощування та погодні умови.

Виділено й ідентифіковано низку фітопатогенних видів мікроміцетів на насінні сої сортів Сузір'я та Кент. Аналіз показав, що на насінні обох сортів сої переважають види, що належать до трьох родів мікроміцетів: *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*.

У посівах сої сорту Сузір'я найпоширеніші мікроміцети роду *Alternaria* (46,3%). Відсоток мікроміцетів роду *Penicillium* становив 39,2%. Рід *Fusarium* характеризувався найменшою частотою трапляння мікроміцетів (14,5%). На насінні сорту Кент домінували мікроміцети роду *Penicillium* (58,6%), а кількість мікроміцетів родів *Alternaria* та *Fusarium* була меншою і становила 25,7% і 15,7%.

Встановлено, що на обох сортах насіння сої сортів Сузір'я та Кент домінують типи фітопатогенних видів мікроміцетів родів *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*. Вони є чинниками біологічного забруднення агрофітоценозів і зниження біобезпеки продукції.

Визначено зміни якості зерна сої, вирощеної в умовах органічного виробництва за біологічними технологіями. Зафіксовано, що вміст білка та олії в зерні сої сортів Кент та Сузір'я перевищував стандартні показники, зазначені в ДСТУ 4964:2008 [24]. Відтак масова частка вологи зерна не перевищувала допустимих норм (табл. 3).

Встановлено, що на біохімічний склад зерна сої впливають сорт, погодні умови та технологія вирощування. Залежно від цих чинників, масова частка білка і олії у зерні обох сортів сої, у перерахунку на суху

Таблиця 3. Показники якості зерна сої сортів Кент та Сузір'я

Сорт	Варіанти	Показники якості насіння сої, % за роками								
		білок			олійність			масова частка вологи		
		I р.	II р.	III р.	I р.	II р.	III р.	I р.	II р.	III р.
Сузір'я	Контроль	37,11	39,07	38,80	19,30	20,50	19,90	10,50	8,80	9,80
	Філазоніт	37,50	39,21	38,80	19,40	21,23	19,02	10,20	8,80	9,90
Кент	Контроль	38,50	40,23	39,00	19,20	19,53	18,70	11,20	9,70	11,40
	Філазоніт	38,30	41,11	38,70	19,20	21,70	19,10	11,40	9,60	10,30
Норма за ДСТУ 4964:2008		35			12			12		

речовину коливалася від 37,5 до 41,11% та від 19,02 до 21,7%, відповідно. А масова частка вологи — від 8,8 до 11,4%. Так, у зерні сої сорту Сузір'я, вміст білка становив у межах 37,5–39,21%, а в зерні сої сорту Кент — 38,3–41,11% і знаходився в межах норми. Зерно сої сорту Кент мало вищий вміст білка на 1,9% порівняно з насінням сорту сої Сузір'я. Встановлено, що найвищі показники вмісту білка та олії були виявлені в зерні сої сорту Кент (41,11% і 39,21% відповідно). Це зумовлено генотипом сорту, впливом біопрепарату Філазоніт та погодними умовами.

ВИСНОВКИ

На насінні *Glycine max* Moench сортів Сузір'я та Кент переважають види фіто-

патогенних мікроміцетів, що належать до родів *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*. Встановлено, що на біохімічний склад насіння сої впливає генотип, технологія вирощування та погодні умови. Залежно від цих чинників вміст білка в зерні коливався від 37,5 до 41,11%, вміст олії — від 19,02 до 21,7%, частка вологи — від 8,8 до 11,4%. Досліджено, що біопрепарат Філазоніт істотно пригнічував утворення та ріст мікроміцетів у насінні обох сортів сої порівняно з контрольним зразком. Експериментально доведено, що за використання біопрепарату Філазоніт існує фізична можливість регулювати чисельність фітопатогенних мікроміцетів у насінні сої, що дає змогу підвищити біобезпеку в агроценозах сої та покращити якість зерна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Beznosko I.V., Gorgan T.M., Mosiychuk I.I. et al. The quantitative composition micromycetes under cereals crops in chernozem soils in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30 (2). P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.15421/012214>.
2. Parfeniuk A., Havryliuk L., Beznosko I. et al. Regulation of the number of phytopathogenic micromycetes in the rhizosphere of soy plants in the conditions of the organic production. *EUREKA: Life Sciences*. 2021. Vol. 3. P. 11–20. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001874>.
3. Мосійчук І.І., Безноско І.В., Горган Т.М. та ін. Вплив біологічних препаратів на чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 101–115. DOI: 10.31210/2022.02.04.
4. Haridoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G. et al. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology*. 2015. Vol. 79 (3). P. 293–320.
5. Bellaloui N., Bruns H.A., Abbas H.K. et al. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Mid-south USA. *Frontiers in Plant Science*. 2015. Vol. 6. P. 31.
6. Song W., Yang R., Wu T. et al. Analyzing the effects of climate factors on soybean protein, oil contents, and composition by extensive and high-density sampling in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64 (20). P. 4121–4130.
7. Заєць С.О., Нетіс В.І. Споживання води посівами сої в умовах зрощення залежно від сорту і фону живлення. *Зрошуване землеробство*. 2017. Вип. 67. С. 51–53.
8. Parfeniuk A., Havryliuk L., Beznosko I. et al. Influence of Filazonit biopreparation on soybean seed quality.

- Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (3). P. 86–92. DOI: 10.15421/2021_147.
- Борисовський Д.В. Теоретичні аспекти сутності підприємства у сільському господарстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2014. № 7. С. 195–203.
 - Решетило Л.І. Мікробіологічна безпека харчових продуктів: плісеневі гриби та ризики отруєння їх токсинами. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Сер.: Технічні науки*. 2020. № 24. С. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-24-08>.
 - Antonissen G. The impact of *Fusarium* mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases. *Toxins*. 2014. Vol. 6. P. 430–452.
 - Franco L., Ismail A., Amjad A. and Oliveira CAF. Occurrence of toxigenic fungi and mycotoxins in workplaces and human biomonitoring of mycotoxins in exposed workers: A systematic review. *Toxin Reviews*. 2021. Vol. 40. P. 576–591. DOI: <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1795685>.
 - Akladios S.A., Gomaa E.Z. and El-Mahdy O.M. Efficiency of bacterial biosurfactant for biocontrol of *Rhizoctonia solani* (AG-4) causing root rot in faba bean (*Vicia faba*) plants. *European Journal of Plant Pathology*. 2019. Vol. 153 (5). P. 1237–1257. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01639-1>.
 - Verweij P.E., Ananda-Rajah M., Andes D. et al. International expert opinion on the management of infection caused by azole-resistant *Aspergillus fumigatus*. *Drug Resistance Updates*. 2015. P. 21–40.
 - Warrilow A.G.S., Parker J.E., Price C.L. et al. In vitro biochemical study of CYP51-mediated azole resistance in *Aspergillus fumigatus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2015. Vol. 59. P. 7771–7778.
 - Kalagatur N.K., Nirmal Ghosh O.S., Sundararaj N. and Mudili V. Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with *Cymbopogon martinii* essential oil on plant pathogenic fungi *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Pharmacology*. 2018. Vol. 9. P. 610. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610>.
 - Туровнік Ю.А., Безноско І.В., Гаврилук Л.В., Мосійчук І.І. Агресивність гриба *Alternaria alternata* (fr.) Keiss за впливу гібридів соняшника та технологій його вирощування. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 2. С. 93–99. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2022.261257.
 - Швартау В.В., Михальська Л.М., Зозуля О.Л. Поширення фузаріозів в Україні. *Агроном*. 2017. № 4. С. 40–43.
 - Вожегова Р.А., Коковіхін С.В. Зрошення землеробства — гарант продовольчої безпеки України в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 28–34.
 - Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С. Чинники дестабілізації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 73–84.
 - Мостов'як І.І., Челомбітко А.Ф., Калашніков В.Б. та ін. Аналіз чисельності популяцій та шкідливості фітофагів агроценозів зернових колосових культур Центрального Лісостепу України. *Агро-екологічний журнал*. 2020. № 3. С. 41–52.
 - Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Парфенюк А.І., Безноско І.В. Сорт як фактор формування стійких агроценозів зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2 (97). С. 110–118.
 - Гаврилук Л.В., Косовська Н.А., Парфенюк А.І., Мостов'як І.І. Вплив екзометаболітів рослин різних сортів сої на швидкість радіального росту *Fusarium graminearum*. *Агроекологічний журнал*. 2019. 4. С. 55–59. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189454>.
 - ДСТУ 4964: 2008. Соя. Технічні умови Держспоживстандарт України. [Чинний від 2010–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2008. 14 с.
 - Практикум із основ наукових досліджень у захисті рослин / за ред. Маркова І.Л., Пасічник Л.П., Гентоша Д.Т. Київ, 2012. 156 с.

REFERENCES

- Beznosko, I.V., Gorgan, T.M., Mosiychuk, I.I. et al. (2022). The quantitative composition micromycetes under cereals crops in chernozem soils in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 30 (2), 1–7. DOI: <https://doi.org/10.15421/012214> [in English].
- Parfeniuk, A., Havryliuk, L., Beznosko, I. et al. (2021). Regulation of the number of phytopathogenic micromycetes in the rhizosphere of soy plants in the conditions of the organic production. *EUREKA: Life Sciences*, 3, 11–20. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001874> [in English].
- Mosiichuk, I.I., Beznosko, I.V., Gorgan, T.M. et al. (2022). Vplyv biolohichnykh preparativ na chyselnist mikromitsetiv ryzosferneho gruntu roslyn yachmenyu yaroho [The effect of biological preparations on the number of micromycetes in the rhizosphere soil of spring barley plants]. *Visnyk Poltav'skoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 101–115. DOI: 10.31210/2022.02.04 [in Ukrainian].
- Hardoim, P.R., van Overbeek, L.S., Berg, G. et al. (2015). The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology*, 79 (3), 293–320 [in English].
- Bellaloui, N., Bruns, H.A., Abbas, H.K. et al. (2015). Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. *Frontiers in Plant Science*, 6, 31 [in English].
- Song, W., Yang, R., Wu, T. et al. (2016). Analyzing the effects of climate factors on soybean protein, oil contents, and composition by extensive and high-density sampling in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (20), 4121–4130 [in English].
- Zayets, S.O. & Netis, V.I. (2017). Spozhyvannya vody

- posivamy soi v umovakh zroshennya zalezho vid sortu i fonu zhyvlennya [Water consumption by soybean crops under irrigation depending on the variety and nutrition background]. *Zroshuvane zemlerobstvo — Irrigated farming*, 67, 51–53 [in Ukrainian].
8. Parfeniuk, A., Havryliuk, L., Beznosko, I. et al. (2021). Influence of Filazonit biopreparation on soybean seed quality. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (3), 86–92. DOI: 10.15421/2021_147 [in English].
 9. Borysovskyy, D.V. (2014). Teoretychni aspekty sutnosti pidpryemnytstva u silskomu hospodarstvi [Theoretical aspects of the essence of the enterprise in agriculture]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu — Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 7, 195–203 [in Ukrainian].
 10. Reshetylo, L.I. (2020). Mikrobiolohichna bezpeka kharchovykh produktiv: plisenevi hryby ta ryzyky otruyennya yikh toksynamy [Microbiological safety of food products: molds and risks of poisoning with their toxins]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky — Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences*, 24, 58–65. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-24-08> [in Ukrainian].
 11. Antonissen, G. (2014). The impact of Fusarium mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases. *Toxins*, 6, 430–452 [in English].
 12. Franco, L., Ismail, A., Amjad, A. & Oliveira, CAF (2021). Occurrence of toxigenic fungi and mycotoxins in workplaces and human biomonitoring of mycotoxins in exposed workers: A systematic review. *Toxin Reviews*, 40, 576–591. DOI: <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1795685> [in English].
 13. Akladios, S.A., Gomaa, E.Z. & El-Mahdy, O.M. (2019). Efficiency of bacterial biosurfactant for biocontrol of *Rhizoctonia solani* (AG-4) causing root rot in faba bean (*Vicia faba*) plants. *European Journal of Plant Pathology*, 153 (5), 1237–1257. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01639-1> [in English].
 14. Verweij, P.E., Ananda-Rajah, M., Andes, D. et al. (2015). International expert opinion on the management of infection caused by azole-resistant *Aspergillus fumigatus*. *Drug Resistance Updates*, 21–40 [in English].
 15. Warrilow, A.G.S., Parker, J.E., Price, C.L. et al. (2015). In vitro biochemical study of CYP51-mediated azole resistance in *Aspergillus fumigatus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 59, 7771–7778 [in English].
 16. Kalagatur, N.K., Nirmal Ghosh, O.S., Sundararaj, N. & Mudili, V. (2018). Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with *Cymbopogon martinii* essential oil on plant pathogenic fungi *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 610. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610> [in English].
 17. Turovnik, Y.A., Beznosko, I.V., Gavrilyuk, L.V. & Mosiychuk, I.I. (2022). Ahresyvnist hryba *Alternaria alternata* (fr.) Keiss za vplyvu hibrydiv sonyashnyka ta tekhnolohiy yoho vyroshchuvannya [Aggressiveness of the fungus *Alternaria alternata* (fr.) Keiss under the influence of sunflower hybrids and its cultivation technologies]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature use*, 2, 93–99. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2022.261257 [in Ukrainian].
 18. Shvartau, V.V., Mykhalska, L.M. & Zozulya, O.L. (2017). Poshyrennya fuzarioziv v Ukrayini [Spread of fusarium in Ukraine]. *Ahronom — Ahronomy*, 4, 40–43 [in Ukrainian].
 19. Vozhehova, R.A. & Kokovikhin, S.V. (2018). Zroshuvane zemlerobstvo — harant prodovolchoyi bezpeky Ukrainy v umovakh zmin klimatu [Growing agriculture is a guarantee of Ukraine's food security in the face of climate change]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 11, 28–34 [in Ukrainian].
 20. Mostovyak, I.I. & Demyanyuk, O.S. (2020). Chynnyky destabilizatsiyi fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv zernovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Factors destabilizing the phytosanitary state of agrocenoses of grain crops in the Central Forest Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature use*, 2, 73–84 [in Ukrainian].
 21. Mostovyak, I.I., Chelombitko, A.F., Kalashnikov, V.B. et al. (2020). Analiz chyselnosti populatsiy ta shkidlyvosti fitofahiv ahrotsenoziv zernovykh kolosovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Analysis of the number of populations and the harmfulness of phytophagous agrocenoses of cereal grain crops of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 41–52 [in Ukrainian].
 22. Mostovyak, I.I., Demyanyuk, O.S., Parfenyuk, A.I. & Beznosko, I.V. (2020). Sort yak faktor formuvannya stiykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur [The variety as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2 (97), 110–118 [in Ukrainian].
 23. Havrylyuk, L.V., Kosovska, N.A., Parfenyuk, A.I. & Mostovak, I.I. (2019). Vplyv ekzometabolitiv roslin riznykh sortiv soi na shvydkist radialnoho rostu *Fusarium graminearum* [The effect of plant exometabolites of different soybean varieties on the speed of the radial leg of *Fusarium graminearum*]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 55–59. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189454> [in Ukrainian].
 24. SOYA. Tekhnichni umovy [SOY. Technical conditions]. (2008). *DSTU 4964:2008 from 1st Juli 2010*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 25. Markov, I.L., Pasichuk, L.P. & Gentosh, D.T. (Eds.). (2012). *Praktykum iz osnov naukovykh doslidzhen u zakhysti roslin [Workshop on the basics of scientific research in plant protection]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 21.10.2022

