

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний університет імені Івана Франка

# Український журнал природничих наук

№ 7

Науковий журнал,  
заснований у 2022 році



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2024

Видається за рішенням вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка  
(протокол № 5 від 29.03.2024 року).

**Головний редактор**

**Овчаренко Микола** – габілітований доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, професор Інституту біології та охорони середовища Поморської академії наук (Слупськ, Республіка Польща)

**Заступник головного редактора**

**Шелюк Юлія** – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Відповідальний секретар**

**Пацюк Марина** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Члени редакційної колегії**

**Атасарал Шебнем** – доктор наук, професор відділу розробки технології рибальства факультету морських наук Караденізького технічного університету (Трабзон, Турецька Республіка)

**Балашова Галина** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу біотехнології, овочевих культур та картоплі, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Біляєва Ірина** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу маркетингу, трансферу інновацій та економічних досліджень Інституту зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Боймуродов Хуснідін** – доктор біологічних наук, професор кафедри біотехнології Самаркандського інституту ветеринарної медицини (Самарканд, Республіка Узбекистан)

**Власенко Руслана** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Воловик Володимир** – доктор географічних наук, доцент, професор кафедри географії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (Вінниця, Україна)

**Гарбар Олександр** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Жовнерчук Ольга** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України (Київ, Україна)

**Зайонц Тадеуш** – доктор біологічних наук, професор Інституту захисту природи Польської академії наук (Краків, Польща)

**Киричук Галина** – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Кичкирук Ольга** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Корнійчук Наталія** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Кусяк Наталія** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Кюрчев Володимир** – доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН, радник ректора, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)

**Лаврик Олександр** – доктор географічних наук, професор кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Листван Віталій** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Малярчук Микола** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу зрошуваного землеробства Інституту зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Мудрак Галина** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (Вінниця, Україна)

**Нестерчук Інна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Оксентюк Ярослава** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри медико-біологічних дисциплін Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Островський Ілля** – доктор філософії (біологія/лімнологія), професор, старший науковий співробітник Інституту Океанографії і Лімнології, Кінеретська лімнологічна лабораторія (Хайфа, Ізраїль)

**Пілярська Олена** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу інноваційної діяльності, трансферу технологій та інтелектуальної власності, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Семенюк Наталія** – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідробіології НАН України (Київ, Україна)

**Сидоренко Сергій** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії екології лісу, Українського ордена «Знак пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького Державного агентства лісових ресурсів України та НАН України (Харків, Україна)

**Стадниченко Агнеса** – доктор біологічних наук, професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Стунженас Вірмантас** – доктор філософії (біологія і екологія), науковий співробітник лабораторії паразитології Центру дослідження природи Інституту екології (Вільнюс, Литовська Республіка)

**Тітов Юрій** – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

**Томашик Василь** – доктор хімічних наук, професор Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України (Київ, Україна)

**Хом'як Іван** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Чайка Микола** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Чехній Віктор** – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар Інституту географії НАН України (Київ, Україна)

**Чумак Володимир** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)

*Наукове періодичне видання*

Український журнал природничих наук: науковий журнал / [гол. ред. Овчаренко Микола,  
відп. ред. Шелюк Юлія]. Житомир: 2024. № 7. 272 с.

Реєстрація в Національній раді України з питань телебачення і радіомовлення (Рішення № 540 від 20.07.2023 р.).

Фахова реєстрація (категорія «Б»): Наказ МОН України № 491 від 27.04.2023 року (додаток 3)

Спеціальності: 091 Біологія, 101 Екологія, 102 Хімія, 106 Географія, 201 Агрономія;  
(галузі науки: біологічні, хімічні, географічні, сільськогосподарські)

Сайт видання: [naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns](http://naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns)  
Макетування: Кузнецова Н. С.

*В усіх статтях збережено орфографію та пунктуацію авторів.*

Підписано до друку 30.03.2024 р. Формат 60x90/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 31,62. Обл.-вид. арк 25,41. Тираж 300. Замовлення 0324/233

---

Видавничий дім «Гельветика»  
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1  
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.ua](mailto:mailbox@helvetica.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

**ISSN: 2786-6335 print**  
**ISSN: 2786-6343 online**

© Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Zhytomyr Ivan Franko State University

# Ukrainian Journal of Natural Sciences

№ 7

Scientific journal,  
founded in 2022



Publishing House  
"Helvetica"  
2024

*Approved for publication by the Academic Council of Zhytomyr Ivan Franko State University  
(protocol № 5 dated from 29.03.2024).*

**Editor-in-chief**

**Ovcharenko Mykola** – Doctor habilitatus of Sciences (Biology), Senior Researcher, Professor of Institute of Biology and Earth Sciences Pomeranian University in Słupsk (Słupsk, Republic of Poland)

**Co-editor-in-chief**

**Shelyuk Yulya** – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biodiversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Executive Secretary**

**Patsyuk Maryna** – PhD (Biology), Associate Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biological Diversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Members of the Editorial Board**

**Atasaral Şebnem** – Doctor Sciences in Fisheries Technology Engineering, Assistant Professor of the Department of Fisheries Technology Engineering of Karadeniz Technical University (Trabzon, Turkey)

**Balashova Halyna** – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher, Head of Biotechnology, Vegetables and Potatoes Department of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

**Biliaieva Iryna** – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher, Head of the Department of Marketing, Innovation Transfer and Economic Research of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

**Boymurodov Husniddin** – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Biotechnology Department of Samarkand Institute of Veterinary and Medicine (Samarkand, Uzbekistan Republic)

**Vlasenko Ruslana** – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Volovyk Volodymyr** – Doctor of Sciences (Geography), Professor of the Department of Geography Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine)

**Harbar Oleksandr** – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Head of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Zhovnerchuk Olga** – PhD (Biology), Senior Researcher of I. I. Schmalhausen Institute of Zoology NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

**Zajac Tadeusz** – PhD (Biology), Professor of the Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences (Krakow, Poland)

**Kyrychuk Halyna** – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biological Diversity Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Kychkyruk Olga** – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Korniichuk Nataliia** – PhD (Biology), Associate Professor of Department of Medical and Biological Bases of Physical Education and Sport Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Kusiak Nataliia** – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Kyurchev Volodymyr** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dmytro Motomyi Tavria State Agrotechnological University (Melitopol, Ukraine)

**Lavryk Oleksandr** – Doctor of Sciences (Geography), Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Lystvan Vitalii** – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Maliarchuk Mykola** – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Researcher of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

**Mudrak Halyna** – PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

**Nesterchuk Inna** – PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Oksentiuk Yaroslava** – PhD (Biology), Senior Lecturer of Department of Medical and Biological Bases of Physical Education and Sport Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Ostrovsky Iliia** – PhD (Aquatic Biology/Limnology), Professor, Senior Scientist of Israel Oceanographic and Limnological Research, Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory (Haifa, Israel)

**Piliarska Olena** – PhD (Agricultural), Senior Researcher, Head of the Department of Marketing, Innovation Transfer and Economic Research of Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

**Semenyuk Nataliia** – Doctor of Sciences (Biology), Senior Researcher of Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

**Sydorenko Serhii** – PhD (Agricultural), Senior Researcher Laboratory of Forest Ecology, Ukrainian order “Sign of Honour” Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky State Forest Resources Agency of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kharkiv, Ukraine)

**Stadnychenko Agnesa** – Doctor of Sciences (Biology), Professor of Department of Zoology, Biological Monitoring and Nature Conservation Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Stunžėnas Virmantas** – PhD (Biology and Ecology), Senior researcher of Parasitology laboratory of the Nature Research Centre of the Institute of Ecology (Vilnius, Lithuania)

**Titov Yuriy** – Doctor of Sciences (Chemistry), Senior Research at Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

**Tomashyk Vasyl** – Doctor of Sciences (Chemistry), Professor of Lashkariov Institute of Semiconductor Physics, NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

**Khomyak Ivan** – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Chayka Mykola** – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Chekhniy Viktor** – PhD (Geography), Senior Researcher, Scientific Secretary of the Institute of Geography of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

**Chumak Volodymyr** – PhD (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

*Scientific Periodical*

Ukrainian Journal of Natural Sciences/ [editor Ovcharenko Mykola, co-editor-in-chief Sheliuk Yuliia].  
Zhytomyr: 2024. № 7. 272 p.

Registered by the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine (Decision No. 540 dated 20.07.2023).

Professional registration (category «B»): Decree of MES No. 491 (Annex 3) dated 27.04.2023

Specialties: 091 Biology, 101 Ecology, 102 Chemistry, 106 Geography, 201 Agronomy;  
(fields of science: biological, chemical, geographical, agricultural)

Website: [naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns](http://naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns)  
Modelling: Kuznietsova N. S.

*Authors' spelling and punctuation are preserved in the articles.*

Signed for printing 30.03.2024. Size 60x90/8. Offset Paper. Font Times New Roman  
Risograph printing. Conventional printed sheets 31,92. Printed sheets 25,41. Number of copies 300. Order 0324/233

---

Publishing House "Helvetica" 65101,  
Ukraine, Odessa, 6/1 Inglizi St.  
Telephone: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.ua](mailto:mailbox@helvetica.ua)  
Certificate of a publishing entity ДК No 7623 dated 22.06.2022

**ISSN: 2786-6335 print**  
**ISSN: 2786-6343 online**

© Zhytomyr Ivan Franko State University, 2024



## БІОЛОГІЯ

УДК 58.085: 612.111: 577.112.4: 577.115.4  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.1>

### **DOSE-DEPENDENT CHANGES IN BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN HUMAN ERYTHROCYTES FOLLOWING *IN VITRO* TREATMENT WITH EXTRACTS FROM BERRIES OF EUROPEAN MISTLETOE (*VISCUM ALBUM L.*)**

**H. M. Tkaczenko<sup>1</sup>, O. V. Tverdokhlib<sup>2</sup>, V. I. Honcharenko<sup>3</sup>, N. M. Kurhaluk<sup>4</sup>**

*Radical scavenging activity and protective effects against oxidative stress caused by free radicals, nitric oxide and superoxide anion have been demonstrated for a number of mistletoe extracts and isolated lectins. The aim of the present study was to determine the antioxidant activity of extracts from the berries of mistletoe (*Viscum album L.*). For this purpose, biomarkers of oxidative stress [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as a biomarker of lipid peroxidation, carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins, total antioxidant capacity (TAC)] were used in human blood after *in vitro* incubation with extracts derived from mistletoe berries at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL). The results of our study showed that treatment with mistletoe berry extracts resulted*

<sup>1</sup> Professor, Ph.D., D.Sc.

Deputy Director of the Faculty of Biology,  
Department of Zoology,  
(Pomeranian University of Słupsk, Słupsk, Poland)  
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0003-3951-9005

<sup>2</sup> Candidate of Biological Sciences (Ph.D. in Biology)

Senior Researcher, Associate Professor at the  
Department of Botany  
(H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Kharkiv)  
e-mail: etverd@hnpu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-7209-1808

<sup>3</sup> Head of the Department of Botany,

Deputy Dean of the Faculty of Biology for educational and methodological work,  
Candidate of biological sciences,  
Associate Professor, art. of science employee  
Faculty of Biology  
(Ivan Franko National University in Lviv, Lviv)  
e-mail: vitaliy.honcharenko@lnu.edu.ua  
ORCID: 0000-0001-6888-2124

<sup>4</sup> Ph.D., D.Sc.,

Head of the Department of Animal Physiology  
(Pomeranian University of Słupsk, Słupsk, Poland)  
e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-4669-1092

in a significant increase in TBARS levels in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts at final concentrations of 5 mg/mL compared to untreated samples. On the other hand, a statistically non-significant decrease in TBARS levels was observed for the extract at a final concentration of 2.5 mg/mL. The levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins were statistically significantly increased in samples treated *in vitro* with mistletoe berry extracts at a final concentration of 5 mg/mL compared to untreated samples, and this increase was statistically significant. Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/mL resulted in a statistically significant decrease in the levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins. The reduction was 24.1% ( $p < 0.05$ ). When human erythrocytes were incubated with mistletoe berry extracts, the levels of ketonic derivatives of OMP were at the same level as in untreated samples. Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/mL resulted in a statistically non-significant decrease in the levels of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins. TAC levels in human erythrocytes were increased after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration of 5 mg/mL) compared to untreated samples. This represented a 29% ( $p < 0.05$ ) increase in TAC levels compared to untreated samples. TAC levels in human erythrocytes after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration 2.5 mg/mL) were at the same level as in untreated samples. Future studies can add to the current findings to better understand the antioxidant properties of mistletoe berry extracts, with the potential to develop treatments and products using these extracts.

**Key words:** European mistletoe (*Viscum album* L.), human blood, extracts, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins, total antioxidant capacity (TAC)

## ДОЗОЗАЛЕЖНІ ЗМІНИ БІОМАРКЕРІВ ОКИСНЮВАЛЬНОГО СТРЕСУ В СУСПЕНЗІЇ ЕРИТРОЦИТІВ ЛЮДИНИ ПІСЛЯ ІНКУБАЦІЇ *IN VITRO* З ЕКСТРАКАТАМИ ЯГІД ОМЕЛИ ЗВИЧАЙНОЇ (*VISCUM ALBUM* L.)

Г. М. Ткаченко, О. В. Твердохліб, В. І. Гончаренко, Н. М. Кургалюк

Активність поглинання радикалів і захисні ефекти проти окиснювального стресу, спричиненого вільними радикалами, оксидом азоту та супероксидним аніоном, були продемонстровані для ряду екстрактів омели та окремих її лектинів. Метою цієї роботи було визначення антиоксидантної активності екстрактів ягід омели звичайної (*Viscum album* L.). Для цього інкубували кров людини *in vitro* з екстрактом ягід омели у двох концентраціях (5 та 2,5 мг/мл). Результати нашого дослідження показали, що інкубація суспензії еритроцитів з екстрактами ягід омели призвело до значного підвищення рівня речовин, які реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою (TBARS) як біомаркерів перекисного окиснення ліпідів в еритроцитах людини після обробки *in vitro* екстрактами в кінцевих концентраціях 5 мг/мл порівняно з необробленими зразками. З іншого боку, статистично неістотне зниження рівня TBARS в суспензії еритроцитів спостерігалось після використання екстракту при кінцевій концентрації 2,5 мг/мл. Рівні альдегідних похідних окиснювально модифікованих білків були статистично істотно підвищені у зразках, оброблених *in vitro* екстрактами ягід омели звичайної в кінцевій концентрації 5 мг/мл порівняно з необробленими зразками. Обробка еритроцитів людини екстрактами ягід омели в кінцевій концентрації 2,5 мг/мл призвела до статистично істотного зниження рівнів альдегідних похідних окиснювально модифікованих білків. Зниження становило 24,1% ( $p < 0,05$ ). Після інкубації еритроцитів з екстрактами ягід омели, рівні кетонів похідних були на тому ж рівні, що і в необроблених зразках. Обробка еритроцитів людини екстрактами ягід омели білої в кінцевій концентрації 2,5 мг/мл призвела до статистично неістотного зниження рівнів кетонів похідних окиснювально модифікованих білків. Рівні загальної антиоксидантної активності (TAC) в еритроцитах були підвищені (на 29%,  $p < 0,05$ ) після інкубації *in vitro* з екстрактами ягід омели (кінцева концентрація 5 мг/мл) порівняно з необробленими зразками. Рівні TAC в еритроцитах людини після інкубації *in vitro* з екстрактами ягід омели (кінцева концентрація 2,5 мг/мл) були на тому ж рівні, що й у необроблених зразках. Майбутні дослідження можуть доповнити поточні результати, щоб краще зрозуміти антиоксидантні властивості екстрактів ягід омели, з потенціалом для розробки засобів лікування та продуктів із використанням цих екстрактів.

**Ключові слова:** омела звичайна (*Viscum album* L.), кров людини, екстракти, реактивні речовини, які взаємодіють з 2-тіобарбітуровою кислотою (TBARS), карбонільні похідні окиснювально модифікованих білків, загальна антиоксидантна активність (TAC).



## Introduction

Oxidative stress, or the uncontrolled increase in free radical reactions, is a pressing problem in medicine and biology. Its development is the main pathogenetic mechanism in the development of many human diseases (Luo et al., 2020; Hajam et al., 2022; Teleanu et al., 2022). As a result of the activation of free radical processes, oxidative modification of biomolecules (proteins, lipids, nucleic acids) occurs, ultimately leading to cell and organ damage and death (Liu et al., 2022). From birth, the human body has an antioxidant defence system that protects cell membranes from potentially dangerous reactions that cause them to oxidise. However, this protection weakens over time and needs to be constantly replenished and supported (Benzie, 2000; Tiberi et al., 2023).

The problems of chemical regulation of oxidative stress and the search for biologically active substances with antioxidant activity are the focus of many researchers. At present, there is a constant search for new drugs that are alternatives to synthetic substances, with high biological activity, low toxicity and no side effects (Valko et al., 2007; Demirci-Çekiç et al., 2022). Antioxidants of plant origin and natural composition have a number of advantages over synthetic antioxidants; they provide a fairly wide range of beneficial physiological effects on the body. The chemically similar structure of plant biologically active substances (BAS) to the structure of metabolites in the human body increases the availability of drugs of natural origin for the effective influence of human enzyme systems, which influences the efficacy of such drugs and makes them quite safe (Amarowicz & Pegg, 2019; Lourenço et al., 2019). Plant antioxidants bind free radicals, suppress free radical oxidation reactions and thus create normal conditions for metabolism (Liu, 2013). A number of biologically active plant compounds (polyphenols: flavonoids, tannins, ascorbic acid, etc.) have pronounced antioxidant properties (Carlsen et al., 2010; Kozłowska & Szostak-Wegierek, 2014). Currently, the introduction of natural antioxidants into products of the food, pharmacological and especially cosmetic industries of natural components is actively used, with special attention being paid to local plant raw materials due to their easy availability and renewability (Halvorsen et al., 2002; Tapsell et al., 2006).

Radical scavenging activity and protective effects against oxidative stress caused by free

radicals, nitric oxide and superoxide anion have been demonstrated for a number of mistletoe extracts and isolated lectins (Kim et al., 2010; Patil et al., 2011). As a medicinal plant, mistletoe (*Viscum album* L.) has a long history of use in both formal and folk medicine, and has become an indispensable ingredient in many remedies (Nazaruk & Orlikowski, 2016). Tea made from mistletoe leaves is used to treat high blood pressure, menopausal symptoms, heavy menstrual periods, uterine bleeding, gastrointestinal bleeding, haemorrhoids, chronic joint problems and bronchial asthma (Kim et al., 2015). Mistletoe has excellent hypotensive, nervous system calming, analgesic, astringent, antitumour and haemostatic properties (Sunjic et al., 2015; Nazaruk & Orlikowski, 2016; Thronicke et al., 2022). By increasing the tone of the blood vessels, mistletoe tea also helps with poor health, loss of strength and dizziness (especially in old age) (Nazaruk & Orlikowski, 2016; Nicoletti, 2023). Mistletoe also stimulates the appetite, increases the secretion of gastric juices, improves metabolism and helps to remove cholesterol from the body. It has a detoxifying, choleric and tonic effect (Kienle & Kiene, 2010).

Mistletoe is an evergreen parasitic plant that has leaves and the ability to photosynthesise, but no root system of its own, so it cannot feed on soil substrates (Mistletoe, 1988). Mistletoe is fed by donor plants to whose branches it is attached. It parasitises almost 40 species of trees, including maple, pine, willow, birch, false acacia, rowan, lime, chestnut, pine and fir. The most susceptible species are poplar, birch, lime and some fruit trees such as apple and pear. The most common trees on which mistletoe is found are poplar, apple and pear. After settling on the top of a tree or its branches, it grows into a dense green shrub (Kienle et al., 2011).

Mistletoe contains a number of biologically active substances. Among the best described and most active phytochemicals identified in *V. album* are lectins and viscotoxins, which play an important role in cancer treatment due to their apoptotic and cytotoxic effects (Nazaruk and Orlikowski, 2016). Preclinical studies have demonstrated cytotoxic, apoptosis-inducing and immunomodulatory effects of *V. album* lectins and viscotoxins (Melzer et al., 2009; Rostock, 2020). Another group of compounds found in mistletoe are phenolic acids, phenylpropanoids and flavonoids, which have antioxidant and anti-inflammatory activities and reduce blood pressure (Radenkovic et al.,

2009; Nazaruk & Orlikowski, 2016; Nicoletti, 2023). Other mistletoe constituents include triterpenes with cytotoxic and apoptotic properties, phytosterols, oligo- and polysaccharides (Khwaja et al., 2008; Nazaruk & Orlikowski, 2016; Beztsinna et al., 2018).

The aim of the present study was to determine the antioxidant activity of extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*). For this purpose, biomarkers of oxidative stress [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as a biomarker of lipid peroxidation, carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins, total antioxidant capacity (TAC)] were used in the human blood after *in vitro* incubation with extracts derived from the berries of *Viscum album* at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL).

### Material and methodology

**Collection of Plant Material.** The plant material of apple tree (*Malus* Mill.) was collected in Dubno (50°23'35"N 25°44'06"E), a town and village on the Ikva River in Rivne Oblast (province), western Ukraine. It serves as the administrative centre of Dubno Raion (district). Freshly picked fruits were washed, weighed, crushed and homogenised in 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) (at a ratio of 1:19, w/w) at room temperature and centrifuged at 3,000 rpm for 5 min. The extracts were then filtered and used for analysis. The supernatants were stored at -20°C in bottles protected with laminated paper until needed. This work was supported by the Pomeranian University in Słupsk (Poland) in collaboration with H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University (Kharkiv, Ukraine) and Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine). The authors acknowledge and are grateful for the support of the International Visegrad Fund.

**Collection of blood samples.** Blood (10 mL) was collected from healthy volunteers by venipuncture. The study was approved by the Regional Research Ethics Committee of the Medical University of Gdansk, Poland (KB-31/18). All patients gave written informed consent before the start of the study procedures. Blood samples were drawn into commercially available tubes after overnight fasting. Venous blood samples (10 mL) were obtained from the antecubital vein of each participant using sterile disposable plastic syringes. Samples were collected at the same standardised time to minimise the effect of diurnal variation. Blood was kept on ice until centrifuged at 3,000

rpm for 5 minutes. The plasma was removed. The erythrocyte suspension (one volume) was washed three times with five volumes of saline and centrifuged at 3,000 rpm for 5 minutes.

**Experimental design.** The erythrocyte suspensions were used for incubation with mistletoe berry extracts, followed by determination of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), carbonyl derivatives of protein oxidative modification, and total antioxidant capacity (TAC). The erythrocyte suspension samples were pre-incubated with 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) (control) and with mistletoe berry extracts (at final concentrations of 5 and 2.5 mg/mL) at 37°C for 60 minutes. This reaction mixture was gently shaken at fixed intervals during incubation at 37°C. A 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) was used as a positive control.

**The 2-Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay.** The level of lipid peroxidation was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) using the method of Buege and Aust (1978) for the determination of malonic dialdehyde (MDA) concentration. This method is based on the reaction of the degradation product of lipid peroxidation, MDA, with 2-thiobarbituric acid (TBA) under high temperature and acidity to form a coloured adduct which is measured spectrophotometrically. The nmol of MDA per mL was calculated using an extinction coefficient of  $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

**Carbonyl groups of the oxidatively modified proteins assay.** Carbonyl groups were measured as an indication of oxidative damage to proteins according to the method of Levine and co-workers (1990) with some modification. Carbonyl content was measured spectrophotometrically at 370 nm (aldehydic derivatives,  $\text{OMP}_{370}$ ) and 430 nm (ketonic derivatives,  $\text{OMP}_{430}$ ) (molar extinction coefficient  $22,000 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) and expressed as nmol per mL.

**Total antioxidant capacity (TAC) assay.** Blood TAC levels were estimated by measuring TBARS levels after oxidation of Tween 80 as described previously (Kurhaluk et al., 2023). Blood inhibits the  $\text{Fe}^{2+}$ /ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. The absorbance of the solution obtained was measured at 532 nm. The absorbance of the blank was defined as 100%. The content of TAC in the sample (%) was calculated from the absorbance of the blank.

**Statistical analysis.** The mean  $\pm$  S.E.M. values were calculated for each group to determine the significance of the difference between the groups. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests ( $p > 0.05$ ). The significance of differences between the levels of oxidative stress biomarkers (significance level,  $p < 0.05$ ) was tested using the Kruskal-Wallis one-way analysis of variance (Zar, 1999). All statistical calculations were performed on separate data from each individual using STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software Inc., USA).

### Results and discussion

The TBARS assay measures malondialdehyde (MDA) present in a sample as well as malondialdehyde formed from lipid hydroperoxides under hydrolytic reaction conditions. Malondialdehyde (MDA) is one of many low molecular weight end products of LPO (Khalili & Biloklytska, 2008). The levels of TBARS as a biomarker of lipid peroxidation, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP), and total antioxidant capacity (TAC) in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*) at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL) were assessed and shown in Figures 1-3.

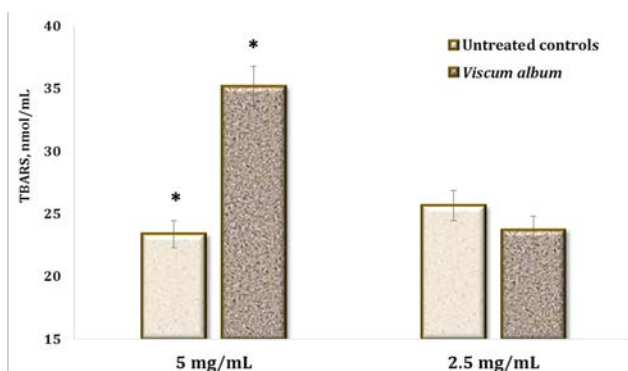


Fig. 1. TBARS content, as a biomarker of lipid peroxidation, in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*) at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL) ( $M \pm m$ ,  $n = 8$ ). \* – statistically significant differences between treated and untreated samples ( $p < 0.05$ ).

As shown in Figure 1, treatment with mistletoe berry extracts resulted in a significant increase in TBARS levels ( $35.17 \pm 1.63$  nmol/mL) in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts at final concentrations of 5 mg/mL compared to

untreated samples ( $23.38 \pm 1.08$  nmol/mL). A statistically significant increase in TBARS levels (by 50.4%  $p < 0.05$ ) was observed for the extract at final concentrations of 5 mg/mL. On the other hand, a statistically non-significant decrease in TBARS levels (by 7.6%  $p > 0.05$ ) was observed for the extract at a final concentration of 2.5 mg/mL (Fig. 1).

Under the influence of ROS, carbonyl groups (aldehyde or ketone) are formed at the ends of the protein chain, particularly at proline, arginine, lysine and threonine residues, forming 2-pyrrolidone, glutamic semialdehyde,  $\alpha$ -amino adipic semialdehyde and 2-amino-3-ketobutyric acid, respectively (Dalle-Donne et al., 2003). These fragments are chemically stable, which is useful for their assay. In addition, protein carbonyl derivatives can be obtained by oxidative cleavage of the protein chain, either by  $\alpha$ -amidation or by oxidation of the glutamyl end of the protein chain, resulting in a peptide in which the N-terminus is blocked by a carbonyl derivative (Berlett & Stadtman, 1997). Carbonyl groups can be introduced into the protein chain by secondary exposure to both lipid peroxidation products (4-hydroxy-2-nonenal, malondialdehyde, 2-propenal or acrolein) and reactive carbonyl compounds (ketoamines, ketoaldehydes) formed during the metabolism of carbohydrates or their oxidised products that are tropic to lysine residues (glycation and glycosylation reactions). Glycosylation reactions produce carboxymethyllysine and pentosidine. LPO-induced oxidative modification of proteins produces malondialdehyde-lysine and 4-hydroxynonenal-peptide products (Berlett & Stadtman, 1997; Squier, 2001).

The levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*) at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL) are shown in Figure 2.

The levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins were increased in samples treated *in vitro* with mistletoe berry extracts at a final concentration of 5 mg/mL ( $12.84 \pm 0.60$  nmol/mL) compared to untreated samples ( $9.89 \pm 0.46$  nmol/mL), and this increase was statistically significant (by 29.8%,  $p < 0.05$ ). Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/mL resulted in a statistically significant decrease in the levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified

proteins to ( $5.85 \pm 0.27$  nmol/mL) compared with untreated samples ( $7.71 \pm 0.36$  nmol/mL). The reduction was 24.1% ( $p < 0.05$ ) (Fig. 2).

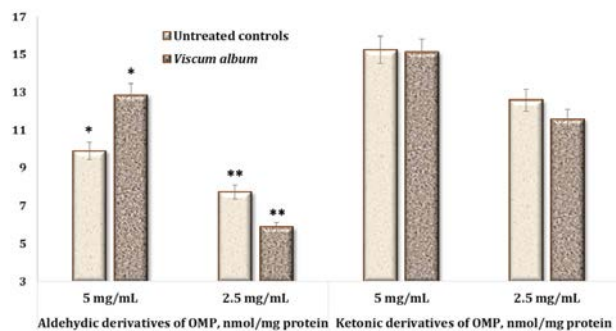


Fig. 2. Levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*) at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL) ( $M \pm m$ ,  $n = 8$ ).

\*– statistically significant differences between treated and untreated samples at final concentration 5 mg/mL ( $p < 0.05$ );  
 \*\*– statistically significant differences between treated and untreated samples at final concentration 2.5 mg/mL ( $p < 0.05$ )

When human erythrocytes were incubated with mistletoe berry extracts, the levels of ketonic derivatives of OMP ( $15.12 \pm 0.70$  nmol/mL) were at the same level as untreated samples ( $15.23 \pm 0.71$  nmol/mL). Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/ml resulted in a statistically non-significant decrease in the levels of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins to ( $11.57 \pm 0.54$  nmol/mL) compared to untreated samples ( $12.54 \pm 0.58$  nmol/mL). The reduction was 7.7% ( $p > 0.05$ ) (Fig. 2).

Total antioxidant capacity is an indicator of the body's antioxidant system, which protects the body from the toxic effects of a number of oxygen compounds produced in the body, such as oxygen ions, peroxides and free radicals (Bartosz, 2003). Total antioxidant capacity (TAC) levels in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts from mistletoe berries at two final concentrations (5 and 2.5 mg/ml) are shown in Fig. 3.

In the current study, TAC levels in human erythrocytes were increased to ( $85.75 \pm 3.98\%$ ) after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration 5 mg/mL) compared to untreated samples ( $66.48 \pm 3.08\%$ ). This represented a 29% ( $p < 0.05$ )

increase in TAC levels compared to untreated samples. TAC levels in human erythrocytes after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration 2.5 mg/ml) were at the same level ( $70.16 \pm 3.25\%$ ) compared to untreated samples ( $70.55 \pm 3.27\%$ ) (Fig. 3).