ВПЛИВ БІОКОМПОЗИЦІЇ «БІОЕКОФУНГЕ-1» НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

О.А. Бойко¹, В.О. Цвігун², П.Ю. Вашкевич²

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)

e-mail: Olga_bojko@ukr.net; ORCID: 0000-0002-8216-0491

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: vika-natceevich@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9517-9810

e-mail: djashap@ukr.net

Регуляції росту та розвитку рослин за допомогою фізіологічно активних речовин є однією з найактуальніших у сучасній біології. Широке застосування регуляторів росту рослин (РРР) є важливим чинником ефективності технології обробітку сільськогосподарських культур. Значним досягненням є розкриття ролі біологічно активних сполук у регуляції найважливіших функцій життєдіяльності рослинного організму, у підвищенні стійкості до несприятливих факторів зовнішнього середовища (високих та низьких температур, посухи, засоленню ґрунту, хвороб та ін.), збільшенні врожайності та якості сільськогосподарської продукції. Стимулятори росту рослин — біологічно активні речовини природного походження, що дають змогу посилити інтенсивність обмінних, ростових процесів у рослинах, підвищити продуктивність посівів сільськогосподарських культур. Ряд вчених доводить практичне використання базидієвих грибів у сільському господарстві, а саме в створенні біокомпозицій і препаратів на їх основі для стимуляції росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а також захисту від хвороб і шкідників. Узв'язку з цим дослідження в галузі біологічно активних речовин, що використовуються при виробництві томатів, є необхідним етапом на шляху створення нових елементів технології його вирощування — одного з реальних перспектив реалізації біологічних ресурсів та продуктивного потенціалу цієї культури. Метою роботи було дослідити вплив біокомпозиції «Біоекофунге-1» на ріст і розвиток рослин томата. Біокомпозиція створена на основі базидієвих грибів печериці двоспорової (*Agaricus bisporus* (J. Lange)), гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus* Kunt.) й рослинних компонентів, а саме ліофілізованих суцвіть, молодих листків та стебел хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) для стимуляції продуктивності та захисту від хвороб сільськогосподарських рослин. Для проведення дослідів обрано насіння трьох сортів томатів: Гібрид Тарасенко 6, Лагідний і Придніпровський Рожевий. Проведено лабораторні випробування щодо підбору концентрацій біокомпозиції та визначення їх впливу на ростові процеси томатів. Доведено, що біокомпозиція «Біоекофунге-1» зумовлює підвищення продуктивності посадкового матеріалу, стимулює ріст і розвиток як кореневої системи, так і надземних органів сіянців томата. Визначено оптимальну її концентрацію (0,1%) для впливу на ростові процеси проростків сортів томата. Застосування біокомпозиції «Біоекофунге-1» у вказаній концентрації забезпечує збільшення довжини надземної частини проростків томата всіх трьох сортів. Біокомпозиція сприяє інтенсифікації обміну речовин у рослинах, підсилює азотний, фосфорний, калійний і вуглеводний обмін, процес фотосинтезу. В результаті прискорюється розвиток потужної кореневої системи, підсилюється ріст надземної маси.

Ключові слова: біологічно активні речовини, сорти томатів, проростання сіянців, ріст стебла, кореня.

ВСТУП

Сьогодні сільськогосподарське виробництво потребує нових технологічних розробок для підвищення врожайності сіль-

ськогосподарських культур та формування їх якісного продукту для господарського споживання. Значне навантаження на рослинний організм хімічних пестицидів різного спрямування, радіаційна контамінація

грунту, монокультура на полях — ускладнюють ріст і розвиток овочевих та інших культур. Для виробництва сільськогосподарської продукції може бути перспективним застосування у практиці препаратів на основі полісахаридів та інших сполук базидієвих грибів, рослин [1–3].

Розробка та застосування біологічних препаратів на нинішній період інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є актуальною для різного спрямування. Необхідно підкреслити, що в умовах виробництва фактично застосування тих чи інших препаратів базується на основі позначників ґрунту без урахування інфекційної системи рослинного організму і ключових біохімічних і фізіологічних показників відповідних видів рослин. Важливим, при цьому, є також знаходження рослин під пресом інфекцій різної природи, екологічного стану довкілля та стабільності і надійності селекційно-генетичних основ сорту, клону, гібриду [4–6].

На сьогодні томат (*Solanum lycopersicum* L.) — одна з найпоширеніших культур в Україні завдяки своїм цінним поживним і дієтичним якостям, великій різноманітності сортів, високої чутливості на застосуванні прийомів вирощування, тому проведення досліджень саме на цій культурі є досить актуальним. У світовій колекції відомо кілька тисяч сортів і гібридів томатів. В Україні районовані понад 150 сортів і гібридів томатів, що відрізняються строками дозрівання, продуктивністю, типом, формою, забарвленням плодів, стійкістю проти хвороб. Причиною недобору понад третини врожаю є хвороби, які викликають патогенні організми і несприятливі умови розвитку рослин. Вони часто погіршують якість продукції, а інколи призводять до повної її загибелі [7].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблема використання біологічно активних речовин базидієвих грибів для регуляції росту і розвитку вищих рослин, без сумніву, має важливе теоретичне і практичне значення в зв'язку з можливістю їх

застосування як екологічно безпечних регуляторів росту [8].

Вітчизняні природні біостимулятори комплексної дії, оскільки до їх складу входять найважливіші біологічно активні речовини. Засоби стимуляції дають можливість не тільки регулювати кількість поживних речовин, що надходять до рослин, але і протистояти різним небажаним природним чинникам, які сприяють зниженню рівня врожайності. За своєю ефективністю відповідають кращим світовим препаратам, а за технологічними показниками і вартості — мають перед ними значні переваги. Вони спричиняють позитивний вплив на ґрунтову мікрофлору, швидко трансформуються ґрунтовими мікроорганізмами, рослинними клітинами [9].

Одна з головних особливостей життя кругообігу органічних речовин, заснований на постійній взаємодії протилежних процесів синтезу й деструкції. Гриби, будучи складовим компонентом практично всіх екосистем, беруть активну участь у процесах біодеструкції, в ході яких відбувається повернення біогенних речовин у цикли. Застосування в сільськогосподарському виробництві регуляторів росту зумовлює підвищення врожайності, а також стійкості рослин до хвороб, збільшення терміну зберігання продукції [10–12]. Вищезазначена інформація свідчить про необхідність створення нових технологічних процесів отримання посадкового матеріалу овочевих культур, в якій використовуються біоорганічні композиції, що приготовані з екстрактів базидієвих грибів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення дослідів було вибрано три сорти томатів: Гібрид Тарасенко 6, Лагідний і Придніпровський Рожевий. Експерименти проводили в лабораторних умовах.

Гібрид Тарасенко 6 — середньостиглий сорт, рослина детермінантна, заввишки 120 см. Плід округло-плескатий, червоного кольору, масою 200–300 г. Культура тепло- і світлолюбна, вирощується розсадним спо-

собом або висівом насіння в ґрунт. Потребує легких родючих ґрунтів, добре реагує на удобрення.

Легідний — ранньостиглий сорт, врожайний із дружним досяганням плодів. Куц детермінантний, середньогіллястий, заввишки 50 см. Плід сливподібний, масою 50–80 г. Смакові якості високі. Врожайність 8–9 кг/м². Середньо стійкий до хвороб. Культуро тепло- і світлолюбна, вирощується розсадним способом або висівом насіння в ґрунт, потребує легких родючих ґрунтів, добре реагує на підживлення.

Придніпровський Рожевий — ранньостиглий індетермінантний сорт. Вегетаційний період 95–98 діб. Куц заввишки 1 м. Плід малинового кольору, плоско округлий, масою до 600 г. Культуро тепло- і світлолюбна, вирощується розсадою або висівом насіння в ґрунт, потребує легких родючих ґрунтів, добре реагує на підживлення.

Для оброблення насіння томатів було застосовано біокомпозицію «Біоекофун-

ге-1» на основі базидієвих грибів печериці двоспорової (*Agaricus bisporus* (J. Lange)), гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus* Kumm.) та рослинних компонентів, а саме ліофілізованих суцвіть, молодих листків та стебел хмелю звичайного для стимуляції продуктивності та захисту від хвороб сільськогосподарських рослин [13; 14].

Для встановлення впливу біокомпозиції на рослини всіх сортів томатів застосували комбінований спосіб обробки — замочування насіння у стерильних чашках Петрі на фільтрувальному папері з експозицією впродовж 1 год в розчинах біокомпозиції з різною концентрацією та позакоренева обробка проростків розчинами трьох концентрацій. Оброблення насіння томатів було здійснено розчином біокомпозиції «Біоекофунге-1» у концентраціях 0,5%; 0,1 та 0,01%. Потім насіння підсушували і висівали у горщики (по 2 насінини в кожній) у торф'яний слабокислий ґрунт (рН 5,5–6,5) на глибину 1–1,5 см. Горщики

Вплив біокомпозиції «Біоекофунге-1» на проростання насіння томатів різних сортів

№ пор.	Варіант	Надземна частина проростка, довжина, см					
		доба					
		7	11	14	20	25	40
Сорт гібрид Тарасенко 6							
1	Контроль (H ₂ O)	2±1	3±1	4±1	5±1	7±1	17±2
2	Біоекофунге-1 (0,5%)	2±1	2±2	3±1	4±1	8±1	18±2
3	Біоекофунге-1 (0,1%)	4±1	4±2	6±1	8±2	12±1	20±2
4	Біоекофунге-1 (0,01%)	2±1	2±1	3±1	4±1	6±1	10±1
Сорт Придніпровський рожевий							
1	Контроль (H ₂ O)	2±1	2±1	4±1	5±1	8±2	16±2
2	Біоекофунге-1 (0,5%)	2±1	2±1	3±1	4±1	9±1	15±2
3	Біоекофунге-1 (0,1%)	2±1	3±1	4±1	5±1	8±2	16±2
4	Біоекофунге-1 (0,01%)	2±1	3±1	3±1	4±1	6±1	8±2
Сорт Легідний							
1	Контроль (H ₂ O)	2±1	2±2	4±2	6±3	6±2	13±2
2	Біоекофунге-1 (0,5%)	2±1	2±1	3±1	4±1	8±1	10±1
3	Біоекофунге-1 (0,1%)	2±1	3±1	5±1	6±1	6±2	13±2
4	Біоекофунге-1 (0,01%)	2±1	3±1	4±1	5±1	6±1	7±2

розміщували під прямим сонячним світлом. Рослини росли за температури 23°C. Повторність досліду – 4-разова. Контроль передбачав оброблення насіння томатів відстояною водопровідною водою [15].