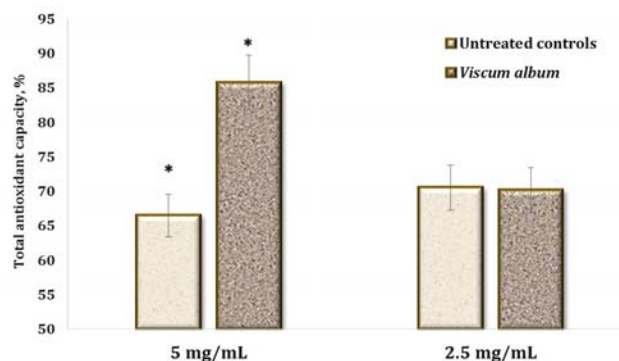


Fig. 3. Total antioxidant capacity (TAC) levels in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*) at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL) ( $M \pm m$ ,  $n = 8$ ).

\*– statistically significant differences between treated and untreated samples at final concentration 5 mg/mL ( $p < 0.05$ )

The results of the current study demonstrated the antioxidant properties of mistletoe berry extracts at final concentration of 2.5 mg/mL after incubation with human erythrocytes. The results of the current study are similar to those of other researchers who have demonstrated the antioxidant capacity of numerous mistletoe extracts. For example, the epiphyte *V. album* was shown to vary with the type of host plant and extraction solvent. Majeed and co-workers (2021) evaluated the antioxidant profile of the medicinal epiphyte *V. album* harvested from three tree species, namely *Populus ciliata* L., *Ulmus villosa* L., and *Juglans regia* L. The crude extracts were obtained with ethanol, methanol and water and were evaluated for total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC) and antioxidant activities using total reducing power (TRP), ferric reducing antioxidant power (FRAP), 1, 1-diphenyl 1-2-picryl-hydrazyl (DPPH), superoxide radical scavenging (SOR) and hydroxyl radical scavenging (-OH) assays. The results of these researchers showed that crude leaf extracts of plants harvested from the host *J. regia* exhibited higher yields of phytochemical constituents and significant antioxidant properties. The ethanolic leaf samples showed the highest levels of phenolics

(13.46 ± 0.87 mg/g), flavonoids (2.38 ± 0.04 mg/g), FRAP (500.63 ± 12.58 µM Fe II/g DW) and DPPH (87.26% ± 0.30 mg/mL). In addition, the highest values for TRP (4.24 ± 0.26 µg/mL), SOR (89.79% ± 0.73 mg/mL) and OH (67.16% ± 1.15 mg/mL) were obtained from aqueous leaf extracts. Furthermore, Pearson correlation was used to quantify the relationship between TPC, TFC and antioxidant (FRAP, DPPH, SOR, OH) activities in *V. album* compared to their hosts (Majeed et al., 2021).

Kleszken and co-workers (2022) studied the influence of mistletoe on the content of chlorophylls, proline, total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity of leaves of host trees (*Malus domestica*, *Prunus domestica* and *Populus alba*) growing in north-western Romania. Based on HPLC chromatographic analysis, the leaves of mistletoe growing on apple (VAM) had the highest content of phenolic acids (7.833 mg/g dw), followed by poplar (VAO) and plum (VAP) mistletoe leaves (7.033 mg/g dw and 5.559 mg/g dw, respectively). Among the flavonols, rhamnazin glucosides were the predominant component in VAO (1.025 ± 0.08 mg/g dw), followed by VAP and VAM (0.514 ± 0.04 and 0.478 ± 0.04 mg/g dw, respectively) (Kleszken et al., 2022).

The enhanced antioxidant activity of fermented Korean mistletoe (KM) is due to an increase in the levels of caffeic acid and lyoniresinol, as demonstrated by Kim and co-workers (2016). The KM extract showed enhanced antioxidant activity in 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Trolox equivalent antioxidant capacity and 5-(and-6)-chloromethyl-2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate acetyl ester assays after fermentation with a crude enzyme extract from a soybean paste fungus, *Aspergillus kawachii*. High-performance liquid chromatography analysis revealed four elevated peaks in the enzyme-treated KM. The elevated peaks were isolated and identified as caffeic acid (1), hesperetin (2), syringaldehyde (3) and lyoniresinol (4). Of the four compounds, only 1 and 4 showed strong antioxidant activity. Therefore, fermentation increased the content of 1 and 4, which consequently increased the antioxidant activity of KM (Kim et al., 2016).

Stefanucci and co-workers (2020) described the chemical profiles and biological activities of homogeniser-assisted extract (HAE) and ultrasound-assisted extract (UAE) of *V. album* parts (leaf, fruit and seeds). Antioxidant (radical scavenging, reducing power, metal chelation and phosphomolybdenum assays) and enzyme inhibitory (cholinesterases, amylase,

glucosidase and tyrosinase) properties were selected for biological evaluation. Chemical profiles were studied by HPLC-MS/MS and 32 compounds were identified in the extracts; caffeoylquinic acids and their derivatives, dimethylated flavonoids were the most significant compounds. In general, the leaf extracts showed the best antioxidant and enzyme inhibitory effects in tests. Strong correlations were observed between total bioactive compounds and the parameters tested (Stefanucci et al., 2020).

A conventional experimental rat model of streptozotocin (STZ)-induced diabetes was used to evaluate the effect of mistletoe on lipid peroxidation and the antioxidant system. Orhan and co-workers (2005) investigated the hypoglycaemic effect and antioxidant activity of three subspecies of European mistletoe in streptozotocin-induced diabetic rats. The antioxidant activity of these extracts was also investigated in liver, kidney and heart tissues of streptozotocin-induced diabetic rats after subacute administration. To determine the antioxidant activity of the extracts, tissue MDA and GSH levels were measured using spectrophotometric methods. The results of the experiments showed that European mistletoe subspecies possess potent antihyperglycaemic and antioxidant activity depending on the host plant (Orhan et al., 2005). Also, Turkkan and co-workers (2016) studied the prophylactic effect of *V. album* in streptozotocin-induced diabetic rats. A total of 32 adult male Sprague-Dawley rats were divided into 4 groups of 8 rats each: Control group, STZ group, mistletoe group, and mistletoe + STZ group. VA extract was 100 mg/kg preparation administered once a day by oral gavage for 10 days. A single dose of 55 mg/kg STZ citrate buffer (0.1 M, pH 4.5) was administered intraperitoneally to induce diabetes. Fasting blood glucose was measured and recorded. Animals were sacrificed and catalase (CAT), malondialdehyde (MDA) and protein were measured in liver and kidney tissue samples. Mistletoe given to diabetic rats reduced oxidative stress and improved their general condition (Turkkan et al., 2016).

The antioxidant properties of mistletoe extract administration significantly reduced acute oxidative stress and hepatocellular damage in rats with hepatocellular injury. The protective effect of a mistletoe extract (Helixor<sup>®</sup>, HLX) on itraconazole (ITZ)-induced hepatocellular injury and acute oxidative stress in rats was investigated by Çetin and co-workers (2023) using histological,

biochemical and comet assay methods. Four groups, a control group, an HLX group (5mg/kg/14days/i.p.), an ITZ group (100mg/kg/14days/oral) and an HLX plus ITZ group (5mg/kg/14days/ip+100mg/kg/14days/oral) were created from 32 female Wistar albino rats. At the end of the experiment, AST and ALT liver enzymes, total oxidant status (TOS) and total antioxidant status (TAS) levels, histopathological analysis and comet assay were performed. The highest genotoxicity, higher levels of plasma AST and ALT, higher TOS, more degenerative liver histopathology including hepatocyte degeneration, hepatocyte apoptosis and necrosis, portal/periportal inflammation, bile duct hyperplasia and multinucleated giant cell formation were observed in the ITZ group ( $p < 0.05$ ). In contrast, administration of HLX plus ITZ improved histopathological changes and DNA damage and showed a dramatic decrease in AST, ALT and TOS levels ( $p < 0.05$ ) and an increase in TAS level ( $p < 0.001$ ) compared to the ITZ group (Çetin et al., 2023).

### Conclusions

In the present study, we determined the antioxidant activity of extracts derived from the berries of mistletoe (*Viscum album*). For this purpose, biomarkers of oxidative stress [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as a biomarker of lipid peroxidation, carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins, total antioxidant capacity (TAC)] were used in human blood after *in vitro* incubation with extracts derived from mistletoe berries of at two final concentrations (5 and 2.5 mg/mL). The results of our study showed that treatment with mistletoe berry extracts resulted in a significant increase in TBARS levels in human erythrocytes after *in vitro* treatment with extracts at final concentrations of 5 mg/mL

compared to untreated samples. On the other hand, a statistically non-significant decrease in TBARS levels was observed for the extract at a final concentration of 2.5 mg/mL.

The levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins were statistically significantly increased in samples treated *in vitro* with mistletoe berry extracts at a final concentration of 5 mg/mL compared to untreated samples. Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/mL resulted in a statistically significant decrease in the levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins. The reduction was 24.1% ( $p < 0.05$ ). When human erythrocytes were incubated with mistletoe berry extracts, the levels of ketonic derivatives of OMP were at the same level as in untreated samples. Treatment of human erythrocytes with mistletoe berry extracts at a final concentration of 2.5 mg/ml resulted in a statistically non-significant decrease in the levels of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins. TAC levels in human erythrocytes were increased after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration 5 mg/mL) compared to untreated samples. This represented a 29% ( $p < 0.05$ ) increase in TAC levels compared to untreated samples. TAC levels in human erythrocytes after *in vitro* incubation with mistletoe berry extracts (final concentration 2.5 mg/mL) were at the same level as in untreated samples. Future studies can add to the current findings to better understand the antioxidant properties of mistletoe berry extracts, with the potential to develop treatments and products using these extracts.

**Acknowledgments.** The authors would like to thank the International Visegrad Fund for supporting this study.

### References

- Amarowicz, R., & Pegg, R.B. (2019). Natural antioxidants of plant origin. *Advances in food and nutrition research*, 90, 1–81. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.011> [in English].
- Bartosz, G. (2003). Total antioxidant capacity. *Advances in clinical chemistry*, 37, 219–292. [https://doi.org/10.1016/s0065-2423\(03\)37010-6](https://doi.org/10.1016/s0065-2423(03)37010-6) [in English].
- Benzie, I.F. (2000). Evolution of antioxidant defence mechanisms. *European journal of nutrition*, 39 (2), 53–61. <https://doi.org/10.1007/s003940070030> [in English].
- Berlett, B.S., & Stadtman, E.R. (1997). Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. *The Journal of biological chemistry*, 272 (33), 20313–20316. <https://doi.org/10.1074/jbc.272.33.20313> [in English].
- Beztsinna, N., de Matos, M.B.C., Walther, J., Heyder, C., Hildebrandt, E., Lenewit, G., Mastrobattista, E., & Kok, R.J. (2018). Quantitative analysis of receptor-mediated uptake and pro-apoptotic activity of mistletoe lectin-1 by high content imaging. *Scientific reports*, 8 (1), 2768. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20915-y> [in English].

- Buege, J.A., & Aust, S.D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol*, 52, 302-310. [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6) [in English].
- Carlsen, M.H., Halvorsen, B.L., Holte, K., Bøhn, S.K., Dragland, S., Sampson, L., Willey, C., Senoo, H., Umezono, Y., Sanada, C., Barikmo, I., Berhe, N., Willett, W. C., Phillips, K. M., Jacobs, D.R., Jr, & Blomhoff, R. (2010). The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition journal*, 9, 3. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3> [in English].
- Çetin, E.S., Sozen, H., Celik, O.I., Cigerci, I.H., & Yilmaz, N. (2023). Mistletoe (*Viscum album* L.) extract attenuates itraconazole-induced acute oxidative stress and hepatocellular injury in rats. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 36 (1), 9–16 [in English].
- Dalle-Donne, I., Rossi, R., Giustarini, D., Milzani, A., & Colombo, R. (2003). Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 329 (1-2), 23–38. [https://doi.org/10.1016/s0009-8981\(03\)00003-2](https://doi.org/10.1016/s0009-8981(03)00003-2) [in English].
- Demirci-Çekiç, S., Özkan, G., Avan, A.N., Uzunboy, S., Çapanoğlu, E., & Apak, R. (2022). Biomarkers of Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 209, 114477. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.114477> [in English].
- Hajam, Y.A., Rani, R., Ganie, S.Y., Sheikh, T.A., Javaid, D., Qadri, S.S., Pramodh, S., Alsulimani, A., Alkhanani, M.F., Harakeh, S., Hussain, A., Haque, S., & Reshi, M.S. (2022). Oxidative Stress in Human Pathology and Aging: Molecular Mechanisms and Perspectives. *Cells*, 11 (3), 552. <https://doi.org/10.3390/cells11030552> [in English].
- Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A.B., Haffner, K., Baugerød, H., Andersen, L.F., Moskaug, Ø., Jacobs, D.R., Jr, & Blomhoff, R. (2002). A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *The Journal of nutrition*, 132 (3), 461–471. <https://doi.org/10.1093/jn/132.3.461> [in English].
- Khalili, J., & Biloklytska, H.F. (2008). Salivary malondialdehyde levels in clinically healthy and periodontal diseased individuals. *Oral diseases*, 14 (8), 754–760. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2008.01464.x> [in English].
- Khwaja, T.A., Wajahat, T., Ahmad, I., Hoessli, D.C., Walker-Nasir, E., Kaleem, A., Qazi, W.M., Shakoori, A.R., & Din, N.U. (2008). *In silico* modulation of apoptotic Bcl-2 proteins by mistletoe lectin-1: functional consequences of protein modifications. *Journal of cellular biochemistry*, 103 (2), 479–491. <https://doi.org/10.1002/jcb.21412> [in English].
- Kienle, G.S., & Kiene, H. (2010). Review article: Influence of *Viscum album* L (European mistletoe) extracts on quality of life in cancer patients: a systematic review of controlled clinical studies. *Integrative cancer therapies*, 9 (2), 142–157. <https://doi.org/10.1177/1534735410369673> [in English].
- Kienle, G.S., Grugel, R., & Kiene, H. (2011). Safety of higher dosages of *Viscum album* L. in animals and humans – systematic review of immune changes and safety parameters. *BMC complementary and alternative medicine*, 11, 72. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-11-72> [in English].
- Kim, B.K., Choi, M.J., Park, K.Y., & Cho, E.J. (2010). Protective effects of Korean mistletoe lectin on radical-induced oxidative stress. *Biological & pharmaceutical bulletin*, 33 (7), 1152–1158. <https://doi.org/10.1248/bpb.33.1152> [in English].
- Kim, M.J., Park, J.H., Kwon, D.Y., Yang, H.J., Kim, D.S., Kang, S., Shin, B.K., Moon, N.R., Song, B.S., Kim, J.H., & Park, S. (2015). The supplementation of Korean mistletoe water extracts reduces hot flushes, dyslipidemia, hepatic steatosis, and muscle loss in ovariectomized rats. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)*, 240 (4), 477–487. <https://doi.org/10.1177/1535370214551693> [in English].
- Kim, S.Y., Yang, E.J., Son, Y.K., Yeo, J.H., & Song, K.S. (2016). Enhanced anti-oxidative effect of fermented Korean mistletoe is originated from an increase in the contents of caffeic acid and lyoniresinol. *Food & function*, 7 (5), 2270–2277. <https://doi.org/10.1039/c6fo00138f> [in English].
- Kleszken, E., Purcarea, C., Pallag, A., Ranga, F., Memete, A.R., Miere Groza, F., & Vicas, S.I. (2022). Phytochemical Profile and Antioxidant Capacity of *Viscum album* L. subsp. *album* and Effects on Its Host Trees. *Plants (Basel, Switzerland)*, 11 (22), 3021. <https://doi.org/10.3390/plants11223021> [in English].
- Kozłowska, A., & Szostak-Wegierek, D. (2014). Flavonoids – food sources and health benefits. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 65 (2), 79–85 [in English].
- Kurhaluk, N., Tkachenko, H., & Tomin, V. (2023). *In vitro* impact of a combination of red and infrared LEDs, infrared laser and magnetic field on biomarkers of oxidative stress and hemolysis

of erythrocytes sampled from healthy individuals and diabetes patients. *Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology*, 242, 112685. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2023.112685> [in English].

Levine, R.L., Garland, D., Oliver, C.N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A.G., Ahn, B.W., Shaltiel, S., & Stadtman, E.R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in enzymology*, 186, 464–478. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86141-h](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h) [in English].

Liu, R.H. (2013). Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal of food science*, 78 Suppl 1, A18–A25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101> [in English].

Liu, X., Hussain, R., Mehmood, K., Tang, Z., Zhang, H., & Li, Y. (2022). Mitochondrial-Endoplasmic Reticulum Communication-Mediated Oxidative Stress and Autophagy. *BioMed research international* <https://doi.org/10.1155/2022/6459585> [in English].

Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., & Alves, V.D. (2019). Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24 (22), 4132. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132> [in English].

Luo, J., Mills, K., le Cessie, S., Noordam, R., & van Heemst, D. (2020). Ageing, age-related diseases and oxidative stress: What to do next? *Ageing research reviews*, 57, 100982. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2019.100982> [in English].

Majeed, M., Pirezadah, T.B., Mir, M.A., Hakeem, K.R., Alharby, H.F., Alsamadany, H., Bamagoos, A.A., & Rehman, R.U. (2021). Comparative Study on Phytochemical Profile and Antioxidant Activity of an Epiphyte, *Viscum album* L. (White Berry Mistletoe), *Derived from Different Host Trees*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10 (6), 1191. <https://doi.org/10.3390/plants10061191> [in English].

Melzer, J., Iten, F., Hostanska, K., & Saller, R. (2009). Efficacy and safety of mistletoe preparations (*Viscum album*) for patients with cancer diseases. A systematic review. *Forschende Komplementarmedizin (2006)*, 16 (4), 217–226. <https://doi.org/10.1159/000226249> [in English].

Mistletoe. (1987). Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain), 2(13), 28. <https://doi.org/10.7748/ns.2.13.28.s62> [in English].

Nazaruk, J., & Orlikowski, P. (2016). Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. *Natural product research*, 30 (4), 373–385. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1022776> [in English].

Nicoletti, M. (2023). The Anti-Inflammatory Activity of *Viscum album*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12 (7), 1460. <https://doi.org/10.3390/plants12071460> [in English].

Orhan, D.D., Aslan, M., Sendogdu, N., Ergun, F., & Yesilada, E. (2005). Evaluation of the hypoglycemic effect and antioxidant activity of three *Viscum album* subspecies (European mistletoe) in streptozotocin-diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology*, 98 (1-2), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.12.033> [in English].

Patil, S., Anarthe, S., Jadhav, R., & Surana, S. (2011). Evaluation of Anti-Inflammatory Activity and *In vitro* Antioxidant Activity of Indian Mistletoe, the Hemiparasite *Dendrophthoe falcate* L. F. (Loranthaceae). *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 10 (2), 253–259 [in English].

Radenkovic, M., Ivetic, V., Popovic, M., Brankovic, S., & Gvozdenovic, L. (2009). Effects of mistletoe (*Viscum album* L., Loranthaceae) extracts on arterial blood pressure in rats treated with atropine sulfate and hexocycline. *Clinical and experimental hypertension (New York, N.Y.: 1993)*, 31 (1), 11–19. <https://doi.org/10.1080/10641960802409820> [in English].

Rostock, M. (2020). Die Misteltherapie in der Behandlung von Patienten mit einer Krebserkrankung [Mistletoe in the treatment of cancer patients]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 63 (5), 535–540. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03122-x> [in English].

Squier, T.C. (2001). Oxidative stress and protein aggregation during biological aging. *Experimental gerontology*, 36 (9), 1539–1550. [https://doi.org/10.1016/s0531-5565\(01\)00139-5](https://doi.org/10.1016/s0531-5565(01)00139-5) [in English].

Stefanucci, A., Zengin, G., Llorent-Martinez, E.J., Dimmito, M.P., Della Valle, A., Pieretti, S., Ak, G., Sinan, K.I., & Mollica, A. (2020). *Viscum album* L. homogenizer-assisted and ultrasound-assisted extracts as potential sources of bioactive compounds. *Journal of food biochemistry*, 44 (9), e13377. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13377> [in English].

Sunjic, S.B., Gasparovic, A.C., Vukovic, T., Weiss, T., Weiss, E.S., Soldo, I., Djakovic, N., Zarkovic, T., & Zarkovic, N. (2015). Adjuvant Cancer Biotherapy by *Viscum Album* Extract Isorel: Overview of Evidence Based Medicine Findings. *Collegium antropologicum*, 39 (3), 701–708 [in English].

Tapsell, L.C., Hemphill, I., Cobiac, L., Patch, C.S., Sullivan, D.R., Fenech, M., Roodenrys, S., Keogh, J.B., Clifton, P.M., Williams, P.G., Fazio, V.A., & Inge, K.E. (2006). Health benefits of herbs



and spices: the past, the present, the future. *The Medical journal of Australia*, 185 (S4), S1–S24. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2006.tb00548.x> [in English].

Teleanu, D.M., Niculescu, A.G., Lungu, I.I., Radu, C.I., Vladăcenco, O., Roza, E., Costăchescu, B., Grumezescu, A.M., & Teleanu, R.I. (2022). An Overview of Oxidative Stress, Neuroinflammation, and Neurodegenerative Diseases. *International journal of molecular sciences*, 23 (11), 5938. <https://doi.org/10.3390/ijms23115938> [in English].

Thronicke, A., Schad, F., Debus, M., Grabowski, J., & Soldner, G. (2022). *Viscum album* L. Therapy in Oncology: An Update on Current Evidence. *Viscum album* L. Therapie in der Onkologie: Ein Update zur bestehenden Evidenz. *Complementary medicine research*, 29 (4), 362–368. <https://doi.org/10.1159/000524184> [in English].

Tiberi, J., Cesarini, V., Stefanelli, R., Canterini, S., Fiorenza, M.T., & La Rosa, P. (2023). Sex differences in antioxidant defence and the regulation of redox homeostasis in physiology and pathology. *Mechanisms of ageing and development*, 211, 111802. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2023.111802> [in English].

Turkkan, A., Savas, H.B., Yavuz, B., Yigit, A., Uz, E., Bayram, N.A., & Kale, B. (2016). The prophylactic effect of *Viscum album* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Northern clinics of Istanbul*, 3 (2), 83–89. <https://doi.org/10.14744/nci.2016.22932> [in English].

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M.T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39 (1), 44–84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001> [in English].

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4<sup>th</sup> ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey [in English].

Отримано: 26.01.2024  
Прийнято: 20.02.2024



УДК 639.375

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.2>

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АКВАКУЛЬТУРИ РАКОПОДІБНИХ

**О. В. Іщук<sup>1</sup>, М. М. Світельський<sup>2</sup>, С. І. Матковська<sup>3</sup>,  
М. В. Слюсар<sup>4</sup>, І. І. Ковальчук<sup>5</sup>**

*Представлені дані про сучасний стан і тенденції розвитку світової аквакультури десятиногих раків. Найбільше промислове значення з представників класу вищих раків мають десятиногі ракоподібні. Показано, що технології вирощування ракоподібних у штучних умовах знаходяться на стадії розробки і безперервного вдосконалення, а спектр їх видів в аквакультурі постійно розширюється. Встановлено, що лідером аквакультури ракоподібних є такі країни, як Китай, Індонезія, В'єтнам, Індія, Еквадор, Тайланд, Бангладеш.*

*Представлена структура і об'єми вирощування основних культивованих видів. Необхідно зазначити, що в світовій аквакультурі зареєстровано близько 45 видів ракоподібних, основний об'єм продукції у загальній аквакультурі припадає на креветки, раки визначають лише 10%. При цьому понад 51% припадає на частку білоногої креветки.*

*Відображена проблема канібалізму, як стримуючого фактору застосування інтенсивних методів вирощування. Розміщення спеціальних укриттів, структурування простору істотно знижують канібалізм, проте не можуть повністю його виключити.*

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: Ischuk\_o@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-8993-8366

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
завідувач кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: svitmm71@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-1501-4168

<sup>3</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: matkovska@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-8019-5498

<sup>4</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: slusar\_nv@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-3668-2109

<sup>5</sup> кандидат ветеринарних наук, доцент  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: kovalchuk\_ira0982@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-2421-7533

Указані передумови, на яких базується розвиток аквакультури ракоподібних і її сучасний стан в Україні. Актуальним стає ще один сучасний напрямок аквакультури, мета якого – відновлення зниклих і поповнення існуючих природних популяцій. Основним методом для реалізації цього напрямку може стати створення комплексів для отримання молоді гідробіонтів у штучних умовах для її подальшого заселення у природні водні об'єкти (прісноводні раки, промислові види креветок). Зазначено, що одним із пріоритетних напрямків збереженні видового різноманіття гідробіонтів та їх чисельності є штучне відтворення із випуском молоді в природне середовище нативних видів ракоподібних, як прісноводних, так і морських.

**Ключові слова:** десятиногі ракоподібні, аквакультура, вирощування, канібалізм, креветки, річкові раки.

## CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS CRUSTACEANS AQUACULTURE

**O. V. Ishchuk, M. M. Svitelskyi, S. I. Matkovska, M. V. Sliusar, I. I. Kovalchuk**

*The article presents data on the current state and trends in the development of world aquaculture of ten-legged crayfish. Ten-legged crustaceans are of the greatest commercial importance among the representatives of the class of higher crayfish. It is emphasised that the technologies for growing crustaceans in artificial conditions are under development and continuous improvement, and the range of their species in aquaculture is constantly expanding. It is established that the leaders in crustacean aquaculture are such countries as China, Indonesia, Vietnam, India, Ecuador, Thailand, and Bangladesh. The structure and volumes of cultivation of the main cultivated species are presented. It should be noted that about 45 species of crustaceans are registered in the world aquaculture, with shrimps accounting for the bulk of the total aquaculture volume, while crayfish account for only 10%. At the same time, more than 51% is accounted for by the white-footed shrimp.*

*The problem of cannibalism as a deterrent to the use of intensive farming methods is highlighted. The placement of special shelters and structuring of space significantly reduces cannibalism, but cannot completely eliminate it.*

*These are the prerequisites for the development of crustacean aquaculture and its current state in Ukraine. Another modern direction of aquaculture is becoming relevant, which aims to restore endangered and replenish existing natural populations. The main method in this case may be the creation of complexes for obtaining young aquatic organisms in artificial conditions for their further settlement in natural reservoirs (freshwater crayfish, commercial shrimp species). It is noted that one of the priority areas for preserving the species diversity of aquatic organisms and their numbers is artificial reproduction with the release of young into the natural environment of native crustacean species, both freshwater and marine.*

**Key words:** decapod crustaceans, aquaculture, cultivation, cannibalism, shrimp, crayfish.

### Вступ

Останні 20-30 років світова аквакультура активно розвивається, нарощуючи свою частку у загальному виробництві гідробіонтів. На сьогоднішній день понад 48% рибної продукції вирощується в аквакультурі. В сфері споживання відбувається розширення переліку делікатесних видів гідробіонтів (у тому числі й ракоподібних). М'ясо ракоподібних – джерело повноцінного білка, жиру, а також цілого спектру необхідних організму людини мікроелементів і вітамінів (Алимов і Кононенко, 2011; Вдовенко, 2016; Кононенко та ін., 2016).

### Матеріал і методи

Аналіз, синтез, систематизація наукової інформації. Матеріалом для дослідження

були нормативні документи, наукові публікації і статистичні дані щодо вирощування ракоподібних в Україні та світі.

### Результати і обговорення

З екологічної точки зору найважливішою складовою аквакультури є штучне відтворення водних ресурсів і поповнення або відновлення чисельності їх природних популяцій, а також зняття частини промислового пресу за рахунок розширення об'ємів товарного вирощування гідробіонтів (Lucas et al., 2016; Dyudyaeva et al., 2020).

За даними The Food and Agriculture Organization (FAO) найбільше промислове значення з представників класу вищих раків мають десятиногі ракоподібні (*Decapoda*) –

чисельний ряд, що нараховує близько 15000 видів. Їх частка у загальному виробництві світової аквакультури становить близько 24%. Що стосується співвідношення кількості виловлених і вирощених ракоподібних, то аквакультура становить, 7 млн т і вже перевершує світовий вилов на 420 тис. тон. Таким чином, загальні об'єми виробництва ракоподібних в світі досягають 13,6 млн тон (The state ..., 2020).

При цьому ракоподібні – група гідробіонтів, технології вирощування яких в штучних умовах знаходяться на стадії розробки і безперервного вдосконалення, а спектр їх видів в аквакультурі постійно розширюється (Ackefors, 1998; Кудряшов і Кудряшова, 2014; Носенко, 2024).

Лідером щодо штучного розведення ракоподібних в умовах аквакультури безумовно є Китай, на його частку припадає 59% об'ємів вирощування. Це пояснюється гарними кліматичними умовами, давніми історичними традиціями аквакультури, високою чисельністю населення та попитом (рис. 1) (The state ..., 2020).

Серед інших країн лідерство за розведенням ракоподібних належить переважно країнам Азії: Індонезії (8,9%, 608 тис. т), В'єтнаму (7,4%, 612 тис. т), Індії (5,5%, 503 тис. т), Еквадору (4,8%, 403 тис. т), Тайланду (4,4%, 300 тис. т), Бангладеш (1,4%, 130 тис. т). Сумарно на ці країни припадає 90% продукції аквакультури десятиногих ракоподібних (див. рис. 1) (The state ..., 2020).

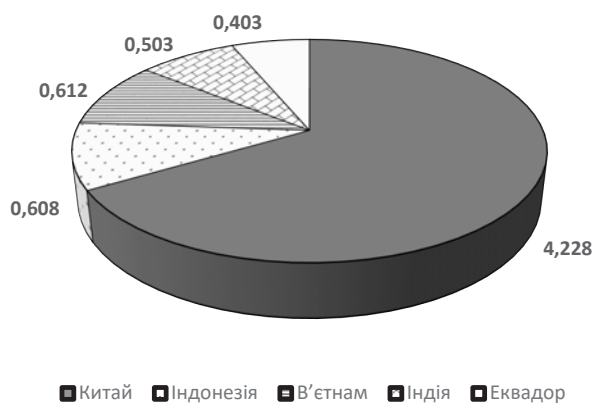


Рис. 1. Виробництво продукції аквакультури у світі, млн. т

В якості об'єктів аквакультури за статистикою ФАО згадується 45 видів ракоподібних: 26 видів креветок, 9 – крабів, 7 – річкових раків і 3 – лангустів. В загальному об'ємі аквакультури ракоподібних річкові раки

займають 10%, краби – 15% і основний об'єм припадає на креветки – 75 % (рис. 2) (Ackefors, 1998; The state ..., 2020).