Схожість насіння визначали згідно з ДСТУ 4138:2002 [16] при появі сходів (фаза сім'ядольних листочків) та за умов повних сходів (фаза 1–2 справжніх листків). Два рази на тиждень проводилось замірювання величини стебла та опис рослин. Перед завершенням досліду здійснювали замір довжини кореневої системи томатів.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за використання програми Microsoft® Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У процесі дослідження встановлено, що дія різних концентрацій біокомпозиції «Біоєкофунге-1» зумовлює підвищення продуктивності посадкового матеріалу насіння сортів томатів Гібрид Тарасенко 6, Придніпровський рожевий, Лагідний (табл.). Встановлено, що насіння замочене в розчині 0,1% мало значно більшу енергію проростання, що характеризує його здатність швидко і дружно проростати (згідно з ДСТУ 4138:2002), порівняно з контрольним варіантом (рис. 1–3).

Варто відмітити, що динаміка росту і розвитку томатів у дослідних варіантах майже завжди була позитивною. Водно-

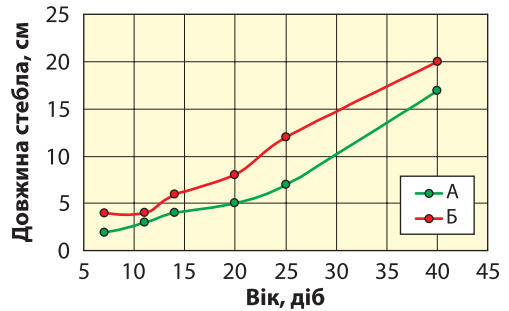
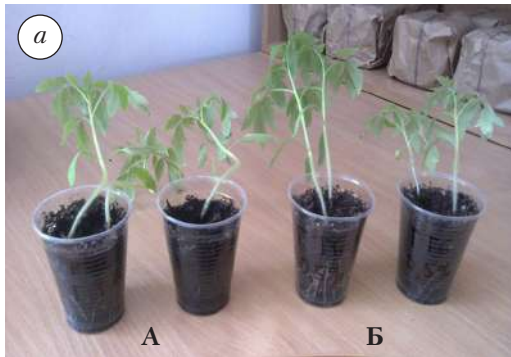


Рис. 1. Ріст томатів сорту Гібрид Тарасенко 6:

а – фото рослини; б – діаграма росту (А – контроль; Б – сорт Гібрид Тарасенко 6 при обробленні 0,1% розчином біокомпозиції «Біоєкофунге-1»)

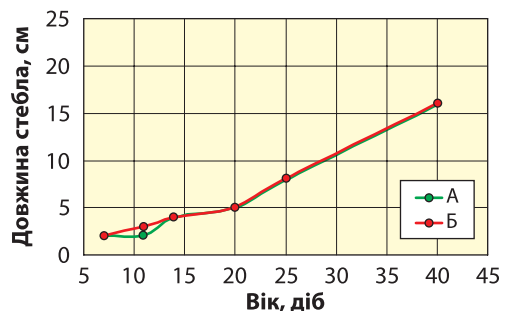
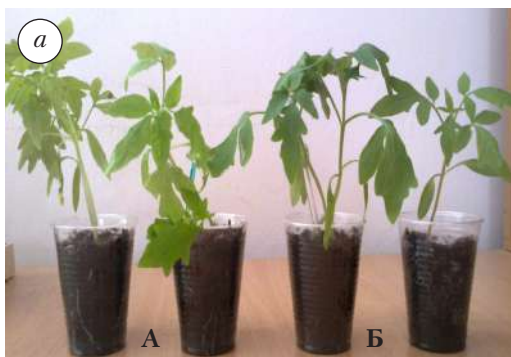


Рис. 2. Ріст томатів сорту Придніпровський рожевий:

а – фото рослини; б – діаграма росту (А – контроль; Б – сорт Придніпровський рожевий при обробленні 0,1% розчином біокомпозиції «Біоєкофунге-1»)

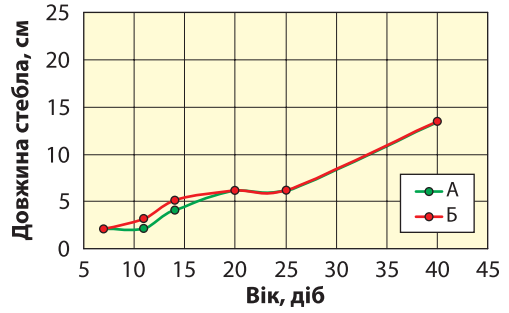
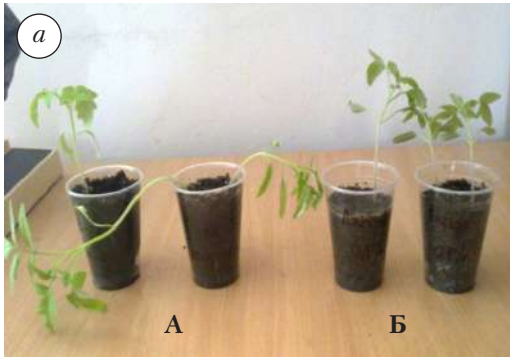


Рис. 3. Ріст томатів сорту Лагідний:

a – фото рослини; *б* – діаграма росту (А – контроль; Б – сорт Лагідний при обробленні 0,1% розчином біокомпозиції «Біоекофунге-1»)



Рис. 4. Розвиток кореневої системи рослин томатів:

a – гібрид Тарасенко *б*; *в* – Придніпровський рожевий; *в* – Лагідний (А – контроль; Б – оброблення насіння томатів 0,1% біокомпозицією «Біоекофунге-1»)

час позакоренеve підживлення посадкового матеріалу стимулювало ріст і розвиток як кореневої системи, так і надземних органів сіянців.

За дослідження сіянців було відмічено, що ріст і розвиток рослин у досліді у варіанті замочування насіння в розчині композиції, відбувалось більш інтенсивно: збільшувалася листкова поверхня, коренева система, потовщення стебла (рис. 4).

Аналіз росту і розвитку рослин томатів у процесі онтогенезу свідчить про активний їх ріст і розвиток. Досліджувані рослини відрізнялись від контролю потовщеним стеблом та збільшеним ростом. Довжина стебла після обробки біокомпозицією вірогідно перевищувало контроль – коренів та стебла в 1,7 раза, листків – в 1,3 раза. Приріст рослин на 17% порівняно з контролем значно збільшувався в процесі динаміки

розвитку рослин. Особливо цей процес спостерігався при появі сходів та за умов повних сходів.

ВИСНОВКИ

Отже, біокомпозиція «Біоекофунге-1», створена з екстрактів базидієвих грибів, стимулює ріст і розвиток рослин сортів томатів (*Solanum lycopersicum* L.), зокрема гібрид Тарасенко 6, Придніпровський рожевий, Лагідний.

Особливо позитивно впливає на росто-ві показники томатів 0,1% розчин біокомпозиції «Біоекофунге-1» при появі сходів (фаза сім'ядольних листочків) та за умов повних сходів (фаза 1-2 справжніх листків). Рослини, які виростили з обробленого біокомпозицією насіння, відрізнялися від контрольних рослин більшою довжиною в 1,7 раза та масою коренів та надземної частини рослин в 1,3 раза.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підруч. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
2. Бульгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В.А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. Днепропетровск: «Січ», 2007. 100 с.
3. Воцелко С.К., Литвинчук О.О., Данкевич Л.А., Патица В.П. ЕПАА — універсальний біологічний прилипач пестицидів і регуляторів росту рослин. *Екологія / Ecology-2015: V-й Всеукраїн. з'їзд екологів з міжнародною участю: зб. наук. ст. (м. Вінниця, 23–26 верес. 2015)*. Вінниця, 2015. С. 163. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/19308>
4. Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтьюк І.Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с.
5. Бойко О.А. Компоненти істівних грибів (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) — стимулятори росту та розвитку рослин. *Методологические основы познания биологических особенностей грибов — продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов: материалы II Междунар. конф. (г. Донецк, 25–27 ноябр. 2002)*. Донецк, 2002. С. 147–148.
6. Бойко О.А., Григорюк І.П., Мельничук М.Д. Гриби (*Basidiomycetes*): властивості в екологічних нішах, продуценти біологічно активних речовин. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 3. С. 69–75.
7. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: моногр. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
8. Мельничук М., Дубровин В., Бойко О. та ін. Застосування індукторів резистентності в захисті рослин від хвороб. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2011. Вип. 15 (29). С. 345–349.
9. Патица В.П. Перспективи використання біопрепаратів у землеробстві. *Збірник наукових праць УАНН*. 2004. Вип. 4. С. 84–91.
10. Сайко В.Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 1. С. 5–12.
11. Бойко О.А., Мельничук М.Д., Бойко А.Л. та ін. Композиція біохімічних речовин для стимуляції продуктивності та захисту від хвороб сільськогосподарських рослин: Патент Україна 53983. С05F 11/00, А01С 21/00. № u201004473; 25.10.2010, Бюл. № 20. 3 с. URL: <https://uapatents.com/3-53983-kompoziciya-biokhimichnikh-rechovin-dlya-stimulyaci-produktivnosti-ta-zakhistu-vid-khvorob-silskogospodarskikh-roslin.html>
12. Перепелица Л.А., Нестерова А.Н., Мусатенко Л.И. Действие метаболитов грибов на прорастание семян. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33. № 1. С. 64–68.
13. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений. Киев: Институт биоорганической химии, 2003. 319 с.
14. Boyko O.A., Veselsky, S.P., Grygoryuk, I.P. et al. The biochemical evaluation of drugs that are developed on the basis of Basidiomycetes. *Ukrainian Biochemical Journal*. 2014. V. 86. № 5. P. 174–175.
15. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка. Харків: Основа, 2001. 369 с.
16. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002–12–28]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2004. 14 с.

REFERENCES

1. Zinchenko, O.I., Salatenko, V.N. & Bilonozhko, M.A. (2001). *Roslynnystvo [Crop science]*. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian].
2. Bulygin, S.Yu., Demishev, L.F., Doronin, V.A. et al. (2007). *Mikroelementy v sel'skom hozyajstve [Micro-nutrients in agriculture]*. Dnipropetrovsk: «Sich» [in Russian].
3. Votselko, S.K., Lytvynchuk, O.O., Dankevych, L.A. & Patyca, V.P. (2015). ЕПАА — universalnyi biolohichni prylypach pestytsydiv i rehuliatoriv rostu

- roslyn [EPAA — universal biological adhesive of pesticides and plant growth regulators]. *Ekolohiia / Ecology-2015: V Vseukrayins'kyy z'yizd ekolohiv z mizhnarodnoyu uchastyu: zbirnyk naukovykh statey [Ekolohiia / Ecology-2015: 5th All-Ukrainian congress of ecologists with international participation: a collection of scientific articles]*. (pp. 163). URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/19308> [in Ukrainian].
4. Hrytsaienko, Z.M., Ponomarenko, S.P., Karpenko, V.P. & Leontiuk, I.B. (2008). *Biologichno aktyvni recho-vyny v roslynnytsvi [Biologically active substances in crop production]*. Kyiv: ZAT «NICH-LAVA» [in Ukrainian].
 5. Boiko, O.A. (2002). Komponenty yistivnykh hry-biv (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) — stymuliatory rostu ta rozvytku roslyn [Components of edible mushrooms (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) — stimulators of plant growth and development]. *Metodologicheskyye osnovy poznaniya biologicheskikh osobennostey gribov —producentov fiziologicheskii aktivnykh soyedineniy i pishchevykh produktov: materialy II Mezhdunarodnoy konferentsii [Methodological foundations for understanding the biological characteristics of fungi — producers of physiologically active compounds and food products: materials of the II International Conference]*. (pp. 147–148) [in Ukrainian].
 6. Boiko, O.A., Hryhoriuk, I.P. & Melnychuk, M.D. (2011). Hryby (*Basidiomycetes*): vlastyvoli v ekolohichnykh nishakh, produktenty biologichno aktyvnykh recho-vyn [Fungi (*Basidiomycetes*): properties in ecological niches, producers of biologically active substances]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 69–75 [in Ukrainian].
 7. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Kovalevska, T.M. et al. (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
 8. Melnychuk, M., Dubrovin, V., Boiko, O. et al. (2011). Zastosuvannya induktoy rezystentnosti v zakhysti roslyn vid khvorob [Application of resistance induc-tors in the protection of plants from diseases]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy — Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*, 15 (29), 345–349 [in Ukrainian].
 9. Patyka, V.P. (2004). Perspektivy vykorystannia bio-preparativ u zemlerobstvi [Perspectives of the use of biological preparations in agriculture]. *Zbirnyk naukovykh prats UAAN — Collection of scientific works of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences*, 4, 84–91 [in Ukrainian].
 10. Saiko, V.F. (2011). Naukovi osnovy stiikoho zemlerob-stva v Ukraini [Scientific foundations of sustainable agriculture in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 1, 5–12 [in Ukrainian].
 11. Boiko, O.A., Melnychuk, M.D., Boiko, A.L. et al. (2010). Kompozitsiya biokhimichnykh recho-vyn dlya stymulyatsiyi produktyvnosti ta zakhystu vid khvorob sil's'kohospodars'kykh roslyn: Patent 53983 [The composition of biochemical substances to stimulate productivity and protect against diseases of agricultural plants: Patent of Ukraine № 53983]. *№ u 201004473. Bull. No. 20* [in Ukrainian].
 12. Perepelica, L.A., Nesterova, A.N. & Musatenko, L.I. (2001). Deystvie metabolitov gribov na prorastanie semyan [Effect of fungal metabolites on seed germination]. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenij*, 33 (1), 64–68 [in Russian].
 13. Ponomarenko, S.P. (2003). *Regulyatory rosta rasteniy [Plant growth regulators]*. Kyiv: Institut bioorgan-icheskoy khimii [in Russian].
 14. Boyko, O.A., Veselsky, S.P., Grygoryuk, I.P. et al. (2014). The biochemical evaluation of drugs that are developed on the basis of Basidiomycetes. *Ukrainian Biochemical Journal*, 86 (5), 174–175 [in English].
 15. Bondarenko, H.L. (Ed.) & Yakovenko, K.I. (2001). *Metodyka dochidnoi cppvay v ovochivnytsvi i bashtan-nytsvi [Research methodology in melon and vegetable crop production]*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian].
 16. Nasinnya sil's'kohospodars'kykh kul'tur. Metody vyznachennya yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality]. (2002). *DSTU ISO 4138-2002 from 28th December 2002*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.08.2022