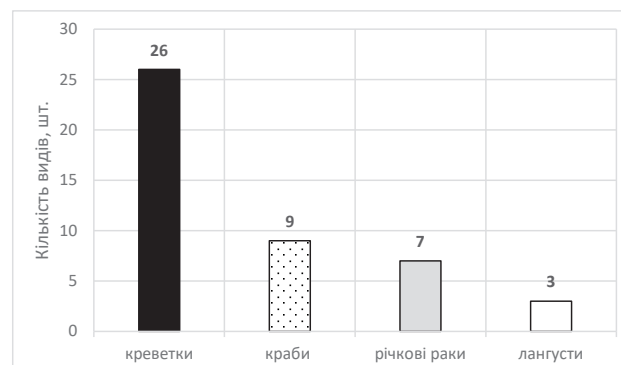


Рис. 2. Чисельність основних груп об'єктів аквакультури десятиногих раків

Не зважаючи на досить велику кількість видів, які є об'єктами аквакультури, основний об'єм товарної продукції припадає лише на декількох із них. Зокрема, об'єми виробництва понад 152 тис. на рік досягають лише 7 видів: білонога креветка (*Penaeus vannamei*) (4157 тис. т), китайський мохнаторукий краб (*Eriocheir sinensis*) (815 тис. т), червоний болотяний рак (*Procambarus clarkii*) (925 тис. т), тигрова креветка (*Penaeus monodon*) (703 тис. т), японська креветка (*Macrobrachium nipponense*) (274 тис. т), гігантська прісноводна креветка (*Macrobrachium rosenbergii*) (237 тис. т), вид мангрових крабів плавунців (*Scylla serrata*) (240 тис. т) (рис. 3). Сумарне виробництво цих видів становить близько 96% всього об'єму вирощених в аквакультурі десятиногих ракоподібних. При цьому понад 51% припадає на частку білонової креветки (Бродський, 1981; Дроник і Давидов, 2012; Ackefors, 1998; The state ..., 2020).

Всі ці види відносяться до теплолюбних організмів, для яких оптимум для росту й розвитку становить +26...+30°C; вони наділені високою швидкістю росту, мають широкий харчовий діапазон із переважанням тваринного компоненту в їжі. Більшість видів частину життєвого циклу проводять у морській або солонуватій воді. Досить часто розвиток личинок проходить в солоній воді, а ріст молоді – у воді з більш низькою солоністю або в прісних водоймах.

Зростання виробництва в аквакультурі білонової креветки спостерігається здебільшого в Азіатському регіоні з 2000 року, тоді як об'єми вирощування інших видів креветок досить стабільні.

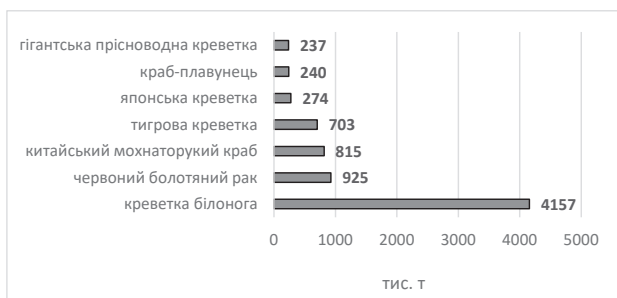


Рис. 3. Об'єми виробництва основних видів десятиногих ракоподібних у світі в 2022 році

Біотехніка культивування білонової креветки загалом схожа з біотехнікою культивування тигрової креветки. Проте, низка конкурентних переваг білонової креветки (зокрема: більша стійкість до захворювань; менший рівень агресії і канібалізму; нижчі затрати на корми у порівнянні з хижими тигровими креветками через меншу потребу в білках (18-35% і 36-42% відповідно), для більшості виробників стали визначальними у виборі об'єктів культивування (Poplavskaya et al., 2020).

На даний момент білоногу креветку вирощують у 40 країнах. У деяких країнах із помірним кліматом пріоритетним напрямком розвитку культивування білонової креветки стають установки закритого водокористування (УЗВ).

Лідером за об'ємами вирощування білонової креветки у світі є Китай (1625 тис. т). Окрім того, потужними виробниками цього виду ракоподібних є Індія (416 тис. т), Індонезія (408 тис. т), Еквадор (405 тис. т), В'єтнам (319 тис. т), Мексика (132 тис. т) (рис. 4).

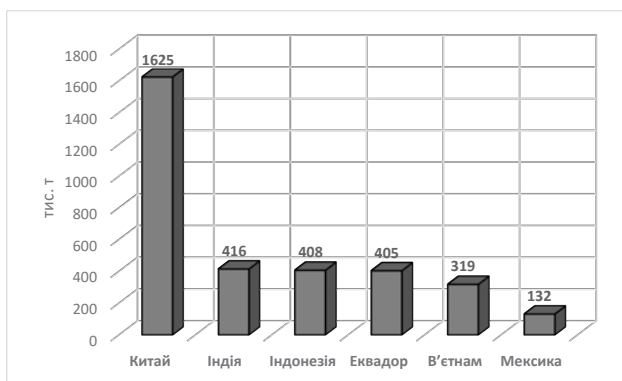


Рис. 4. Об'єми вирощування білонової креветки у світі в 2022 році

Серйозною перепоною у розвитку інтенсивних форм аквакультури ракоподібних є канібалізм. На відміну від риб, ріст тіла

ракоподібних має стрибкоподібний характер, оскільки в них наявний зовнішній скелет – панцир. У процесі росту тіло ракоподібних збільшується, панцир стає тісним і особина його скидає. Проходить, так зване линяння – критичний період у житті особини. Після линяння впродовж декількох годин ракоподібні абсолютно беззахисні і є легкою здобиччю. Ситуація ускладнюється тим, що линька в особин відбувається індивідуально, а не синхронно, що підвищує ймовірність канібалізму, особливо при високій щільності посадки ракоподібних в індустриальних виробничих умовах. Якщо основними факторами, які лімітують щільність посадки при вирощуванні риби, можуть бути кисневий режим і рівень накопичення забруднюючих речовин, то при утриманні ракоподібних проблема канібалізму виходить на перший план. У зв'язку з цим щільність посадки ракоподібних (і, відповідно, біопродукція) у десятки разів нижча, ніж риб (0,6-2,5 кг/м<sup>3</sup> проти 100 кг/м<sup>3</sup>) навіть за умови здійснення спеціальних заходів, направлених на зниження канібалізму. Розміщення спеціального укриття, структурування простору істотно знижують канібалізм, проте не можуть повністю його виключити (Бродський, 1981; Ackefors, 1998; Безусий і Борбат, 2008; Алимов і Кононенко, 2011; Дроник і Давидов, 2012; Вдовенко, 2016; Lucas et al., 2016; Dyudyaeva et al., 2020; Golub et al., 2020).

Індивідуальне утримання може бути кардинальним вирішенням проблеми канібалізму, не потребує створення спеціального обладнання, проте його обслуговування є досить трудомістким.

Перспективи розвитку аквакультури ракоподібних в Україні базуються на таких передумовах:

- депресивний стан природних популяцій багаточисельних морських видів, які є основою крупномасштабного промислу, які потребують впровадження науково-обґрунтованих методів розведення з метою відновлення їх чисельності і біопродуктивності;

- скорочення запасів вузькопалого рака на величезних територіях Євразії потребує відновлення його чисельності методами аквакультури з метою розвитку місцевого промислу, товарного культивування, а також любительського лову;

- величезний не повністю задовільний попит на делікатесну продукцію з живих ракоподібних для стійкого забезпечення потреб українського ринку;

– розвиток курортної інфраструктури (Алимов і Кононенко, 2011; Вдовенко, 2016).

На сьогоднішній день потреби ринку України в живих річкових раках повністю покриваються за рахунок їх вилову в природних водоймах. Інші ракоподібні в живому вигляді масово населенню не реалізуються.

Всього у водоймах України офіційно дозволено здійснювати промисловий вилов річкових раків в об'ємі 11,1 т. Проте, в минулому році промисловий вилов раків становив лише 1,427 т. За даними Державного агентства розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм найбільше раків було вилучено в Кременчуцькому водосховищі – 0,833 т, а також в Дністрі та Дністровському лимані – 0,428 т; в Дніпровському водосховищі – 0,107 т, в Кучурганському водосховищі – 0,033 т, в Канівському водосховищі – 0,021 т. Статистичні дані щодо обсягів вирощеної продукції річкових раків в умовах аквакультури останніми роками практично відсутні (рис. 5).

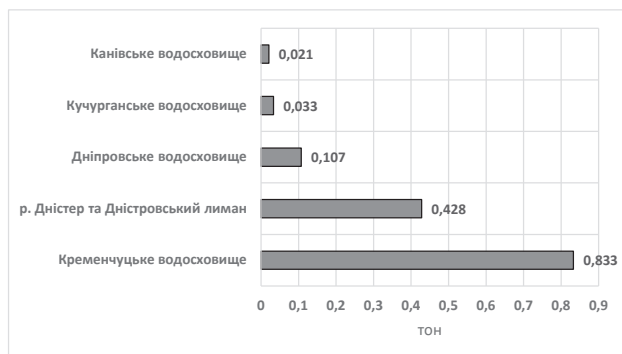


Рис. 5. Промислові об'єми вилову раків в Україні в 2023 році

Упродовж багатьох років дослідження в галузі аквакультури ракоподібних в Україні були направлені на дослідження аборигенних видів раків, зокрема широкопалого *Astacus astacus* і вузькопалого *Astacus leptodactylus*. Цій проблемі присвячені праці багатьох науковців: (Алимов і Кононенко, 2011; Тищенко та ін., 2011; Кононенко та ін., 2016; Кудряшов і Кудряшова, 2014;).

Роботи проводилися і з теплолюбними завезеними видами, швидкість росту яких у 2-3 рази вища, ніж у вітчизняних видів. Відпрацьовувалися технології вирощування гігантської прісноводної креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) в установках замкненого водокористування.

Порівняно нещодавно на території України з'явився новий об'єкт аквакультури – австралійський червонопалый рак *Cherax quadricarinatus*. Досі в Україні відсутні стандарти технології розведення та утримання цих раків, здебільшого вони вирощуються на аматорському та експериментальному рівнях. На ринку України повністю відсутні товарні австралійські червонопалі раки (*Cherax quadricarinatus*). Саме тому основним завданням виробників продукції аквакультури є удосконалення технології вирощування цих раків. У нашій країні червонопалого рака вирощують у два етапи: перший етап – вирощування в УЗВ, другий етап – дорощування раків до товарної маси у рибогосподарських водоймах (глибина від 1 до 2,6 м; площа дзеркала від 0,05 до 0,6 га) (Lucas et al., 2016; Jones et al., 2020).

Оскільки, перераховані теплолюбиві види не витримують зимових температур і гинуть за температури нижче +16°C, небезпека їх неконтрольного поширення в природних водоймах повністю виключена.

У сучасному світі природні популяції гідробіонтів часто знаходяться у депресивному стані. Причинами цього є нераціональне використання ресурсу (перевиллов), неконтрольований браконьєрський промисел, конкуренція з видами – вселенцями, нові захворювання, регулярне забруднення навколишнього середовища і його зміни в результаті антропогенного використання водойм. У зв'язку з цим актуальним стає ще один сучасний напрямок аквакультури, мета якого – відновлення зниклих і поповнення існуючих природних популяцій. Основним методом при цьому може стати створення комплексів для отримання молоді гідробіонтів у штучних умовах для її подальшого заселення у природні водойми (прісноводні раки, промислові види креветок).

### Висновки

З'ясовано, що попри традиційне використання в аквакультури окремих видів десятиногих ракоподібних, нині перспективним є впровадження нових технологій штучного розведення нових видів. Зазначено, що одним із пріоритетних напрямків збереження видового різноманіття гідробіонтів та їх чисельності є штучне відтворення вирощуваних видів із випуском молоді в природні водні об'єкти, зокрема нативних видів ракоподібних, як прісноводних, так і морських.

Зміни, які відбуваються на споживчому ринку, сприяють розширенню списку видів ракоподібних, які вирощують в умовах аквакультури, а також розвитку нових технологій виробництва такої продукції. Зокрема, продаж об'єктів аквакультури у живому вигляді

стимулює розвиток технологій транспортування та утримання живих гідробіонтів.

Загалом аквакультура ракоподібних динамічно розвивається та є перспективною галуззю, як з екологічної, так і продовольчої точок зору, і в Україні зокрема.

### Список використаної літератури

Алимов І. С., Кононенко Р. В. Інтенсивні технології в аквакультури : навчальний посібник. К. 2011. 280 с.

Безусий О. А., Борбат М. О. До проблеми отримання посадкового матеріалу річкових раків. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 2. С. 72–74.

Бродський С. Я. Фауна України. Вищі раки. К. : Наукова думка, 1981. Вип. 3. 203 с.

Вдовенко Н. М. Глобальні пріоритети сталого виробництва сільськогосподарської продукції. *Innovative solutions in modern science*. 2016. № 4 (4). С. 3–17.

Дроник В. С., Давидов О. М. Присадибне раківництво. К. : Вісник зоології, 2012. 184 с.

Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультури : навчальний посібник. К. : Центр учбової літератури. 2016. 410 с.

Кудряшов С. С., Кудряшова М. В. Вирощування посадкового матеріалу довгопалого раку (*Astacus leptodactylus*) в умовах Одеської області. Основні завдання рибогосподарської науки щодо вирішення нагальних проблем розвитку рибного господарства України : Матеріали науково-практичного семінару «FishExpo-2014». 2014. С. 40–42.

Носенко Ю. Прибуток у клешнях: чи вигідно вирощувати раків?: [Електронний ресурс]. URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/idei-trendy/item/8361-prybutok-ukleshniakh-chyvyhidnovyuroshchuvaty-rakiv.html> (дата звернення 20.02.2024).

Тищенко В. І., Божко Н. В., Коверга В. В. Перспективи розведення широкопалого річкового рака. *Вісник СНАУ*. 2011. № 7 (18). С. 42–44.

Ackefors H. The culture and capture crayfish fisheries in Europe. *World Aquaculture*. 1998. № 29 (2). P. 18–24; 64–67.

Aquaculture: farming aquatic animals and plants / edited by J. S. Lucas, P.C. Southgate. Blackwell Publishing Ltd., 2016. 648 p.

Dyudyaeva O. A, Bekh V. V. Food security of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2020. Vol. 1. pp. 44–60. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>.

Golub G. A., Zavadska O. A., Kukharets V. V. Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific horizons*. 2019. Vol. 5(78). pp. 105–111. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111>.

Jones C. M., Valverde C. Development of mass production hatchery technology for the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*. 2020. Vol. 25(1). pp. 1–6. <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.001>.

Poplavskaya O. S., Gerasimchuk V. V. Opportunities for import substitution of aquaculture products in Ukraine. *Fisheries science of Ukraine*. 2020. Vol. 4(54). pp. 22–37. <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.022>.

The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. FAO. Rome, 2020. 205 p.

### References (translated & transliterated)

Alymov, I.S., & Kononenko, R.V. (2011). Intensyvni tekhnologhiji v akvakuljturi: navchaljnyj posibnyk [Intensive technologies in aquaculture: training manual]. Kyiv [in Ukrainian].

Bezusy, O.L., & Borbat, M.O. (2008). Do problemy otrymannja posadkovogho materialu richkovykh rakiv [On the problem of obtaining planting material of river crayfish]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy [Fisheries science of Ukraine]*, 2, 72–74 [in Ukrainian].