ВПЛИВ СПОСОБУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS L.*) ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

С.В. Лябах

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

Інститут сільського господарства Полісся (м. Житомир, Україна)

e-mail: s0672141254@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7840-3633

У статті наведено трирічні польові та лабораторні дослідження із вивчення гібридів соняшнику (*Helianthus L.*) різних типів груп стиглості, за різних технологій вирощування із застосуванням різних форм добрив та обробітку ґрунту, які впливають на показники врожайності. Дослідження проведено на нових гібридах соняшнику вітчизняної та іноземної селекції — Гранд Адмірал і Пегас, які підібрані за своїми біологічними характеристиками і є найбільш найбільш підходящими для зони Полісся. Зазначено, що на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу використання дискових знарядь обробітку ґрунту (БДВП-4,2) на глибину 10–12 см істотно не поступився глибокорозпушувачу (ГР-4,5) на глибину 40–45 см, що становив недобір врожаю зерна від дискування в обох дослідках 0,08 т/га (37,7%) та 0,21 т/га (23%). Вище вказаний тип ґрунтів є природно бідним за своїм фізико-хімічним складом, а саме вмістом гумусу (1,0–1,3%), забезпеченість обмінним калієм і руховим фосфором (32–52 мг/кг), що створює необхідність у використанні наукового підходу до відтворення родючості ґрунту з використанням органічних та мінеральних добрив. Доведено, що приріст урожаю насіння соняшнику від використання мінерального удобрення $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ (нітроамофос, 200 кг + сечовина, 75 кг) становить 1,66–1,72 т/га (281–322%), за застосування системи удобрення $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$ (діамофос, 200 кг + сечовина, 75 кг) — 287–328% та застосування $P_5K_{55} + N_{46}$ (фосфорно-калійне добриво, 20 кг + сечовина, 75 кг) є найвищим і сягає 1,85–1,97 т/га залежно від варіантів досліду. Зазначено, що гібрид соняшнику Пегас поступався врожайністю гібриду Гранд Адмірал у всіх показниках досліду від форми мінеральних добрив до обробітку ґрунту та становить: за внесення $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ — 0,66 т/га; $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$ — 0,39 т/га; $P_5K_{55} + N_{46}$ — 0,38 т/га.

Ключові слова: дослід, схема, рослина, обробіток ґрунту, добрива, врожайність.

ВСТУП

Зміна кліматичних умов України, збільшення територій під технічні культури, їх місце в сівзміні та економічна ефективність потребують досконалого вивчення з підбором нових гібридів, технологій вирощування та систем живлення соняшнику (*Helianthus L.*) в зоні Центрального Полісся України.

Центральне Полісся за природними та кліматичними умовами є найбільш різноманітною зоною. Ґрунтовий покрив дуже строкатий. Найпоширенішим типом ґрунту є дерново-підзолистий, що придатний для вирощування зернових, технічних та кормових культур. Так, дерново-підзолисті ґрунти легкого гранулометричного складу

мають невеликий вміст гумусу, як і мікро-, і макроелементів із вираженою кислотною реакцією рН 4,5–4,9, що певною мірою не дає розкриттю потенціалу соняшнику, недобору його врожаю. Всі ці чинники потребують певних змін у вирощуванні [1].

Окрім того, соняшник належить до культур із високою вимогливістю до родючості ґрунтів. Загальний винос поживних речовин з урожаем насіння 2–2,5 т/га становить 120–140 кг/га азоту, 50–65 фосфору та понад 300 кг/га калію. Рівень споживання елементів живлення залежить від багатьох чинників, зокрема строків і способів внесення добрив, вологозабезпеченості, погодних умов, а також від генетичних особливостей сорту або гібриду [2; 3].

Наразі зона Полісся являє собою не стабільну кліматичну зону, з певними труднощами для вирощування високопродуктивних гібридів соняшнику. Її температурні перепади зумовлені весняними заморозками і жарким літом без опадів, що призводить до значних стресів соняшнику і зниженню його врожайності, або взагалі загибелі рослини [1].

Соняшник, як найбільш прибуткова олійна культура, вже посів своє місце в сівозміні зони Полісся, але має виражений недобір урожаю, зумовлений ще не досконалою технологією вирощування для цієї зони. У зв'язку з цим, перед вітчизняними науковцями постало завдання виведенні нових гібридів, удосконалення технологій вирощування та системи живлення. Як зазначає Єременко О.А. [4], застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню врожайності та якості насіння сучасних гібридів соняшнику. Останні мають значний потенціал продуктивності, що може забезпечувати формування врожайності насіння на рівні 3,5–4,5 т/га, за високого вмісту олії (49–52%). За сучасних умов виробництва максимальний потенціал продуктивності соняшнику може проявитися лише за відповідного дотримання усіх агротехнічних прийомів для конкретної зони [5–7].

За сучасними технологіями вирощування соняшнику та результатами досліджень науковців, створена модель застосування традиційних методів посіву для зон Лісостепу та Степу з значними особливостями в цих регіонах.

Наразі актуальністю дослідження є розробка нових практичних заходів підвищення продуктивності культури. Ріст та розвиток рослин соняшнику, а також його продуктивність, як і інших сільськогосподарських культур, безпосередньо залежить як від природних чинників (суми активних температур, вологі, забезпеченості елементами живлення тощо), так і від біологічних характеристик, потенціалу їх високопродуктивності, що є досягненням науки у селекції [8; 9].

Мета дослідження — вивчити вплив агротехнічних факторів на ріст, розвиток,

урожайність різностиглих гібридів соняшнику на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу Центрального Полісся України.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання: дослідити вплив способів обробітку ґрунту, системи удобрення на показники врожайності соняшнику за вирощування в умовах Центрального Полісся України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Загальновідомо, що серед причин, що стримують ріст і розвиток соняшнику, значну роль відіграє недостатній вміст поживних речовин у ґрунті. Так, у дослідженнях Тоцького В.М., Шевченко О.М., Онічко Г.О. [10], найбільша врожайність на малогумусних чорноземах була за полицевого обробітку ґрунту з внесенням мінеральних добрив дозою $N_{40}P_{60}$.

Загалом, соняшник є калієфільною культурою. Незважаючи на високу в ньому потребу, він помірно діє на рівень врожаю. Ряд вчених, серед яких Піньковський Г.В., Мащенко Ю.В. [3] встановили, що рівень продуктивності соняшнику визначається умовами поживного режиму ґрунту. Для формування високої продуктивності соняшнику, а також для підтримки родючості ґрунту, повинні бути створені умови повного забезпечення ґрунту елементами живлення [11; 12].

На думку Рожкова О.А., Пузік В.К., Коленської С.М. [13], агрометеорологічні умови вирощування рослин соняшнику потребують генетичний потенціал та стійкість до несприятливих чинників середовища. Завдяки чому можливо стабілізувати і підвищити продуктивність рослин. Тому для найповнішого вивчення необхідно спостерігати за розвитком гібридів у поєднанні з основними складовими агрофітоценозу та агротехнічними заходами [14; 15].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювались згідно із завданнями наукових досліджень Інститу-

ту сільського господарства Полісся НААН та Інституту агроєкології і природокористування НААН з 2019 по 2021 рр. у господарствах ДГ «Грозинське» Коростенського р-ну Житомирської обл.; ТОВ «Оран-Агро» Іванківського р-ну Київської обл.

Під час розробки теоретичних основ та агротехнічних заходів вирощування соняшнику були використані загальноприйняті заходи наукових досліджень, підбір стійких гібридів до вимерзання та посухостійкості. Основними методами досліджень були багатofакторні польові та лабораторні досліди, схеми яких наведені нижче.

Вивчення впливу обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність соняшнику досліджували за такою схемою:

Фактор А – Основний обробіток ґрунту.

1. Глибоке рихлення на глибину 40–45 см знаряддям ГР-4,5;
2. Дискування на глибину 10–12 см знаряддями БДВП-4,2.

Фактор Б – Удобрення.

1. Без добрив (контроль);
2. $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ (нітроамофос, 200 кг + сечовина, 75 кг).
3. $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$ (діамофос, 200 кг + сечовина, 75 кг).
4. $P_5K_{55} + N_{46}$ (фосфорно-калійне добриво, 20 кг + сечовина, 75 кг).

Вивчали гібриди соняшнику з біологічними характеристиками, більш стійких та адаптованих до умов зони Полісся – Гранд Адмірал та Пегас із нормами висіву 55 тис. шт./га й 65 тис. шт./га.

Гранд Адмірал – міжлінійний, середньоранній (105–109 діб) гібрид соняшнику, створений у Науковому інституті селекції (м. Миколаїв), добре адаптовано до зовнішніх ґрунтово-кліматичних умов. Характеризується генетичною стійкістю до засухи та вимерзання, олійність 47–49%, середня урожайність – 2,5 т/га.

Пегас – новий, надстійкий до вилягання, середньоранній (107–112 діб.) високопродуктивний гібрид, створений в Institute of Field and Vegetable Crops; Novi Sad (Serbia), олійність 48–50%, середня урожайність – 2,5 т/га.

Дослід закладено методом розщеплених ділянок: на ділянках першого порядку з посівною площею вивчали обробіток ґрунту, на ділянках другого порядку системи удобрення. Посівна площа ділянки $3,5 \text{ м} \times 10,0 \text{ м} = 35,0 \text{ м}^2$, облікова $2,0 \times 8,0 = 16,0 \text{ м}^2$. Повторність у досліді чотириразова [13].

Ґрунт під дослідом дерново-підзолистий піщаний із легким гранулометричним складом. Вихідний вміст гумусу низький 1,0–1,3%, забезпеченість обмінним калієм і рухомих фосфором – низька (32–52 мг на кг ґрунту) та реакція ґрунтового розчину – кисла (рН=4,5–4,9).

Клімат регіону помірно континентальний із нестабільним зволоженням. У роки проведення досліджень погодні умови були контрастними, що дало можливість зробити достовірну оцінку заходів адаптації рослин до умов вирощування. Погодні умови періоду 2019 р. були доволі складними і можна характеризувати, як посушливий, а 2020 та 2021 рр. як відносно нормальні за зволоженням.

Для визначення особливостей росту і розвитку рослин та впливу агротехнічних заходів на формування продуктивності рослин *Helianthus L.* проводили спостереження й дослідження. Агротехнічні заходи з вирощування соняшнику відповідали основним рекомендаціям для зони, крім дослідів, де передбачалось вивчення певного елемента технології.

Обробіток ґрунту здійснювали глибокорозпушувачем ГР-4,5 на глибину 40–45 см та дискування БДВП-4,2 на глибину 10–12 см.

Поверхневий обробіток ґрунту (дискування) агрегатом БДВП-4,2 забезпечує часткове перевертання, перемішування та розпушування ґрунту. Цим заходом вирішується збереження і нагромадження ґрунтової вологи, загортання у верхню частину ґрунту післяжнивних решток і добрив. Однак за наявності плужної підшови коренева система рослини недорозвинута і деформована, що зумовлює до відхилення розвитку рослини і не добору врожаю.

Рихлення ґрунту агрегатом ГР-4,5, виконує розпушування у посівному шарі 8–10 см, а також зняття плужної підшви, яка була зосереджена на глибині 20–30 см з накопиченням вологи на 25–30%, ніж звичайно, що дає змогу кореневій системі рослини розгалужитися і використати свій повний біологічний потенціал, і являє собою один із важливих заходів для отримання запланованого врожаю.