Brodskiy, S.Ya. (1981). Fauna Ukrajiny. Vyshhi raky [Fauna of Ukraine. Higher crayfish]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

Vdovenko, N.M. (2016). Ghlobaljni priorytety stalogho vyrobnyctva siljsjkoghospodarsjkoji produkciji [Global priorities for sustainable agricultural production]. *Innovative solutions in modern science*, 4 (4), 3–17 [in Ukrainian].

Dronyk, B.C., & Davydov, O.M. (2012). Prysadybne rakivnytstvo [Backyard crayfish farming]. *Visnyk zoolohii [Bulletin of Zoology]*, 5, 184 [in Ukrainian].

Kononenko, R.V., Shevchenko, P.H., Kondratiuk, V.M., & Kononenko, I.S. (2016). Intensyvni tekhnologhiji v akvakul'turi : navchal'nyj posibnyk [Intensive technologies in aquaculture]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].

Kudriashov, S.S., & Kudriashova, M.V. (2014). Vyroshchuvannia posadkovoho materialu dovhopaloho raku (*Astacus leptodactylus*) v umovakh Odeskoi oblasti [Growing planting material of long-fingered crayfish (*Astacus leptodactylus*) in the conditions of Odesa region]. *Osnovni zavdannia rybohospodarskoi nauky shchodo vyrishennia nahal'nykh problem rozvytku rybnoho hospodarstva Ukrainy : Materialy naukovopraktychnoho seminaru «FishExpo-2014» [The main tasks of fisheries science in solving urgent problems of fisheries development in Ukraine : Materials of the scientific and practical seminar "FishExpo-2014"]*, 40–42 [in Ukrainian].

Nosenko, Yu. Prybutok u kleshniakh: chy vyhidno vyroshchuvaty rakiv? [Profit in the claws: is it profitable to raise crayfish?]. [Electronic resource] URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/idei-trendy/item/8361-prybutok-ukleshniakh-chy-vyhidnovyroshchuvaty-rakiv.html> (access date 20.02.2024) [in Ukrainian]

Tyshchenko, V.I., Bozhko, N.V., & Koverha, V.V. (2011). Perspektyvy rozvedennia shyrokopaloho richkovoho raka [Prospects for breeding broad-toed river crayfish]. *Visnyk SNAU [Bulletin of the SNAU]*, 7 (18), 42–44 [in Ukrainian].

Ackefors, H. (1998). The culture and capture crayfish fisheries in Europe. *World Aquaculture*, 29 (2), 64–6 [in English].

Lucas, J.S., & Southgate, P.C. (2016). Aquaculture: farming aquatic animals and plants. Blackwell Publishing Ltd [in English].

Dyudyaeva, O.A., & Bekh, V.V. (2020). Food security of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets. *Aquatic bioresources and aquaculture*, 1, 44–60. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5> [in English].

Golub, G.A., Zavad'ska, O.A., & Kukharets, V.V. (2019). Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific horizons*, 5(78), 105–111. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111> [in English].

Jones, C.M., & Valverde, C. (2020). Development of mass production hatchery technology for the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*, 25(1), 1–6. <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.001> [in English].

Poplavskaya, O.S., & Gerasimchuk, V.V. (2020). Opportunities for import substitution of aquaculture products in Ukraine. *Fisheries science of Ukraine*, 4(54), 22–37. <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.022> [in English].

The state of world fisheries and aquaculture. *Measures to improve resilience*. FAO. Rome, 205 [in English].

Отримано: 28.02.2024

Прийнято: 17.03.2024





УДК 556.532 (477-924-52)

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.3>

## ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

О. М. Крайнюков<sup>1</sup>, І. А. Кривицька<sup>2</sup>, О. Є. Найдюнова<sup>3</sup>

Моніторингові дослідження території, забрудненої вибухівкою та похідними бойових дій, зараз є обов'язковим елементом стратегії повернення України до нормального існування, а також значні зусилля повинні бути вкладені в пошук економічних технологій відновлення. В статті розглядаються питання біологічного моніторингу та очищення, оскільки воно, як правило, є найменш дорогим засобом знешкодження забруднюючих речовин. В лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна було проведено серію експериментів по визначенню фітотоксичного впливу ґрунтів з 5 моніторингових площадок на ріст коренів та паростків тест-рослин овес *Avena sativa* L. Відбір зразків ґрунтів з моніторингових площадок було проведено у травні та серпні 2023 року. За результатами проведених експериментальних досліджень було отримано наступні результати: у травні 2023 року найбільш виражені фітотоксичні властивості ґрунтів були визначені у с. Слобожанське та с. Борщова, де рівень забрудненості ґрунтів дорівнював IV класу якості – ґрунти брудні. На інших моніторингових площадках фітотоксичні властивості ґрунтів відповідали II та III класу забрудненості. У серпні спостерігалась тенденція до зниження фітотоксичних властивостей ґрунтів. На трьох моніторингових площадках: с. Слобожанське, с. Борщова та с. Руські Тишки – рівень забрудненості ґрунтів відповідав III класу (ґрунти помірно забруднені), а двох інших площадках (с. Черкаські Тишки та Циркуні) дорівнював II класу (ґрунти слабо забруднені). Проведення моніторингових спостережень одразу після закінчення активних бойових дій може надати змогу визначити рівень забрудненості ґрунтового покриву та надати можливість оцінити шкоду (збиток), який було спричинено довіллям.

**Ключові слова:** забруднення, важкі метали, ґрунти, тест-об'єкт, фітотоксичні властивості, біотестування, фіторемедіація.

<sup>1</sup> доктор географічних наук, професор,  
професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти  
(Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків)  
e-mail: [alkraunukov@gmail.com](mailto:alkraunukov@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-5264-3118

<sup>2</sup> кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти  
(Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків)  
e-mail: [ivkrivicka@gmail.com](mailto:ivkrivicka@gmail.com)  
ORCID: 0000-0003-4727-794X

<sup>3</sup> кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,  
в.о. завідувача сектору мікробіології ґрунтів  
(Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського», м. Харків)  
e-mail: [naydyonova@ukr.net](mailto:naydyonova@ukr.net)  
ORCID: 0000-0002-8568-5699

## ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL QUALITY OF THE TERRITORY OF KHARKIV DISTRICT KHARKIV OBLAST

O. M. Krainiukov, I. A. Kryvytska, O. E. Naidonova

*Monitoring studies of areas contaminated by explosives and derivatives of hostilities are now a mandatory element of the strategy of returning Ukraine to normal existence, and significant efforts must be invested in the search for economic recovery technologies. The article deals with the issue of biological monitoring and treatment, since it is, as a rule, the least expensive means of neutralizing pollutants. A series of experiments was conducted to determine the phytotoxic effect of soils from 5 monitoring sites on the growth of roots and sprouts of the test plants oat *Avena sativa* L. The selection of soil samples from the monitoring sites was held in May and August 2023. According to the results of experimental studies, the following results were obtained: in May 2023, the most pronounced phytotoxic properties of soils were determined in the village of Slobozhanske and Borschova, where the level of soil pollution was equal to the IV quality class – the soil is dirty. At other monitoring sites, the phytotoxic properties of soils corresponded to II and III pollution classes. In August, a tendency to decrease phytotoxic properties of soils was observed. At three monitoring sites: Slobozhanske, village Borshcheva and S. Ruski Tyshki – the level of soil pollution corresponded to class III (soils are moderately polluted), and at the other two sites (Cherkaski Tyshki and Tsyrukunyy villages) it was equal to class II (soils are slightly polluted). Conducting monitoring observations immediately after the end of active hostilities can provide an opportunity to determine the level of contamination of the ground cover and provide an opportunity to assess the damage (damage) that has been caused to the environment.*

**Key words:** pollution, heavy metals, soils, test object, phytotoxic properties, biotesting, phytoremediation.

### Вступ

Втривання російських загарбників, що триває, є найпомітнішим конфліктом у Європі після Другої світової війни та має кілька геополітичних, економічних, інфраструктурних наслідків та наслідків для здоров'я населення України. На якість повітря негативно впливає пересування військ і постійні бомбардування. Фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту постраждали через обстріли та вибухи, внаслідок чого серйозно постраждало сільське господарство.

Один із найнебезпечніших засобів впливу людини на властивості ґрунту – це військова діяльність (Nomma-Takeda et al., 2002). Порушення ґрунту, спричинені бойовими діями, в основному бувають трьох типів – фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні порушення ґрунту включають ущільнення внаслідок будівництва оборонної інфраструктури, риття траншей або тунелів, ущільнення через рух техніки та військ або утворення кратерів бомбами. Хімічні порушення складаються з надходження забруднюючих речовин, таких як нафта, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини, фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини, діоксини та радіоактивні елементи. Біологічні порушення виникають в результаті руйнування складних біоценозів, які забезпечують сталість ґрунтового покриву. Хімічний склад ґрунту, а також

його морфологічні та біологічні особливості можуть бути суттєво змінені під час бойових дій як у воєнний, так і в мирний час (наприклад, на випробувальних об'єктах), і для повного відновлення деяких характеристик можуть знадобитися роки чи навіть століття. Деякі функції ґрунту можуть бути остаточно втрачені, якщо не застосовувати відповідні методи рекультивациі. Такі методи часто є надзвичайно дорогими, як у випадку забруднення діоксинами чи радіонуклідами, а рекультивациія може навіть призвести до повного видалення забрудненого ґрунту та його заміни ґрунтовым матеріалом з іншого місця (Pereira et al., 2022).

Ґрунт можна визначити як динамічну суміш частинок гірських порід, органічної речовини, повітря та води, і це фундаментальний компонент екосистеми та важливий ресурс для діяльності людини. Він виконує різні основні функції для підтримки життя на планеті – забезпечує водою та поживними речовинами рослини та сільськогосподарські культури та впливає на кругообіг речовин, що потрапляють у навколишнє середовище (зберігання, фільтрація та буферизациія). Ґрунт є невідновлюваним ресурсом, і потреба запобігати його деградації стає дедалі гострішою з кожним днем. Європейська комісія включила охорону ґрунтів до числа пріоритетів 6-ї Програми дій з охорони навколишнього середовища, розробивши тематичну стратегію ґрунту

(STS) у 2002 році (Комісія ..., 2002) та пропозицію щодо основи захисту ґрунту в 2006 (Комісія ..., 2006).

Потенційний вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини та навколишнє середовище оцінюється за допомогою оцінки ризику на основі хімічних речовин або біологічних підходів. Ці різні методи часто застосовуються в інтегрованій стратегії моніторингу, щоб підвищити їх аналітичну спроможність: хімічна характеристика надає інформацію про рівні конкретних ксенобіотиків, тоді як біологічні дослідження використовують *in vitro* (клітини людини, тварин і бактерій) та *in vivo* (вищі рослини, ґрунтові мікроорганізми) моделі для оцінки реакцій, спричинених взаємодією потенційних рецепторів із забрудненим ґрунтом, з урахуванням біодоступності забруднювача, шляху впливу та споживання (Baderna et al., 2011).

Хімічне забруднення є одним із основних факторів деградації ґрунту, і воно може бути прямим результатом застосування пестицидів, добрив та змін ґрунту, а також наслідком вологого або сухого осадження забруднювачів повітря з природних та антропогенних джерел. Наявність органічних і неорганічних ксенобіотиків у ґрунті викликає широке занепокоєння, оскільки ці агенти можуть впливати на здоров'я людини та навколишнє середовище (Abrahams, 2002).

Багато вчених намагалися використати метод фіторемедіації для видалення органічних і металевих забруднювачів із ґрунтових вод і ґрунту (Arslan et al., 2017; Ashraf et al., 2019; Rai et al., 2020).

У деяких дослідженнях розглядалася фіторемедіація важких металів шляхом екстрагованої транслокації, накопичення, розподілу (He et al., 2020). В останні роки дослідження механізмів фіторемедіації тротилу та інших похідних від використання зброї досягли певного прогресу. Наприклад, фіторемедіацію тротилу пропонується проводити класичними шляхами відновного перетворення з утворенням гідроксильних сполук (Faisal et al., 2016; Rylott & Bruce, 2019).

Метою цього дослідження було встановлення можливого негативного впливу забруднення токсичними речовинами, внаслідок бойових дій, на стан ґрунтового покриву території Харківського району Харківської області за допомогою методу біотестування.

## Матеріал і методи

У навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна було проведено експериментальні дослідження по визначенню впливу фітотоксичних властивостей ґрунтів на ростові показники коренів та паростків тест-об'єкта *Avena sativa* L. з 5 моніторингових площадок.

Для визначення придатності насіння вищих рослин до біологічного тестування встановлювали концентрацію розчину еталонної речовини, що викликає зменшення довжини коренів і (або) паростків на 20 % за 120 год біотестування (ЕК<sub>20-120</sub>) (Кривицька, 2020).

Як еталонну речовину використовували фенол (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH) кваліфікації ч.д.а. Вихідний розчин готували з концентрацією 1 г/дм<sup>3</sup> C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH. Для цього використовували дистильовану воду. З вихідного розчину готували серію розчинів від 100 до 200 мг/дм<sup>3</sup> C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH з інтервалом 25 мг/дм<sup>3</sup>, використовуючи дехлоровану водопровідну воду. Біотестування розчинів проводили впродовж 120 годин та за результатами експериментів розраховували ЕК<sub>20-120</sub>.

Якщо одержана величина ЕК<sub>20-120</sub> знаходилась в експериментально встановленому діапазоні реагування тест-об'єкта, який дорівнює 89,5 – 194,5 мг/дм<sup>3</sup> C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH, партія насіння була придатна до біотестування.

Якщо ЕК<sub>20-120</sub> C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH не відповідала встановленому діапазону реагування, партію насіння замінювали на нову (Кривицька, 2020).

Критерієм токсичності було зниження довжини паростків і коренів рослин за наступні 120 годин порівняно із контролем (зволоження відстояною дехлорованою водою).

На підставі підрахунку довжини коренів (паростків) у контролі та досліді розраховувались середні арифметичні, які використовувались для розрахунку відхилення довжин коренів (паростків) у досліді відповідно до контролю:

$$A = (X_k - X_d) / X_k \times 100\%, \quad (1)$$

де A – довжина коренів (паростків) у досліді відносно контролю, %;

X<sub>k</sub> – середнє арифметичне довжини коренів (паростків) у контролі, мм;

X<sub>d</sub> – середнє арифметичне довжини коренів (паростків) у досліді, мм.

Фітотоксичними вважались розчини, в яких значення будь-якого з перелічених критеріїв за результатами біотестування значуще відрізнялось від контролю.

Для оцінки забруднення ґрунтів використовували показник «ступінь забрудненості ґрунтів» відповідно до визначених рівнів пригнічення ростових процесів, кількісна характеристика якого виражається коефіцієнтом забрудненості ґрунтів ( $K_{зг}$ ), при цьому коефіцієнт забрудненості ґрунтів диференціюють за рівнями пригнічення ростових процесів (Кривицька, 2020).

У табл. 1 наведено класифікацію якості ґрунтів за ступенем забрудненості.

Відбір зразків ґрунтів на моніторингових площадках було проведено в травні та серпні 2023 року, практично через рік після звільнення всієї досліджуваної території від російських загарбників, хоча артобстріли цієї території продовжуються і по сей день. На рисунку 1 та таблиці 2 наведено територію дослідження та моніторингові площадки на території Харківського району Харківської області.