Добрива вносили з урахуванням виносу поживних речовин з ґрунту. Сівбу в досліді проводили після настання на глибині ґрунту 10 см температури 8–10°C з формуванням до збирання 50–55 тис. рослин на га, пунктирним способом із міжряддям 70 см, використовували сівалку Вега-8 із заглибленням у вологий шар ґрунту на глибину 5–6 см. Збирали врожай, коли в посівах нараховували 10–15% жовтих кошиків, а інші були жовто-бурі, бурі й сухі. Вологість насіння на цей час становила 8–10%. Дослідні посіви соняшнику збирали вручну або комбайном Клаас.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Застосування будь-якого агротехнічного заходу має на меті підвищення якості вирощуваної культури та збільшення врожаю з одиниці площі. Реалізація цього завдання забезпечується шляхом впливу на ріст, розвиток і процеси життєдіяльності рослин, особливостей використання сонячної радіації, вологи та елементів живлення.

У результаті досліджень було виявлено значний вплив системи удобрення та обробітку ґрунту на гібриди соняшнику Пегас та Гранд Адмірал (табл. 1, 2). За рахунок додаткового внесення амідної форми азотних добрив (Сечовина, 75 кг/га) у вигляді підживлення, врожайність насіння соняшнику зростає. Так, на гібриді Пегас (див. табл. 1) залежно від системи удобрення при глибокому рихленні урожайність коливалася у межах 0,49–2,17 т/га (240–342%); за дискування на глибину 10–12 см – 0,46–1,93 т/га (182,6–319,5%). Найбільший приріст урожаю було отримано у варіанті досліді, де вносили фосфорно-калійне добриво ($P_5K_{55} + N_{46}$), при глибокому рихленні на глибину 40–45 см приріст становив 1,68 т/га (342%), за дискування – 1,47 т/га (319,5%) порівняно з контрольним варіантом.

Найкраще відреагував до внесення добрив і різні способи обробітку ґрунту гібрид соняшнику Гранд Адмірал (див. табл. 2). До того ж, урожайність, залежно від варіанта удобрення сягала за глибокого рихлення 0,61–2,55 т/га, а за дискового обробітку ґрунту – 0,52–2,37 т/га. Приріст врожаю за внесення добрива нітроаміофос ($N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$) становив 1,72 т/га (282%) та 1,69 т/га (325%); за внесення діаміофосу ($N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$) – 1,77 т/га (290%) та 1,7 т/га (327%); за внесення фосфорно-калійного добрива ($P_5K_{55} + N_{46}$), що є найвищим і сягав 1,94 т/га (318%) та 1,86 т/га (355,7%) залежно від способу обробітку ґрунту.

Таблиця 1. Урожайність насіння соняшнику залежно від способів обробітку ґрунту і норм добрив (гібрид Пегас, 2019–2021 рр.)

Варіанти досліді	Глибоке рихлення на глибину 40–45 см			Дискування на глибину 10–12 см			Приріст від обробітку ґрунту	
	врожайність, т/га	приріст від добрив		врожайність, т/га	приріст від добрив		т/га	%
		т/га	%		т/га	%		
Без добрив (контроль)	0,49	–	–	0,46	–	–	–	–
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$	1,67	1,18	240,0	1,3	0,68	182,6	0,50	57,4
$N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$	1,99	1,50	306,0	1,53	1,07	232,6	0,43	73,4
$P_5K_{55} + N_{46}$	2,17	1,68	342,0	1,93	1,47	319,5	0,21	22,5

Таблиця 2. Урожайність насіння соняшнику залежно від способів обробітку ґрунту і норм добрив (гібрид Гранд Адмірал, 2019–2021 рр.)

Варіанти досліджу	Глибоке рихлення на глибину 40–45 см			Дискування на глибину 10–12 см			Приріст від обробітку ґрунту	
	врожайність, т/га	приріст від добрив		врожайність, т/га	приріст від добрив		т/га	%
		т/га	%		т/га	%		
Без добрив (контроль)	0,61	–	–	0,52	–	–	–	–
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₄₆	2,33	1,72	282,0	2,21	1,69	325,0	0,03	43,0
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆ + N ₄₆	2,38	1,77	290,0	2,22	1,70	327,0	0,07	37,0
P ₅ K ₅₅ + N ₄₆	2,55	1,94	318,0	2,37	1,86	355,7	0,70	37,7

При обох обробітках ґрунту волога на глибині висіву зберігалась однакова в межах оптимальних значень.

ВИСНОВКИ

1. Приріст урожаю насіння соняшнику дав найкращий показник за внесення фосфорно-калійних добрив (P₅K₅₅ + N₄₆), що сягав 1,94 т/га (318%) та 1,86 т/га (355,7%) залежно від способу обробітку ґрунту. Вплив способів обробітку на урожайність соняшнику мав переважно

однозначний характер. Істотний недобір врожаю зерна від дискування становив 0,08 т/га (37,7%) та 0,21 т/га (23%).

2. Відповідно з проведеними дослідженнями, загальним у характері змін щільності ґрунту є глибоке рихлення, що сприяло зняттю плужної підшви та зменшенню показників у шарі 20–30 см відносно дискування.

3. Гібрид Пегас поступився гібриду Гранд Адмірал. Недобір урожаю становив 0,38 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

- Чуйко Д.В., Брагін О.М., Михайленко В.О. та ін. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність ліній соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 215–226. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207186>.
- Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2 (2). С. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>
- Піньковський Г.В., Машенко Ю.В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19>.
- Єременко О.А. Продуктивність соняшнику залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння за умов недостатнього зволоження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 25–30.
- Тоцький В. М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 204–209.
- Nazar R., Iqbal N., Masood A. et al. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*. 2012. Vol. 3. P. 1476–1489.
- Nawaz N., Sarwar G., Yousaf M. et al. Yield and Yield Components of Sunflower as Affected by Various NPK Levels. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2003. № 2. P. 561–562. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajps.2003>.
- Шкумат В.П. Рекомендації по вирощуванню соняшнику в сівозмінах із скороченим терміном повернення на попереднє місце в умовах Півдня України. Миколаїв. 2002. 16 с.
- Жуйков О.Г., Бордюк О.О. Формування архітектоники та функціональних властивостей асиміляційного апарату соняшнику на фоні мікробіологічної активності ґрунту за традиційної та органічної технології вирощування в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 26–33. DOI: <https://doi.org/10/32851/2226-0099.2019.108.4>
- Шевченко О.М., Онопрієнко В.П., Оничко Г.О. Вплив систем удобрення на урожайність та господарські показники гібридів соняшнику в умовах північно-східного регіону України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2005. № 12. С. 55–58.
- Цилорик О. Добрива для соняшнику. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 15–16. С. 88–91.

12. Троценко В.І., Жатов О.Г. Толерантність до загущення як фактор формування високопродуктивних посівів соняшнику. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2011. № 4 (21). С. 54.–58.
13. Рожков О.А., Пузік В.К., Каленська С.М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. Харків: Майдан, 2016. 300 с.
14. Маркова Н.В. Агроекологічні аспекти вирощування гібридів соняшнику в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 1 (77). С. 133–139.
15. Шакалій С.М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 1. С. 69–74.

REFERENCES

1. Chuiko, D.V., Brahin, O.M., Mykhailenko, V.O. et al. (2020). Vplyv rehulatoriv rostu roslin na produktyvnist liniy soniashnyku [The influence of plant growth regulators on the productivity of sunflower lines]. *Selektsiia i nasynnytstvo — Breeding and seed production*, 117, 215–226. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207186> [in Ukrainian].
2. Hanhur, V.V., Kosminskyi, O.O., Len, O.I. & Totyskiy, V.M. (2022). Vplyv udobrennia na produktyvnist soniashnyku ta yakist nasinnia [Effect of fertilizer on sunflower productivity and seed quality]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2 (2), 50–56. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05> [in Ukrainian].
3. Pinkovskyi, H.V. & Mashchenko, Yu.V. (2019). Vplyv elementiv zhyvlennia na rodichist hruntu ta produktyvnist soniashnyku v pravoberezhnomu Stepu Ukrainy [The influence of nutrients on soil fertility and sunflower productivity in the Right Bank Steppe of Ukraine]. *Tavriiskiyi naukoviyi visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 107, 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19> [in Ukrainian].
4. Iremenko, O.A. (2017). Produktyvnist soniashnyku zalezhdno vid mineralnogo zhyvlennia ta peredposivnoi obrobky nasinnia za umov nedostatnoho zvolozhennia [Productivity of sunflower depending on mineral nutrition and pre-sowing treatment of seeds under conditions of insufficient moisture]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 25–30 [in Ukrainian].
5. Totyskiy, V.M. (2014). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnogo obrobittu ґruntu na formuvannia produktyvnosti soniashnyku [The influence of the fertilization system and the main tillage on the formation of sunflower productivity]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliynykh kultur NAAN — Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences*, 20, 204–209 [in Ukrainian].
6. Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A. et al. (2012). Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1476–1489 [in English].
7. Nawaz, N., Sarwar, G., Yousaf, M. et al. (2003). Yield and Yield Components of Sunflower as Affected by Various NPK Levels. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2, 561–562. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajps.2003> [in English].
8. Shkumat, V.P. (2002). *Rekomendatsii po vyroshchuvanniu soniashnyku v sivozminakh iz skorochenyim terminom povornennia na poperednie mistse v umovakh Pivdnia Ukrainy [Recommendations for growing sunflower in crop rotations with a shortened return period to the previous place in the conditions of Southern Ukraine]*. Mykolaiv [in Ukrainian].
9. Zhuikov, O.H. & Bordiuh, O.O. (2019). Formuvannia arkhitektoniky ta funktsionalnykh vlastyvoستي asymiliatsiinoho aparatu soniashnyku na foni mikrobiolohichnoi aktyvnosti ґruntu za tradetsiinoi ta orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pivdennoho Stepu [Formation of architecture and functional properties of the assimilation apparatus of sunflower against the background of microbiological activity of the soil under traditional and organic cultivation technologies in the conditions of the Southern Steppe]. *Tavriiskiyi naukoviyi visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 108, 26–33. DOI: <https://doi.org/10/32851/2226-0099.2019.108.4> [in Ukrainian].
10. Shevchenko, O.M., Onoprienko, V.P. & Onychko, H.O. (2005). Vplyv system udobrennia na urozhainist ta hospodarski pokaznyky hibrydiv soniashnyku v umovakh pivnichno-skhidnoho rehionu Ukrainy [The influence of fertilization systems on yield and economic indicators of sunflower hybrids in the conditions of the northeastern region of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalno ahrarynoi universytetu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, 12, 55–58 [in Ukrainian].
11. Tsyliuryk, O. (2018). Dobryva dlia soniashnyku [Fertilizers for sunflower]. *Ahrobiznes sohodni — Agribusiness today*, 15–16, 88–91 [in Ukrainian].
12. Trotsenko, V.I. & Zhatov, O.H. (2011). Tolerantnist do zahushchennia, yak faktor formuvannia vysokoproduktyvnykh posiviv soniashnyka [Tolerance to thickening as a factor in the formation of high-yielding sunflower crops]. *Visnyk Sumskoho natsionalno ahrarynoi universytetu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, 4 (21), 54–58 [in Ukrainian].
13. Rozhkov, O.A., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. et al. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii [Research work in agronomy]*. Kharkiv [in Ukrainian].
14. Markova, N.V. (2014). Ahroekolohichni aspekty vyroshchuvannia hibrydiv soniashnyku v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy [Agroecological aspects of growing sunflower hybrids in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomor'ia — Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 1 (77), 133–139 [in Ukrainian].
15. Shakalii, S.M. (2017). Formuvannia vrozhdainosti ta yakosti nasinnia soniashnyku zalezhdno vid pozakoronevoho pidzhyvlennia [Formation of yield and quality of sunflower seeds depending on foliar fertilization]. *Zernovi kultury — Cereal crops*, 1, 1, 69–74 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.09.2022

ПАМ'ЯТІ М.І. ВОЛОШИНА

Життя не стоїть на місці. Усе має початок і кінець. Одні приходять у цей світ, а інші його залишають. Коли помирає людина, світ стає біднішим, бо втрачає те, чим вона жила, як сприймала все, що її оточувало, чим наповнена була її душа, сутність...

14 листопада 2022 р. на 82-му році пішов із життя кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Почесний доктор Інституту агроєкології і природокористування НААН **ВОЛОШИН Микола Іванович**, широко відомий у наукових колах.

Волошин Микола Іванович народився 16 травня 1940 р. у с. Сокіл на Вінниччині. У 1963 р. після служби в лавах Збройних сил СРСР вступив на факультет механізації Української сільськогосподарської академії, яку закінчив з відзнакою. З 1968 по 1977 рр. Микола Іванович працював на посаді молодшого, а згодом старшого наукового співробітника Українського НДІ механізації та електрифікації сільського господарства. Більшу частину свого життя Микола Іванович присвятив науці. Після закінчення аспірантури у 1976 р. захистив кандидатську дисертацію та отримав вчений ступінь кандидата технічних наук. Понад 10 років своєї трудової діяльності, починаючи з 1977 р., віддав праці у стінах Держагропрому УРСР, останні роки займаючи посаду начальника управління організації наукових досліджень. В період 1990–1991 рр. працював на посаді вченого секретаря Науково-технічної ради Президії Південного відділення ВАСГНІЛ.



Життєвий шлях Миколи Івановича — це зразок людської гідності, відповідальності, вміння толерантно працювати з людьми.

Починаючи з перших днів заснування Української академії аграрних наук і до грудня 2005 р. Волошин Микола Іванович активно і наполегливо працював над написанням першого та вдосконаленням редакцій наступних статутів Української академії аграрних наук. Упродовж

цього періоду він фактично був беззмінним координатором цих робіт та технічним редактором усіх статутів Академії, безпосередньо брав участь у підготовці нормативних актів УААН з питань заохочення та соціального захисту прав працівників науки. Крім того, брав безпосередню участь у підготовці низки відомчих нормативно-методичних документів, що наразі регламентують майже усі аспекти наукової і науково-технічної діяльності як науководослідних установ Академії, так і Відділень та структурних підрозділів апарату Президії Української академії аграрних наук.

За час роботи в апараті Президії УААН Волошин М.І. брав активну участь у підготовці і редагуванні пропозицій Української академії аграрних наук до нормативно-правових актів, які стосуються питань планування, організації та координації наукових досліджень, науково-технічної і інноваційної діяльності в Україні. Серед них закони України «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про наукову і науково-технічну експертизу», «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»,

«Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» та ряд постанов Кабінету Міністрів України, які стосуються різних аспектів наукової діяльності в країні.

У 2010 р. Микола Іванович Волошин обійняв посаду заступника завідувача відділу природокористування та охорони навколишнього природного середовища, забезпечував науково-методичне керівництво плануванням досліджень, підготовку матеріалів до засідань Президії НААН і Міжвідомчої наукової ради НААН України та НААН із проблем агропромислового комплексу за результатами наукових досліджень Інституту.

За час роботи в Інституті агроекології і природокористування НААН докладав особливих зусиль до виховання цілої плеяди наукових кадрів вищої кваліфікації, а головне — ставився до усіх по-батьківськи, благословляв на нові звершення та якимось дивовижним чином назавжди залишався у серці кожного. Під час розмов Микола Іванович утримувався від імперативних порад, мотивував до формування власної позиції та часто повторював: «це не істина

в останній інстанції, це привід для творчого осмислення».

Його особлива риса у науковій діяльності — це незаангажований, нетрадиційний підхід до вирішення наукових питань з обов'язковою формалізацією для застосування математичних методів досліджень.

Миколу Івановича нагороджено: медалями «За доблестний труд в ознаменування 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина (1970 р.); «В память 1500-летия Киева» (1982 р.); «Ветеран праці» (1987 р.); Почесною грамотою УААН (2000 р.); Почесною відзнакою УААН (2010 р.); Почесною грамотою Верховної Ради України (2020 р.).

Для колег був безвідмовним і надійним другом. Усі, хто знав Миколу Івановича, поважали його за чуйне ставлення до людей, велику душевну щедрість, мудрість, працелюбність та оптимізм. Людина живе доти, поки її пам'ятають. Микола Іванович Волошин назавжди залишається у пам'яті колег та друзів як світла, порядна, благородна людина, талановитий вчений, вчитель і добрий друг.

*Вогонь життя неждано згас,
печаль і смуток серце ранять,
низький уклін вам від нас
і вічна пам'ять...*

ABSTRACT

Solomakha I.¹, Sabluk W.², Gumentyk M.², Solomakha V.^{1,3} Features of creating fast-growing and multifunctional field-protecting forest strips in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 6–15.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine*

³ *NSC «Institute of beekeeping named after P.I. Prokopovich of NAAS»*

e-mail: v.sol@ukr.net

To ensure the maximum protection of agricultural crops from climatic factors unfavorable for their growth and development, it is necessary to create an optimal number of field protection forest strips. In particular, for the Forest-Steppe zone of Ukraine, less than half of the optimal needs are available, which indicates an urgent need for their additional creation. The expediency of creating fast-growing and multifunctional field forest strips is substantiated, and the productivity of new bioenergy crops during their formation for use in beekeeping and as biofuel is determined. For this purpose, a model of the artificial formation of a forest strip with its possible further exploitation is proposed. The most optimal one is to develop the concept of creating field forest strips with the use of multifunctional tree species, which, in addition to the function of wind, water and dust retention, will also perform other economic tasks. In particular, along with their intended purpose, they can be used as raw materials for biofuel production and as early honey plants. For the accelerated creation of field protection forest strips, it is advisable to use mixed 6–8-row plantings, where the middle 2–3 rows are planted with the involvement of tree species, including the use of species valuable as raw materials for beekeeping. These forest strips are complemented on both sides by planted strips of energy crops, which are important for beekeeping and are a valuable resource for obtaining fuel raw materials. For this purpose, it is advisable to plant 10–12 thousand pieces on one hectare poplar cuttings (*Populus* sp.), 1250 pieces of paulownia plants (*Paulownia tomentosa* Steud.) with a row width of 2×4 m and 17–18 thousand pieces cuttings of energy willow (*Salix viminalis* L.). It is also possible to replace part of the poplar cuttings with cuttings of common robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) and linden (*Tilia cordata* Mill.). The creation of such plantations near settlements will contribute to their significant use of raw materials and will be quite effective in carrying out their main function of ecological stabilization of agro-landscapes.

Key words: bioenergy crops, nectar source crops, forest strips, paulownia, poplar, energy willow.

Nakonechna Yu. Current morphological and hydroecological characteristics of the Berezan river. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 16–26.

Odessa State Environmental University

e-mail: nakonechnayulya25@gmail.com

The article presents the results of two-year ecological, hydrological and hydrochemical studies of Berezan, one of the steppe rivers of Mykolaiv region, which begins the Berezan estuary in the lower part of the Tyligulo-Buzka confluence. The current state of the Berezan River is characterized by a significant level of anthropogenic transformation of the watercourse associated with the construction of cascade ponds. The independent existence of the flow rate and year-round water content of the Berezan River without its support by technical means of water supply is impossible. According to the hydrochemical composition of the river water, it belongs to the bicarbonate-calcium type with a high content of sulfates, chlorides, and sodium, differing in an extremely dynamic level of mineralization – from 760 mg/dm³ during the flood to 2900 mg/dm³ during the low tide. No less active influence on the state of this small steppe river and the Berezan estuary initiated by it are also exerted by natural factors such as increasing aridity of the climate, transgressive tendencies of the Black Sea, increasing environmental temperatures, increasing evaporation volumes and changes in the balance of surface-underground water exchange. Because of this, the Berezan River today is no longer able to independently maintain the water content, flowability and stability of the hydrochemical regime, showing a tendency to transform into a seasonally draining network of streams. The current nature of the water filling of the river is ensured by a cascade of reservoirs and maintenance of the flow rate due to water discharges from the South-Bug irrigation system fed from the South Bug. Despite the hydro-ecological problems, the river is still an important draining watercourse of the Tiligulo-Buzka interfluvium, providing drainage, water regulation of the area and replenishment of underground horizons, with which the drinking water supply of 19 settlements is connected.

Key words: Basin of Black Sea rivers, drying rivers of the Steppe, hydroecology of small rivers, hydrochemistry of temporary watercourses.

Bondarenko O. Invasive species of the flora of transformed sections of railway tracks in the bottom of the

Dniester–Tiligul river. Agroecological journal. 2022. № 4. P. 27–33.

Odesa National Mechnykov University
e-mail: vseobove123@gmail.com

In order to study invasive species as dangerous elements of foreign flora, modern monitoring studies are needed under the conditions of various ecotopes of a wide range of their transformation. According to the «Strategy of biosecurity and biological protection», alien species are a threat to biodiversity at its various levels. Taking into account that railway tracks are one of the main ways of penetration and initial establishment of synanthropic species in new territories, in 2018–2021, the flora of the tracks in the areas of the Dniester floodplain was studied. 34 invasive species from 14 families were noted, they included *Asteraceae* (26.47% of species), *Brassicaceae* and *Poaceae* (17.65% each), *Amaranthaceae* (8.82%) and others. The majority of species (55.88%) grows both on track sections and (in addition) next to ruderalized sections of overburden. Another 11 species (32.35%) can be found on tracks, ruderalized areas of overburden and on the roadsides of the nearby highway. Only two species (5.88%) are cultivated. Two more species such as *Amaranthus powellii* S.Watson, *Oxybaphus nyctagineus* (Michx.) Sweet are noted only on railway tracks and sections of railway infrastructure. According to the life form, nine species (26.47%) are hemi-cryptophytes. 23 ones are therophytes (67.65%). Two species are fanerophytes (5.88%). According to the chronotype, 41.18% of the species are aschaeophytes. Kenophytes make 58.82%. Among archaeophytes, most plant species have a frequency of occurrence – «scattered» and «abundant» (35.71% each). Among the kenophytes, there are the most species whose plants were «scattered» (40.00%). In general, the majority of invasive species, by frequency of occurrence, belong to the «scattered» (38.25%) and «abundant» (23.53%) categories. Also there are «single» (17.65%), «usually» (11.77%), «single locality» (8.82%). Most species (70.60%) are represented by wide ranges: cosmopolitan (and hemi-cosmopolitan) make 44.12%, Eurasian form 14.71%, Euro-American make 11.77%. Eight species (23.53%) are particularly dangerous for the environment, as they are transformers of local growth. Most of the plants of invasive species of railway tracks were also found on adjacent ruderalized areas. Therophytes, kenophytes and species with a wide range prevail. They are found, mostly «scattered» and «abundant». Eight species (23.53%) are the most dangerous for environment, because they transform ground place (*Ambrosia artemisiifolia*, *Centaurea diffusa*, *Conyza canadensis*, *Grindelia squarrosa*, *Iva xanthiifolia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Anisantha tectorum*, *Setaria glauca*).

Key words: Dniester embankment, transport routes, species with high invasive capacity.

Chornobrov O.¹, Khodyn O.² Ecological assessment of dead wood volume in hornbeam-maple-ash forest in «Medobory» Nature Reserve. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 34–44.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Medobory Nature Reserve*

e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net

The volume of coarse woody detritus in the 112-year-old hornbeam-maple-ash forest stand of natural origin in «Medobory» Nature Reserve have been studied. The study of dead wood was carried out on a sample plot (0.48 ha) by the method of full accounting. The volume of woody detritus in the forest ecosystem is 62.7 m³·ha⁻¹ and consists of fallen (82.9%) and standing (17.1%) deadwood. The main part of the dead wood volume is formed one tree species – common ash (*Fraxinus excelsior* L.) (93.0%). In general, woody detritus is characterized by I–IV classes of decomposition, while detritus of decomposition stage I prevails (44.2%), shares of other stages are slightly smaller: II (30.9%), III (23.6%) and share of stage IV is insignificant (1.3%). No coarse detritus of the last (V) decomposition stage was found on studied plot. The volume of standing dead wood is 10.7 m³·ha⁻¹ and is formed by broken dead trees. In terms of tree species composition, common ash dominates (94.4%), and the share of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) is insignificant (5.6%). In the total standing dead wood volume, wood of decomposition stage I predominates (9.4 m³·ha⁻¹, 87.9%), compared with stage II (1.3 m³·ha⁻¹, 12.1%). Volume of fallen dead wood is 52.0 m³·ha⁻¹ and is formed by whole fallen trees, fragments of fallen trees (trunks) and rough branches. In terms of species composition, woody detritus of common ash predominates (48.2 m³·ha⁻¹, 92.7%), and the proportions of other species are insignificant. Fallen dead wood is represented by four stages of decomposition (I–IV). In terms of volume, decomposition stage I (18.3 m³·ha⁻¹, 35.2%) and stage II (18.1 m³·ha⁻¹, 34.8%) prevail, detritus of stage III is less (14.8 m³·ha⁻¹, 28.5%), and the share of stage IV is insignificant. Low volumes of late decomposition stages of woody detritus is explained mainly by influence of forestry activity in the past and relatively short period of strict regime of nature conservation, during which the forest ecosystem developed without human intervention.

Key words: woody detritus, standing dead wood, fallen dead wood, forest ecosystem, volume, decomposition stage, biodiversity conservation.