### Результати

Відповідно до проведених у травні 2023 року експериментальних досліджень було отримано наступні результати (рис. 2): найбільш виражені фітотоксичні властивості ґрунтів було визначено у с. Слобожанське та с. Борщова, де рівень забрудненості ґрунтів дорівнював IV класу якості – ґрунти брудні (див. табл. 1), що може свідчити про надлишковий вплив токсичних речо-



★ – моніторингові площадки.

Рис. 1. Розташування моніторингових площадок на території дослідження

вин, які знаходяться у ґрунтах в різних формах. Зважаючи на те, що зразки відбиралися в межах присадибних ділянок, у найменш забруднених, з нашої точки зору локаціях, то такий рівень забрудненості, скоріш за все, може бути результатом потрапляння різних хімічних токсичних сумішей внаслідок інтенсивних бойових дій. На інших моніторингових площадках фітотоксичні властивості ґрунтів знаходились на менших рівнях – III клас (ґрунти помірно забруднені) – селища Руські та Черкаські Тишки та II клас (ґрунти слабо забруднені) – с. Циркуни.

Таблиця 1

Класифікація якості ґрунтів за ступенем забрудненості

Клас якості ґрунтів	Рівень забрудненості ґрунтів	Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Ступінь забрудненості ґрунтів, $K_{зг}$
I	Незабруднені	0–20	1,1
II	Слабко забруднені	20,1–40	1,2
III	Помірно забруднені	40,1–60	1,3
IV	Брудні	60,1–80	1,4
V	Дуже брудні	80,1–100	1,5

Таблиця 2

Місця розташування моніторингових площадок

№	Моніторингові площадки	Координати
1	с. Слобожанське	50.178080, 36.425021
2	с. Борщова	50.162632, 36.419528
3	с. Руські Тишки	50.133371, 36.413520
4	с. Черкаські Тишки	50.116423, 36.385882
5	с. Циркуни	50.082728, 36.378672

Як видно з отриманих у серпні 2023 року експериментальних даних з моніторингових площадок на території дослідження, фітотоксичні властивості ґрунтів загалом дещо знизились (рис. 3). На трьох моніторингових площадках: с. Слобожанське, с. Борщова та с. Руські Тишки – рівень забрудненості ґрунтів відповідав III класу (ґрунти помірно забруднені), а двох інших площадках (с. Черкаські Тишки та Циркуни) дорівнював II класу (ґрунти слабо забруднені).

Така тенденція, на нашу думку та думку інших фахівців, може бути пов'язана із поглинанням рослинами різних хімічних сполук (Michael et al., 2012; Lago-Vila et al., 2019). Перш за все, це поглинання та біотрансформація токсичних сполук аборигенними видами рослин, які в більшості випадків

є основною ланкою у процесах очищення ґрунтового покриву у місцевості, де вирощування культурних рослин може бути небезпечним для місцевого населення. Оскільки тротил, як компонент вибухових пристроїв і різноманітний набір важких металів, які можуть потрапляти у навколишнє середовище при інтенсивних бойових діях через певний час можуть становити серйозну загрозу для здоров'я людини та біотичної складової довкілля, необхідно проводити моніторингові дослідження із визначення рівня забрудненості компонентів довкілля та видаляти ці забруднювачі з навколишнього середовища (Banza et al., 2019). Традиційними методами видалення забруднюючих речовин із забрудненого ґрунту є хімічні та фізичні. Однак більшість із цих методів є відносно доро-

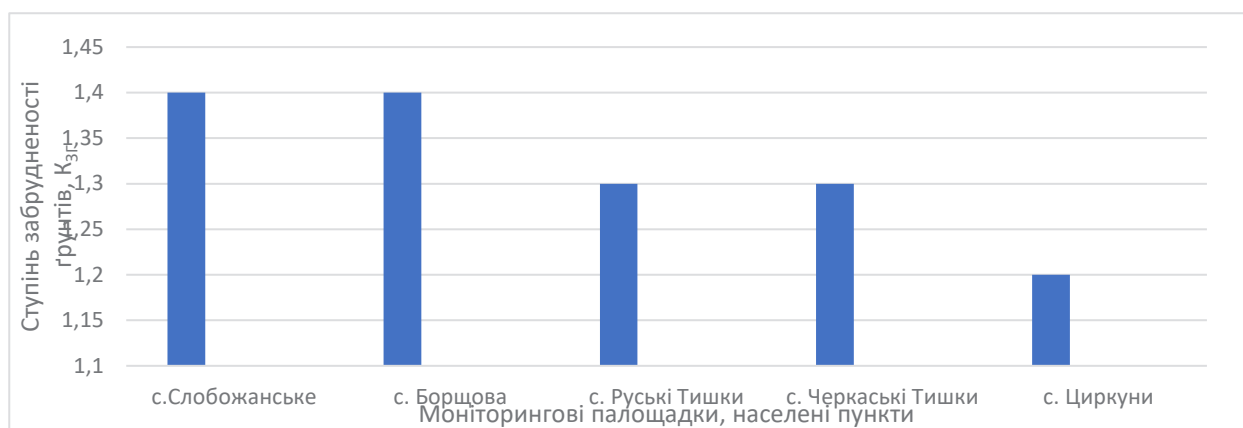


Рис. 2. Результати визначення фітотоксичних властивостей ґрунтів на моніторингових площадках Харківського району Харківської області, які були відібрані у травні 2023 року

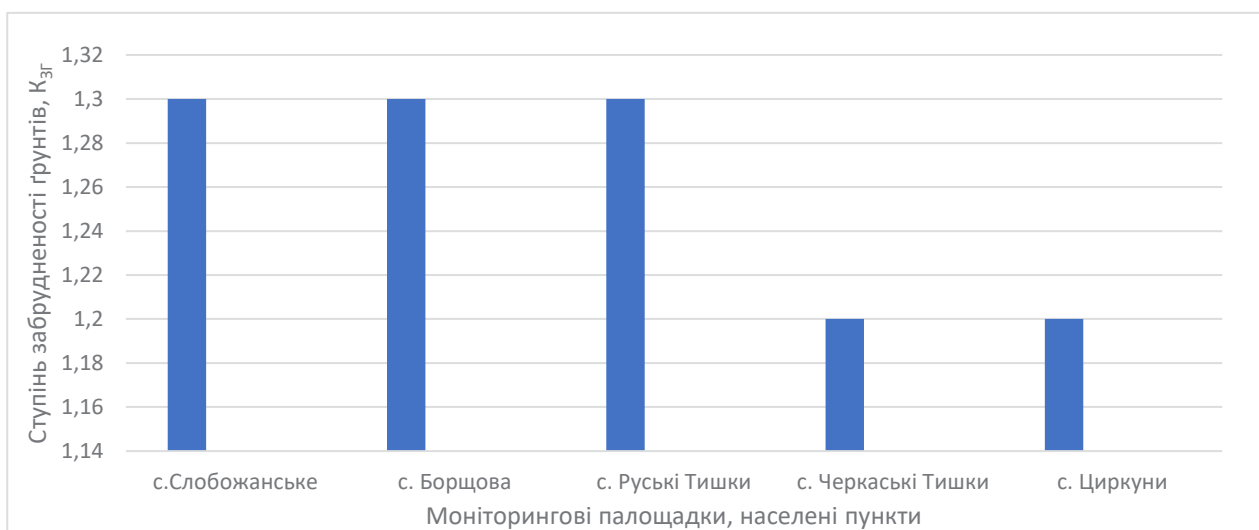


Рис. 3. Результати визначення фітотоксичних властивостей ґрунтів на моніторингових площадках Харківського району Харківської області, які були відібрані у серпні 2023 року

гими та можуть створювати токсичні побічні продукти. ФітореMediaція є екологічно чистим, економічно ефективним і прийнятним інструментом для очищення забруднених ґрунтових вод і ґрунту від забруднюючих речовин (Ortakci et al., 2019; Souza et al., 2018).

#### Обговорення

Згідно з оцінками, наданими у роботах європейських фахівців, вуглеводні та важкі метали є одними з основних забруднювачів ґрунтів Європейського Союзу, що становить близько 60% забруднення ґрунтів (Panagos et al., 2013). Крім того, на 28,3% загальної площі Європейського Союзу один або більше з цих металів і металоїди (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Sb, Co, Ni) перевищують застосовану порогову концентрацію (Tóth et al., 2016). Враховуючи все це, разом зі згубним впливом вуглеводнів і важких металів на здоров'я людини та навколишнє середовище, наявність даних щодо потенційної токсичності ґрунтів, що містять ці забруднювачі та похідні від вибухівки, є надзвичайно важливою для визначення пов'язаної з ними небезпеки.

Фізико-хімічні методи традиційно застосовуються для аналізу якості ґрунту. Однак ця методологія не повністю відображає глобальні ефекти, які суміші ксенобіотиків можуть викликати в живих організмах. З цієї причини використання токсикологічних аналізів з використанням різних

модельних організмів є важливим інструментом для з'ясування потенційного впливу ґрунту.

#### Висновки

За результатами моніторингових досліджень, які були проведено навесні та влітку 2023 року було встановлено, що має місце незадовільний стан ґрунтового покриву на всіх досліджуваних площадках. Найвищий рівень забрудненості ґрунтів було визначено у с. Слобожанське та с. Борщова у травні 2023 року і дорівнював IV класу якості – ґрунти брудні, що може слугувати доказом того, що дана територія була найбільш забруднена (уражена) внаслідок бойових дій.

Проведення моніторингових спостережень одразу після закінчення активних бойових дій може надати змогу визначити рівень забрудненості ґрунтового покриву та надати можливість оцінити шкоду (збиток), який було спричинено довкіллю. Остаточну відповідь на питання щодо шкідливості ґрунтів для біологічних об'єктів у випадку їх полікомпонентного забруднення можуть дати тільки біологічні методи дослідження стану ґрунтового покриву, адже експертним шляхом дуже важко врахувати і токсичність окремих забруднюючих речовин, і їхню поведінку в ґрунті, і буферні властивості останнього, не говорячи вже про можливість синергізму чи антагонізму хімічних елементів.

#### Список використаної літератури

- Кривицька І.А. Діагностика та моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в урбанізованих ландшафтах Приазов'я : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.18. Харків, 2020. 187 с.
- Abrahams P.W. Soils: their implications to human health. *Science of The Total Environment*. Vol. 291, Issues 1–3, 2002. pp. 1–32. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01102-0).
- Arslan M., Imran A., Khan Q.M., Afzal M. Plant-bacteria partnerships for the remediation of persistent organic pollutants *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 2017. pp. 4322–4336. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4935-3>.
- Ashraf S., Ali Q., Zahir Z.A., Ashraf S. Phytoremediation: environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 174, 2019. pp. 714–727. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068>.
- Baderna D. et al. A combined approach to investigate the toxicity of an industrial landfill's leachate: Chemical analyses, risk assessment and in vitro assays. *Environmental Research*. Vol. 111, Issue 4, 2011. pp. 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.015>.
- Banza C., Nkulu L., Casas L., Haufroid V., Putter T. De. Europe PMC Funders Group Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. 2019. 1, pp. 495–504. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0139-4>.
- Elizabeth L., Neil R., Bruce C. Right on target: using plants and microbes to remediate explosives. *International Journal of Phytoremediation*, 21, 2019. pp. 1051–1064. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1606783>.
- Evangelou W.H., Hockmann K., Pokharel R., Jakob A., Schulin R., Accumulation of Sb, Pb, Cu, Zn and Cd by various plants species on two different relocated military shooting range soils. *Journal of Environmental Management*. Vol. 108, 2012. pp. 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.044>.

- He C., Zhao Y., Wang F., Oh K., Zhao Z., Wu C., Zhang X., Chen X., Liu X. Phytoremediation of soil heavy metals (Cd and Zn) by castor seedlings: tolerance, accumulation and subcellular distribution. *Chemosphere*. 252, 2020. p. 126471. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126471>.
- Homma-Takeda S., Hiraku Y., Ohkuma Y., Oikawa S., Murata M., Ogawa K., Iwamuro T., Li S., Sun G.F., Kumagai Y., Shimojo N., Kawanishi S. 2,4,6-Trinitrotoluene-induced reproductive toxicity via oxidative DNA damage by its metabolite. *Free Radic. Res.* 36 (5), 2002. pp. 555–566. <https://doi.org/10.1080/10715760290025933>.
- Lago-Vila M., Rodríguez-Seijo A., Vega F.A., Arenas-Lago D. Phytotoxicity assays with hydroxyapatite nanoparticles lead the way to recover firing range soils. *Science of The Total Environment*. Vol. 690, 2019. pp. 1151–1161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.496>.
- Ortakci S., Yesil H., Tugtas A.E. Ammonia removal from chicken manure digestate through vapor pressure membrane contactor (VPMC) and phytoremediation. *Waste Manag.* 85, 2019. pp. 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.033>.
- Panagos P., Liedekerke V., Yigini M., Montanarella L. Contaminated sites in Europe: review of the current situation based on data collected through a European network. *Journal of environmental and public health*. 2013. T. 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/158764>.
- Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*, Vol. 837, 2022. P. 155865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>.
- Rai P.K., Kim K.H., Lee S.S., Lee J.H. Molecular mechanisms in phytoremediation of environmental contaminants and prospects of engineered transgenic plants/microbes. *Sci. Total Environ.* 705, 2020. p. 135858. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135858>.
- Souza W.D.M., Rodrigues W.S., Lima Filho L., Alves J.J.F., Oliveira T. Heavy metals uptake on *Malpighia emarginata* D.C. seed fiber microparticles: physicochemical characterization, modeling and application in landfill leachate. *Waste Manag.* 78, 2018. pp. 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.004>.
- Tóth G., Hermann T., Szatmári G., Pásztor L. Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the total environment* 565, 2016. pp. 1054–1062. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.019>.
- Faisal M., Saquib Q., Alatar A.A., Al-Khedhairi A.A., Ahmed M., Ansari S.M., Alwathnani H.A., Dwivedi S., Musarrat J., Praveen S. Cobalt oxide nanoparticles aggravate DNA damage and cell death in eggplant via mitochondrial swelling and NO signaling pathway. *Biol. Res.* 49, 2016. pp. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40659-016-0080-9>.

### References (translated & transliterated)

- Kryvytska, I.A. (2020). Diahnostyka ta monitorynh zabrudnennia gruntiv vazhkymy metalamy v urbanizovanykh landshaftakh Pryazovia [Diagnosis and monitoring of soil pollution by heavy metals in urbanized landscapes of the Azov region]: dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.18. Kharkiv. 187 s. [in Ukrainian].
- Abrahams, P.W. (2002). Soils: their implications to human health. *Science of The Total Environment*. Vol. 291, Issues 1–3, pp. 1–32. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01102-0) [in English].
- Arslan, M., Imran, A., Khan, Q.M., & Afzal, M. (2017). Plant–bacteria partnerships for the remediation of persistent organic pollutants *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, pp. 4322–4336. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4935-3> [in English].
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z.A., & Asghar, S. (2019). Phytoremediation: environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 174, pp. 714–727. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068> [in English].
- Baderna, D., et al. (2011). A combined approach to investigate the toxicity of an industrial landfill's leachate: Chemical analyses, risk assessment and in vitro assays. *Environmental Research*. Vol. 111, Issue 4, pp. 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.015> [in English].
- Banza, C., Nkulu, L., Casas, L., Haufroid, V., & Putter, T.D. (2019). Europe PMC Funders Group Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. 1, pp. 495–504. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0139-4> [in English].
- Elizabeth, L., Neil, R., & Bruce, C. (2019). Right on target: using plants and microbes to remediate explosives. *International Journal of Phytoremediation*, 21, pp. 1051–1064. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1606783> [in English].