Pinchuk V.¹, Kryvokhyzha Ye.², Tertychna O.¹ Ecological assessment of the nitrogen budgets of livestock production systems in Ukraine. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 45–52.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *West Ukrainian National University*

e-mail: pinchuk_vo@ukr.net

The nitrogen budgets was modeled on the example of 5 typical Ukrainian livestock farms of different livestock production systems. The relative anthropogenic load of different livestock systems and the efficiency of the use of nutrients in the production of crop and animal products are shown. Input flows of nitrogen (N) – in the fodder for livestock, fertilizers, biofixation, atmospheric deposition, crop residues and output flows with agricultural crop & livestock products were determined. It was established that the efficiency of nitrogen use (NUE_{farm}) is 21.0–69.9% on the investigated farms, i.e., such amount of soil nutrients and imported feed in nitrogen equivalent was deposited in the sold products, and the rest of N was deposited in by-products (crop residues & manure). The ratio of produced main and by-products in nitrogen equivalent was determined. In crop production, 1.06–1.11 Mg N of grain is obtained for 1 Mg of N crop residues. In livestock, only 0.15–0.78 Mg N of the main products (milk, meat, wool) are obtained for 1 Mg of manure nitrogen production (nitrogen excretion). According to the level of output of the main products relative to by-products, the livestock systems are in the following ranked order: cattle farming – 0.15 Mg N of milk and live weight gain per 1 Mg manure nitrogen production; pig farming – 0.43 Mg N of live weight gain per 1 Mg N excreted and broiler farming – 0.78 Mg N of live weight gain, respectively. It was established that the livestock production systems cause a significant anthropogenic load on the surrounding natural environment – intensive soil load (balance from –30.2 to –42.2 kg N/ha/year) and high rates of ammonia and greenhouse gas emissions (NH_3 , NO_x and N_2O) from manure management systems and agricultural land (16.3–1456.4 kg/ha/year). It was established that 132.4 kg of NH_3 , NO_x and N_2O are emitted for 1 Mg of live weight gain of calves; 7.6 kg of NH_3 , NO_x and N_2O per 1 Mg of produced cow's milk; 30.3 kg of NH_3 , NO_x and N_2O per 1 Mg of live weight gain of pigs (on average); 22.2 kg of NH_3 , NO_x and N_2O per 1 Mg of live weight gain of broiler chickens; 53.7 kg of NH_3 , NO_x and N_2O per 1 Mg of produced live weight and wool of sheep.

Key words: livestock, by-products, reactive nitrogen, nitrogen balance, efficiency of nitrogen use.

Hryhorian O. Elements totality of innovative activity management. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 53–65.

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

e-mail: Aleksandra.gry.jee@gmail.com

An important indicator of the socio – economic development of each country is the level of public welfare. At the same time, the level of decline in the life of various categories of citizens leads to the ag-

gravation of the social needs of society, demanding quick solutions. Satisfying these needs at the state or municipal level is not always possible in a short period of time, which is connected with the limitation of means, the multi-level and bureaucratic nature of the system, and the lack of citizen initiative. Interest in innovations is relevant today due to the crisis phenomena in the economy of Ukraine due to the global crisis in the world due to the pandemic and military operations on the territory of the country. The development of mechanisms to encourage individuality in the process of development of the public sector is an effective way of increasing the social satisfaction of the population. The ineffective national innovation system of Ukraine, as a result of hostilities on the territory of the state, the loss of part of the territory due to the occupation of the Russian Federation, a number of restrictions on the acquisition of military equipment, the lack of sufficient funding for science and other reasons, the increase in the price of goods and services, logistical problems, the destruction of the transport infrastructure, this affected on the state and further development of industrial enterprises, led to the redistribution of shares of industries in the structure of GDP, a significant reduction in production volumes and chaotic structuring of the economy, such a high-tech, innovative one, as a result – the loss of foreign and Ukrainian sales markets, a massive reduction of workers and jobs, and migration highly qualified workers of the decline of industrial enterprises, which used to be the flagships of the state's economy. The problem of the article is to identify the main stages, methods of organizational structures for the formation and implementation of target complex programs for the development of investment and innovation activities of enterprises, the implementation of which will contribute to the success of strategic management of economic resources of economic entities. The purpose of the article is to develop a proposal for the formation and implementation of a targeted, comprehensive program for the development of innovative activities of enterprises.

Key words: investments, innovative development, the mechanism of innovation implementation by business entities, rationalization proposal, characteristics of innovations.

Zaitsev Yu.¹, Gunchak M.², Romanova S.¹ State of soil fertility in Chernivtsi region. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 66–75.

¹ *State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

² *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 in Chernivtsi 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 close to neutral (31.8%) and neutral (36.5%). The weighted average indicator of saline pH is 5.8, 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 (66.7%), and the weighted average humus content in the region is 2.7%. According to the content of easily hydrolysable nitrogen, most of the lands have very low (48.3%) and low nitrogen content (48.7%). The weighted average indicator of easily hydrolysable nitrogen content for the reporting period is 106.4 mg/kg of soil, which corresponds to the low availability of this element. The region is dominated by lands with an average content of mobile phosphorus compounds (31.5%) and the average weighted indicator of the content of mobile phosphorus compounds is 56 mg/kg, which corresponds to average availability. In terms of the content of mobile compounds of potassium, lands with a very high content of potassium prevail (51.5%), although the weighted average indicator of the content of mobile compounds of potassium is 78 mg/kg, which corresponds to the average supply of the macroelement. It was established that in the Chernivtsi region the largest area is occupied by soils of average quality (68.5%), and the weighted average assessment of agricultural land in the Chernivtsi region is 51. A comparison of the quality assessment of the soils of the Chernivtsi region for the 10th (2011–2015) and 11th rounds (2016–2020) of agrochemical surveys was made. The results showed that the quality of the soils in the Kelmentsi and Kitsman districts has hardly changed. The soil quality assessment of Novoselytskyi, Hertsaiivskyi, Vyzhnytskyi and Hlybtskyi districts improved by 3–6 points. The qualitative assessment of the condition of the lands of Khotynskyi (+8 points), Storozhynetskyi (+13 points) and Sokyryanskyi (+19 points) districts improved significantly. A decrease in land quality indicators was recorded in Zastavnytskyi (–3 points) and Putilskyi (–4 points) districts.

Key words: fertility, soil monitoring, acidity, credit score.

Tsentylo L., Shylo S. Agrophysical indicators of black soil typical in agrocenose of winter wheat (*Triticum vulgare*) in the right bank Forest Steppe of Ukraine. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 76–83.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: 2037127@ukr.net

The article presents the results of scientific research on the influence of four systems of basic tillage such as shelf tillage (ploughing at 20–22 cm), shelf-less (chisel-deep-ripper at 20–22 cm), shelf-less tillage shallow (disk harrow at 10–12 cm) and shelf-less tillage surface (disk harrow at 6–8 cm), and five

preceding crops — peas, soybeans, corn for silage, winter rape, sunflower on compaction density and general porosity of black soil typical for growing winter wheat in the right-bank forest-steppe of Ukraine. According to the results of the research carried out in the stationary field experiment of the LLC «Agrofirma Kolos» educational-scientific-innovative center of agricultural technologies», the soil density and its total porosity determined at the time of sowing winter wheat had optimal parameters for all studied systems of the main tillage and placement of winter wheat after various preceding crops. With an increase in the depth of the studied soil layer, an increase in the index of soil density and a decrease in its total porosity were noted, which is natural. Depending on the system of the main tillage, the soil density in the 0–10 cm soil layer during the sowing period varied from 1.11 to 1.14 g/cm³, with lower values in the version with shelf and non-shelf tillage for 20–22 cm. Analyzing the entire studied layer (0–30 cm) of the soil at the time of crop sowing, it should be noted that both shelf (plow) and shelf-less tillage (chisel-deep-ripper) had close indicators of soil density in the studied layers, the values of which increased from the top to the bottom. With systematic shallow tillage by 12–14 cm and surface tillage by 6–8 cm, the soil layer of 10–20 cm was most compacted, with tendencies towards loosening in the 20–30 cm layer. Among the preceding crops, the higher soil density in the variant with placement of winter wheat after corn on silage is 1.14 g/cm³. The porosity indicator of the upper 0–10 cm soil layer at the time of sowing varied from 57.1% for shelf-less shallow tillage to 58% in the option with shelf tillage at 20–22 cm. The studied predecessors provided parameters of total porosity at the level of 57.5–58.0% for lower indicators in the version with sunflower. The analysis of the investigated indicators during the recovery of vegetation and before harvesting showed an increase in the soil density and a decrease in the number of pores in the soil for all investigated systems of the main tillage and preceding crops. It should be noted that the shelf cultivation of the soil (plowing at 20–22 cm) provided the most optimal parameters of the soil density and porosity of the soil in its individual horizons and in the arable layer as a whole. Other systems of basic tillage, despite the optimal values of agrophysical indicators on average in the arable layer, worsened the physical condition of the soil compared to plowing. The optimal combination of options in the experiment can be considered the use as preceding crops of winter wheat, legumes and winter rape in a complex with chisel tillage of the soil at 20–22 cm. This made it possible to ensure optimal indicators of soil density and general porosity not only in the upper 0–10 cm its thickness, but also in deeper layers.

Key words: winter wheat, soil density, total soil porosity, preceding crops, main tillage, ploughing, chisel-deep-ripper, disk harrow.

Kyrylchuk A., Palamarchuk R. Dynamics of ^{137}Cs and ^{90}Sr content in the soil cover of agricultural lands in Zhytomyr region. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 84–92.

State institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»

e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com

The article examines the results of monitoring radionuclide contamination the soils of Zhytomyr region with ^{137}Cs and ^{90}Sr . We summarized the results of agrochemical certification of agricultural land for the period of research in 2006–2020 years (IX–XI rounds). For field and laboratory research, methods of agrochemical certification of agricultural lands and gamma-surveying of the territory and determination of the specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in soil samples were used. It was established that during the 36 years that have passed since the accident, the radiation state of the territory of Zhytomyr region has currently stabilized and is formed mainly under the influence of long-lived radionuclides cesium-137 and strontium-90. During the time that passed after the accident, only due to natural radioactive decay, the activity of the isotopes ^{137}Cs and ^{90}Sr decreased approximately by half. This was facilitated by natural processes and the implementation of measures to prevent the removal of radionuclides beyond the exclusion zone. Turf-podzolic soils, which are most common in the Polissia zone, are characterized by high sorption capacity and weak migration along the ^{137}Cs profile. It was established that the number of agricultural lands contaminated with ^{137}Cs and ^{90}Sr with a density $<5.0 \text{ Ki/km}^2$ and $<0.15 \text{ Ki/km}^2$ is 99.9% and 99.5%, respectively, the density of land soil contamination in the section of the surveyed areas with ^{137}Cs pollution varied from 0.07 to 3.41 Ki/km^2 , and ^{90}Sr from 0.013 to 0.164 Ki/km^2 , therefore, according to current legislation, the soils are considered conditionally clean. A direct correlation between the indicators of the reaction of the soil solution with ^{137}Cs contamination ($r=0.94$) and a significant correlation with ^{90}Sr contamination ($r=0.69$) was revealed. A moderate correlation ($r=0.40$) was found between the indicators of the density of contamination of agricultural land with radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr . It is emphasized that the use of the land fund of Zhytomyr region requires constant monitoring of soil fertility and contamination with radionuclides. The implementation of the task is possible under the condition of permanent soil and agrochemical monitoring, which is conducted by carrying out agrochemical certification of agricultural lands.

Key words: Zhytomyr region, soil and agrochemical monitoring, agrochemical certification, radionuclide pollution.

Krupko H.¹, Sukhodolska I.², Lyko D.², Basaraba I.² Heavy metals concentration in the underground wa-

ters of rural settlements in Rivne region. *Agroecological journal*. 2022. No. 4. P. 93–104.

¹ *Rivne branch office of State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

² *Rivne State University for the Humanities*

e-mail: iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua

The study deals with the evaluation of drinking water quality in rural settlements of Hoshcha (Rivne) district of Rivne region. It has been analyzed the concentration of biogenic (copper, zinc) and non-biogenic (plumbum, cadmium) heavy metals in the water of the wells in the villages of Sadove, Zhalianka, Yuchyn and Tuchyn and artesian wells in the village of Tuchyn during 2012–2018. The research has given fundamental sources of underground waters pollution with heavy metals. It has been revealed that in the water of the wells Cu and Zn concentration does not increase maximum permissible concentrations during the whole period of research. The study demonstrates that water quality of the wells springs is not appropriate to the standard indicators according to the plumbum and cadmium. The authors point out the increasing of maximum permissible Pb concentrations in the wells of the villages of Sadove by 1.02–1.37 times (2012–2014, 2016, 2018) and the village of Tuchyn by 1.17–2.07 times (2012–2018). It has been stated that Cd concentration increases maximum permissible concentration in the wells of the villages of Sadove (by 1.6–3.8 times), Zhalianka (by 1.8–2.5 times), Yuchyn (by 1.3–2.7 times) and Tuchyn (by 1.8–4.5 times). Under the conditions of optimal concentrations biogenic heavy metals are necessary to provide life activities and functions of physiological processes of all organisms. However, continuous consuming of drinking water that is polluted with heavy metals negatively impacts on the organism and may cause acute and chronic diseases. Their impact depends on the concentration of the element, characteristics and intensity of its getting, absorption speed, retention and removal speed, and also human's general state of health. In the village of Tuchyn according to cuprum, zinc, plumbum and cadmium concentration the water of artesian wells is appropriate to the permissible standards during 2012–2018 and is suitable for consumption and use. It is obviously that the use of deeper underground water horizons provides the inhabitants of the village of Tuchyn with qualitative drinking water. In the water of settlements wells where the increasing of standard Cd and Pb concentrations was observed it should be developed and implemented effective measures to develop the water quality.

Key words: water quality, disease, cuprum, zinc, plumbum, cadmium, sources of decentralized water supply, toxic effect on the organism.

Shumyhai I., Konishchuk V., Dushko P. Biogeochemical characteristics of heavy metals in agroeco-

systems of Forest-Steppe of Ukraine. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 105–114.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: inashum27@gmail.com

According to V. Vernadskyi, life on Earth has existed forever. The academician paid considerable attention to the study of soils. The latter are able to accumulate and redistribute chemical elements entering the biosphere between landscape elements. Heavy metals (HM) and other priority toxicants from various sources eventually end up in the upper soil horizons, where their subsequent transformation is determined by soil properties. The residence time of heavy metals in the soil is much longer than in other components of the landscape; they are also slowly removed by leaching, absorption by plants and as a result of exogenous processes. Due to the unique role played by chemical elements in the biosphere, their content in the soil is one of the essential and equal ecological factors that determine the development of living organisms in ecosystems. In connection with the rather intensive development of agriculture in the Forest Steppe, special attention was paid to the distribution of Zn^{2+} and Cu^{2+} in the soil cover of this zone. The study of the question of the majority of scientists regarding the arrival of chemical elements in the agro-ecosystems of the soil-climatic zones of Ukraine proved that the largest amount of them comes with mineral fertilizers in the forest-steppe zone. Considering the fact that heavy metals are one of the main sources of environmental pollution, particularly in Ukraine, a comprehensive study of their migration halos in the soil is necessary for the development of effective environmental protection measures. Currently, conducting intensive agriculture using modern agricultural technologies is impossible without the use of fertilizers. Fertilizers are the most effective means of increasing soil fertility, productivity, and improving the quality of crop production. However, a significant drawback of many mineral fertilizers is the presence of toxic heavy metals. Yes, some of these elements in small quantities can have a positive effect on the growth and development of plants. The effect of systematic application of fertilizers on the fertility indicators of typical and gray podzolized chernozem, as well as their effect on the content of mobile compounds of elements in soils, was studied. According to the data, with the systematic introduction of increased doses of fertilizers, elements can accumulate in the soil in significant quantities, which negatively affects the properties and fertility of the soil, the harvest and its quality. Heavy metals are among the main toxicants contaminating grain products. As you know, the rates of dispersion and involvement of chemical elements in the biogenic cycle have increased significantly over the past decades, and their extremely high impact on living organisms gives reason to classify them as particularly dangerous

pollutants of the biosphere. This is due to the fact that heavy metals are characterized by high toxicity at low effective concentrations, accumulate in individual links of the trophic chain and create a long-term real danger to the existence of living organisms.

Key words: correlation analysis, zinc, copper, total humus content, pH, soil fertility, fertilizers, winter wheat, yield of grain crops.

Havryliuk L.¹, Kichigina O.¹, Beznosko I.¹, Vlasenko I.² Pathogenic mycobiome and quality indicators of soybean seed (*Glycine max* Moench) under growing in organic technologies. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 115–122.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine*

e-mail: gavriluklilia410@gmail.com

The number of colony-forming units (CFU) of micromycetes in soybean seeds of Suzirya and Kent varieties, created by Filazonite technology, was determined. A significant suppression of micromycetes was found in soybean seeds of Suzirya and Kent varieties compared to the control sample. It was established that the formation of CFU micromycetes on soybean seeds of the specified varieties is influenced by seed growing technologies and climatic conditions. Depending on these factors, the number of CFU micromycetes on soybean seeds of different varieties ranged from $0.2 \cdot 10^4$ CFU/g of seed to $1.5 \cdot 10^4$ CFU/g of seed, which is almost 2.5 times less than the amount in the control sample (from $0.8 \cdot 10^4$ CFU/g to $2.7 \cdot 10^4$ CFU/g of seeds). It was established that the species of phytopathogenic micromycetes belonging to the genera *Alternaria*, *Fusarium*, and *Penicillium* dominate in the soybean seeds of Suzirya and Kent varieties. They are factors of biological pollution of agrophytocenoses and reduction of biosafety of products. The changes in the quality indicators of the researched varieties of soybean seeds, grown under conditions of organic production using biological technologies, were determined. Based on the results of three-year research, it was established that the indicators of the content of protein and oil in the seeds of Kent and Suzirya varieties in all variants were higher than the normative indicators specified in DSTU 4964:2008. TU. SOY. At the same time, the indicator of the mass fraction of seed moisture did not exceed the permissible norms. It was established that the biochemical composition of soybean seeds had a certain influence on the genotypes of the varieties, as well as the types of soil and the climatic conditions of the growing technology. Depending on these factors, the content of protein in the soybean seeds of the studied varieties ranges from 37.5% to 41.11%, fat from 19.02% to 21.7%, and the mass fraction of moisture from 8.8% to 11.4%.

Key words: soybean, micromycetes, biological preparations, biosafety, agrophytocenoses, toxicity, hydrothermal indicators.

Boyko O.¹, Tsvigun V.², Vashkevich P.² Influence of «Bioecofunge-1» biocomposition on the growth and development of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 123–129.

¹ National university of life and environmental sciences of Ukraine

² Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: Olga_bojko@ukr.net

The problem of regulation of plant growth and development by physiologically active substances is one of the most pressing problems in modern biology. The widespread use of plant growth regulators (PGR) is an important factor in the effectiveness of crop cultivation technology. A significant achievement is revealing the role of biologically active compounds in the regulation of the most important vital functions of a plant organism, increasing resistance to adverse environmental factors (high and low temperature, drought, soil salinity, diseases, etc.), increasing the yield and quality of agricultural products. Plant growth stimulants are biologically active substances of natural origin that enhance the intensity of metabolic and growth processes in plants and increase crop productivity. A range of scientists has proved the practical application of Basidiomycota in agriculture, namely in creating biocompositions and preparations based on them to stimulate the growth and development of crop plants and protect them against diseases and pests. In this regard, research in the field of biologically active substances used in the production of tomatoes is a necessary step toward the creation of new technology elements for their cultivation – one of the realistic prospects of realizing this crop's biological resources and productive resources potential. The study aimed to investigate the impact of biocomposition «Bioekofunhe-1» on tomato growth and development. The biocomposition was created based on Basidiomycota and plant components to stimulate productivity and protect against diseases of agricultural plants. Seeds of three varieties of tomatoes were selected for the experiment: Hibryd Tarasenko 6, Lahidnyi and Prydniprovskiy Rozhevyi. Laboratory tests about matching concentrations of biocomposition and determining their impact on the growth processes of tomatoes were done. We proved that the «Bioekofunhe-1» biocomposition stimulates tomato growth and development. We matched its optimal concentration (0.1%) for effects on the growth processes of seedlings of tomato varieties. The ap-

plication of the «Bioekofunhe-1» biocomposition in that concentration provides increasing the aerial part length of tomato seedlings of all three varieties.

Key words: «Bioekofunhe-1» biocomposition, varieties of tomatoes, growth processes.

Liabah S. Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus* L.) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. Agroecological journal. 2022. No. 4. P. 130–135.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: s0672141254@gmail.com

The paper presents three-year field and laboratory research on studying the sunflower hybrids of different cultivation technologies, types of ripeness groups with yield indices depending on using different fertilisers and different types of soil cultivation. The study was conducted when using new hybrids of domestic and foreign selection. The hybrids Grand Admiral and Pegas were selected according to their biological characteristics that are more typical for the zone of Polissia when using standard cultivation technology. It was noted that on sod-podzolic soils with a light mechanical composition, the use of disk tillage tools (BDVP-4.2) to a depth of 10–12 cm was not significantly inferior to the deep loosener (GR-4.5) to a depth of 40–45 cm, which was a shortfall grain yield from disking in both experiments was 0.08 t/ha (37.7%) and 0.21 t/ha (23%). The above-mentioned type of soil is naturally poor in terms of its physical and chemical composition, namely the content of humus (1.0–1.3%), availability of exchangeable potassium and mobile phosphorus (32–52 mg/kg), which creates the need to use scientific approach to the reproduction of soil fertility with the use of organic and mineral fertilizers. It has been proven that when using fertilizers $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ (nitroammophosca, 200 kg + urea fertilizer, 75 kg) an increase in sunflower seed yield equals 1.66–1.72 t/ha (281–322%), when using the fertilizers $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$ (diammophos, 200 kg + urea fertilizer, 75 kg) the increase in yield equals – (287–328%) and when using $P_5K_{55} + N_{46}$ (phosphorus-potassium fertilizer, 20 kg + urea fertilizer, 75 kg) the increase in yield is the highest and equals 1.85–1.97 t/ha depending on the experiment variant. It is noted that the Pegasus sunflower hybrid was inferior to the Grand Admiral hybrid in all indicators of the experiment, from the form of mineral fertilizers to soil cultivation, and is: when applying $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ – 0.66 t/ha; $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46}$ – 0.39 t/ha; $P_5K_{55} + N_{46}$ – 0.38 t/ha.

Key words: sunflower, hybrid, soil cultivation, fertilizers, yield.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БАСАРАБА Ілона Василівна, Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна (e-mail: ilona.basaraba@rshu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6720-0419>)

БЕЗНОСКО Ірина Володимирівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: beznoscoirina@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>)

БОЙКО Ольга Анатоліївна, доктор біологічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: Olga_bojko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8216-0491>)

БОНДАРЕНКО Олена Юріївна, кандидат біологічних наук, доцент, Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна (e-mail: vseobovse123@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2383-6615>)

ВАШКЕВИЧ Павло Юрійович, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: djashap@ukr.net)

ВЛАСЕНКО Інна Сергіївна, доктор філософії, старший науковий співробітник, Національна академія аграрних наук України, м. Київ, Україна (e-mail: innav_s@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6120-649X>)

ГАВРИЛЮК Лілія В'ячеславівна, доктор філософії, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: gavrilluklilia410@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>)

ГРИГОРЯН Олександра Олександрівна, Харківський національний економічний університет ім. Семена Кузнеця, м. Харків, Україна (e-mail: Aleksandra.gry.jee@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9530-6042>)

ГУМЕНТИК Михайло Ярославович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, Україна (e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9052-9650>)

ГУНЧАК Михайло Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, Чернівецька філія ДУ «Держґрунтохорона», м. Чернівці, Україна (e-mail: gunchak00@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-8531>)

ДУШКО Павло Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1408-0342>)

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>)

КИРИЛЬЧУК Анжела Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3948-5810>)

КІЧІГІНА Ольга Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: ol_ki@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0879-627X>)

КОНИЩУК Василь Васильович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>)

КРИВОХИЖА Євген Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна (e-mail: ye.kryvokhyzha@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7270-6529>)

КРУПКО Галина Дмитрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Рівненська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., Україна (e-mail: krupko_gd@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1506-1258>)

ЛИКО Дарія Василівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна (e-mail: dariia.lyko@rshu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0184-0549>)

ЛЯБАХ Сергій Валерійович, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна; Інститут сільського господарства Полісся НААН, м. Житомир, Україна (e-mail: s0672141254@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7840-3633>)

НАКОНЕЧНА Юлія Олександрівна, Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна (e-mail: nakonechnayulya25@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7903-8703>)

ПАЛАМАРЧУК Роман Павлович, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: prp777@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5965-1305>)

ПНЧУК Валерій Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pinchuk_vo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0646-1580>)

РОМАНОВА Світлана Адольфівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: svkiev07@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3051-1077>)

САБЛУК Василь Трохимович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, Україна (e-mail: hmy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6124-4346>)

СОЛОМАХА Володимир Андрійович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агро-екології 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 агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна

(e-mail: i_solo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8853-2973>)

СУХОДОЛЬСЬКА Ірина Леонідівна, кандидат біологічних наук, доцент, Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна (e-mail: iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7502-3061>)

ТЕРТИЧНА Ольга Василівна, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-2858>)

ХОДИНЬ Орест Борисович, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна; Природний заповідник «Медобори», смт Гримайлів, Тернопільська обл., Україна (e-mail: medobory.reserve@gmail.com)

ЦВІГУН Вікторія Олександрівна, кандидат біологічних наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: vika-natcevich@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9517-9810>)

ЦЕНТИЛО Леонід Васильович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: 2037127@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6546-2826>)

ЧОРНОБРОВ Олександр Юрійович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8251-1573>)

ШИЛО Сергій Леонідович, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: seregashilo@icloud.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6260-3278>)

ШУМИГАЙ Інна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>)

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду оригінальні статті, підготовлені на високому науковому рівні, що мають важливе теоретичне, практичне значення та висвітлення результатів наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів. У журналі публікуються закінчені експериментальні і дослідні роботи, а також оглядові статті, які раніше не були надруковані за наступними напрямками: **актуальні проблеми екології, аграрні науки і продовольство, біологічні науки, економічні науки, лісове господарство, технологія виробництва та переробки продукції тваринництва.**

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).

Публікація 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 абрєвіатура, 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. Посилання на літературні джерела послідовно нумеруються арабськими цифрами в порядку появи у тексті статті і зазначаються у квадратних дужках.

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 надавати оригінали.

Також всі рисунки (графіки) додатково роздруковують на окремому аркуші – Microsoft Office Excel.

Всі ілюстрації треба подавати у чорнобілому варіанті або у градаціях сірого кольору.

Відповідальність за зміст статті несе автор. Рукописів редакція не повертає.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

**ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН,**
вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143.

Довідки за телефоном: (044) 522-60-62.
E-mail: agroecojournal@ukr.net