Evangelou, W.H., Hockmann, K., Pokharel, R., Jakob, A., & Schulin, R. (2012). Accumulation of Sb, Pb, Cu, Zn and Cd by various plants species on two different relocated military shooting range soils. *Journal of Environmental Management*. Vol. 108, pp. 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.044> [in English].

He, C., Zhao, Y., Wang, F., Oh, K., Zhao, Z., Wu, C., Zhang, X., Chen, X., Liu, X. (2020). Phytoremediation of soil heavy metals (Cd and Zn) by castor seedlings: tolerance, accumulation and subcellular distribution. *Chemosphere*. 252, p. 126471. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126471> [in English].

Homma-Takeda, S., Hiraku, Y., Ohkuma, Y., Oikawa, S., Murata, M., Ogawa, K., Iwamuro, T., Li, S., Sun, G.F., Kumagai, Y., Shimojo, N., & Kawanishi, S. (2002). 2,4,6-Trinitrotoluene-induced reproductive toxicity via oxidative DNA damage by its metabolite. *Free Radic. Res.* 36 (5), pp. 555–566. <https://doi.org/10.1080/10715760290025933> [in English].

Lago-Vila, M., Rodríguez-Seijo, A., Vega, F.A., & Arenas-Lago, D. (2019). Phytotoxicity assays with hydroxyapatite nanoparticles lead the way to recover firing range soils. *Science of The Total Environment*. Vol. 690, pp. 1151–1161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.496> [in English].

Ortakci, S., Yesil, H., & Tugtas, A.E. (2019). Ammonia removal from chicken manure digestate through vapor pressure membrane contactor (VPMC) and phytoremediation. *Waste Manag.* 85, pp. 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.033> [in English].

Panagos, P., Van Liedekerke, M., Yigini, Y., & Montanarella, L. (2013). Contaminated sites in Europe: review of the current situation based on data collected through a European network. *Journal of environmental and public health*. <https://doi.org/10.1155/2013/158764> [in English].

Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., Barcelo D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*, Vol. 837, p. 155865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865> [in English].

Rai, P.K., Kim, K.H., Lee, S.S., & Lee, J.H. (2020). Molecular mechanisms in phytoremediation of environmental contaminants and prospects of engineered transgenic plants/microbes. *Sci. Total Environ.* 705, p. 135858. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135858> [in English].

Souza, W.D.M., Rodrigues, W.S., Lima Filho, L., Alves, J.J.F., & Oliveira, T. (2018). Heavy metals uptake on *Malpighia emarginata* D.C. seed fiber microparticles: physicochemical characterization, modeling and application in landfill leachate. *Waste Manag.* 78, pp. 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.004> [in English].

Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., & Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the total environment*. 565, pp. 1054–1062. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.019> [in English].

Faisal, M., Saquib, Q., Alatar, A.A., Al-Khedhairy, A.A., Ahmed, M., Ansari, S.M., Alwathnani, H.A., Dwivedi, S., Musarrat, J., & Praveen, S. (2016). Cobalt oxide nanoparticles aggravate DNA damage and cell death in eggplant via mitochondrial swelling and NO signaling pathway. *Biol. Res.* 49, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40659-016-0080-9> [in English].

Отримано: 28.01.2024

Прийнято: 21.02.2024





УДК 598.244; 591.5  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.4>

## НОВІ ДАНІ ПРО ГНІЗДУВАННЯ ЧОРНОГО ЛЕЛЕКИ *CICONIA NIGRA* L. В ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ В 2020-2023 РОКАХ

О. С. Панчук<sup>1</sup>

Чорний лелека *Ciconia nigra* L. – рідкісний вид, який занесений до Червоної книги України, тому будь-яка інформація про нього є важливою, зокрема для його охорони. В 2020-2023 роках були проведені дослідження даного виду на території західної частини Житомирського Полісся з метою встановити актуальну чисельність, фактори, які на неї впливають, біологічні особливості та порівняти їх з даними отриманими під час експедиції в цьому районі в 2009 році. Дослідження проводились шляхом пошуку нових та перевірки раніше відомих гнізд в Городницькому лісгоспі.

Також деякі дані надані місцевими мешканцями та працівниками лісгоспу. Протягом 2020-2023 років на дослідженій території було виявлено 7 жилих гнізд, 2 з яких належить одній парі чорних лелек, 3 нежилых і 5 імовірних гніздувань. Загалом підтверджено 11 гніздових пар. Оскільки нами досліджено менше половини площі цього лісгоспу, то використовуючи метод екстраполяції можна припустити, що загальна чисельність виду на даний момент становить приблизно 25 пар. Отже, чисельність протягом останнього десятиліття залишається стабільною. Проте останніми роками простежується зменшення кількості пар, які приступають до розмноження, а також зменшення пташенят, які успішно вилупились та вилетіли з гнізда. В 2020-2023 роках середня кількість пташенят у виводку була 1,9, що майже вдвічі менше у порівнянні з 2004-2008 роках – 3,43. Це відбувається через зміни клімату, оскільки відбувається висихання невеликих водойм, які є основними кормовими угіддями даного виду. Такі зміни в майбутньому призведуть до зменшення популяції чорних лелек, тому необхідно застосувати всі можливі засоби для їх охорони. Крім того в статті розглянуті деякі біологічні особливості виду.

**Ключові слова:** Городницький лісгосп, Звягельський район, чисельність, кількість пташенят, біологічні особливості, охорона.

## NEW DATA ON THE NESTING OF BLACK STORK *CICONIA NIGRA* L. IN THE WESTERN PART OF ZHYTOMYR POLISSYA IN 2020-2023

O. S. Panchuk

Black Stork *Ciconia nigra* L. is a rare species listed in the Red Book of Ukraine, so any information about it is important, in particular for its protection. Within the period of 2020-2023, studies of this species were carried out on the territory of the western part of Zhytomyr Polissya to figure out the relevant

<sup>1</sup> науковий співробітник  
(Київський зоологічний парк, м. Київ)  
e-mail: [ciconia@ukr.net](mailto:ciconia@ukr.net)  
ORCID: 0009-0007-8032-9293

population, factors affecting it, biological features and to compare them with the data obtained during the expedition in this area in 2009. The research was conducted by searching for the new and checking previously known nests in Horodnytsky Forest Farm. Moreover, local residents and employees of the forest farm provided some data. During the period of 2020-2023, 7 residential nests were found in the area investigated, 2 of which belong to one pair of Black Stork, 3 uninhabited nests and 5 likely nesting sites. Overall, 11 nesting pairs were confirmed. Considering that we have studied less than half of the area of this forest farm, using the extrapolation method, we can assume that the total number of species now is approximately 25 pairs. Therefore, the number has remained stable during the last decade. However, in recent years there has been a decrease in the number of pairs that begin to breed, as well as, a reduction in chicks' number that have successfully hatched and left the nest. In 2020-2023, the average number of chicks in a brood was 1.9, which is almost twice less than in 2004-2008 - 3.43. This is due to the climate change, as small ponds are drying up being the major feeding grounds of this species. In the future, such changes will lead to a decline in the population of Black Stork, so it is necessary to apply all potential means to protect them. In addition, the article discusses some biological features of the species.

**Key words:** Horodnytsky Forest Farm, Zvyagelsky district, population, number of chicks, biological features, protection.

### Вступ

Чорний лелека *Ciconia nigra* L. на території України гніздиться переважно на старих деревах в лісах Полісся та Карпат. Цей рідкісний вид птахів, який занесений до Червоної книги, харчується виключно водними організмами, тому для його успішного гніздування необхідна наявність водойм, близько розташованих до лісів придатних для них. Оскільки даний вид веде прихований спосіб життя і багато його аспектів залишаються невідомими, то будь-яка інформація про нього має важливе значення, зокрема і для його охорони.

В травні 2009 року нами була здійснена експедиція для дослідження чисельності та деяких біологічних особливостей чорного лелеки на території західної частини Житомирського Полісся, а саме в Новоград-Волинському та Городницькому лісових господарствах, які знаходились в колишньому Новоград-Волинському (тепер Звягельському) районі Житомирської області, про що була опублікована стаття (Панчук і Серебряков, 2010а). Під час дослідження було виявлено 25 гніздових пар даного виду, для 12 з них були відомі гнізда, де вони розмножувались. Отримані дані вказували на зростання чисельності чорного лелеки в даному регіоні у порівнянні з попередніми обліками (Малега, 1999). Згадана публікація (Панчук і Серебряков, 2010а) містить найбільш повну інформацію про чорного лелеку у цьому районі, оскільки в інших матеріалах наводяться лише окремі згадки про наявність тут гнізд або зустрічі птахів цього виду (Панчук і Серебряков, 2010б; Панчук, 2017; Весельський, 2017).

Загалом багато дослідників в кінці ХХ і на початку ХХІ століть фіксували збільшення чисельності *C. nigra* в Україні (Грищенко та ін., 1992; Дзюбенко та ін., 2011; Panchuk & Serebryakov, 2017). Проте останніми роками відбуваються значні зміни клімату, які призводять до підвищення середньої температури та нерівномірного розподілу опадів протягом року. Внаслідок чого відбувається висихання водойм у весняно-літній період, особливо невеликих річок та боліт, що призводить до зменшення кількості кормів для чорних лелек. Крім того внаслідок інтенсивної лісозаготівельної діяльності зменшується площа лісів придатних для гніздування даного виду. Щоб встановити чи вплинули ці зміни на чисельність і біологічні особливості чорних лелек у Житомирському Поліссі за останнє десятиліття, нами були проведені нові дослідження у добре вивченій західній його частині. Також ми планували перевірити наявність гнізд виявлених в 2009 році, а при їх відсутності, встановити причини зникнення, і розробити заходи з охорони наявних гніздувань.

### Матеріал та методи

Дослідження були проведені в 2020-2023 роках на території Городницького лісового господарства, до складу якого входить 12 лісництв (далі – л-в), оскільки в даний час два вищезгаданих лісгоспи об'єднали в один. Вони проводились у червні-липні з метою кільцювання пташенят *C. nigra*, яке відбувалось на гніздах загальноприйнятим способом з використанням спеціального альпіністського спорядження. Дані було зібрано шляхом власних пошуків і перевірки вже відомих з попередньої експедиції гнізд, а також

свою інформацію надав місцевий орнітолог-любитель Лавренчук І., який самостійно проводить пошуки гнізд зазвичай в осінньо-зимовий та ранньовесняний періоди, в той час коли їх легше знайти. Крім того деякі дані були отримані від працівників лісгоспу. На відміну від нашого дослідження 2009 року, коли лісники надали всю інформацію про чорних лелек, зараз вони не розкривають місць знаходження гніздівель, тому в останні роки більшість даних зібрано власними силами.

Всі знайдені гнізда фіксувались на GPS навігатори та переносились на електронні карти. Відстані між гніздами, до водойм, населених пунктів, вирубок, доріг і краю лісу були виміряні завдяки супутниковим картам Google Maps. Якщо у певній місцевості гніздо було не виявлено, але дорослих птахів зустрічали протягом гніздового періоду, то ми вважали це імовірним гніздуванням. Проміри яєць були зроблені штангенциркулем, проміри дерев і гнізд – рулеткою, сторони світу були визначені компасом. Окружність стовбура гніздового дерева заміряли на висоті 1,3 м від землі. Номери виділів (далі – вид.) та кварталів (далі – кв.) наводяться за лісовпорядкуванням лісгоспу 2008 року.

### Результати

На території Звягельського (колишнього Новоград-Волинського) л-ва в 2020-2023 роках було перевірено 4 гнізда, які були заселені в 2009 році, а також знайдено 2 нових.

При перевірці 06.07.2021 року гнізда чорних лелек в 13 вид. 65 кв., на якому в травні 2009 року насиджував яйця дорослий птах (рис. 1), було виявлено гніздівлю розміщену на тому ж місці. Проте вона була досить тонкою і виглядала як однорічна. В 2009 році гніздо виглядало дуже високим, оскільки на той момент було вже відоме приблизно 20 років. З нього трохи старих гілок залишилось в основі нової гніздівлі. На момент перевірки слідів відвідування лелеками гнізда не виявлено, напевно, вони перебували на ньому лише весною, коли його будували.

Дана гніздівля розташована на розвилці бічної гілки біля основного стовбура дуба на висоті 8 м і знаходиться на схід від стовбура. Окружність гніздового дерева дорівнює 342 см, тобто йому до 300 років. Воно росте у частково заболоченій березово-вільховій ділянці з окремими дубами. Дерево стоїть серед галявини розміром при-



Рис. 1. Гніздо чорних лелек у 13 вид. 65 кв. Звягельського л-ва в 2009 (ліворуч) та 2021 (праворуч) роках

близно 15 м на 40 м, з якої вільний підліт до гнізда. Найближчим місцем годівлі даної пари лелек, яке розташоване за 440 м від гнізда, є велике болото. За 500 м на південь від гнізда розташовані закинуті поля та зруйновані будинки вже покинутого села Катюха, яке знаходилось серед лісового масиву. До діючого населеного пункту 1,8 км, до краю лісового масиву – 1,4 км.

Під час перевірки цього гнізда 30.06.2022 року воно здавалось незаселеним: не було жодного сліду відвідування його птахами. Проте при порівнянні його фотографій з попереднім роком було очевидним, що птахи добудовували гніздо весною. 07.07.2023 року виявилось, що попереднє гніздо повністю обвалилось з природніх причин (через вітер або опади). Гілки, з яких воно складалось були на 100 % листяних порід: береза, вільха, дуб, тобто з тих дерев, які ростуть навколо. Лоток був вистелений мохом, травою і трішки листям. Цікаво, що на тій же гілці лелеки знову збудували абсолютно нове гніздо. Найімовірніше птахи в ньому в 2023 році не розмножувались, але під гніздом та іншими гілками дерева було досить багато посліду.

Невідомо, яка була доля гнізда в роки між дослідженнями, але на момент його останньої перевірки в 2023 році, воно використовувалось чорними лелеками близько 34 років, хоч останніми роками вони тут не розмножувались. Зрозуміло, що протягом такої кількості років, у ньому не могла гніздитись одна пара лелек, оскільки тривалість життя у них менша. Отже, це місце має підходящі умови для *S. nigra*, якщо його обирали для проживання різні пари.

Гнізда чорних лелек, яке в 2009 році знаходилось в 5 вид. 83 кв., під час перевірки 06.07.2021 року вже не було. Дерево та розвилка гілки, на яких воно було розташоване, стояли. Отже, воно впало з природніх причин.

Гніздо лелек в 10 вид. 34 кв., яке було заселене в 2009 році, 28.06.2020 року виявилось теж жилим. Воно знаходиться на тій самій бічній гілці біля основного стовбура дуба на висоті 9 м і напрямлене на схід. Обхват гніздового дерева дорівнює 198 см, отже йому біля 150 років. Воно росте серед середньовікової соснової ділянки з окремими дубами. За цей час з одного боку впритул до нього з'явилась вирубка, незважаючи на це лелеки продовжили розмножуватись у гнізді. Навпаки, птахи використовували її для підльоту до свого житла. У гніздіві було

2 пташенят віком 5-6 тижнів, закільцьованих нами, та 1 неплідне яйце, розміри якого 64,5x47,2 мм. За 3 години нашого перебування біля гнізда дорослий лелека прилітав один раз, щоб погодувати пташенят.

02.07.2021 року в гнізді було закільцьовано нами 3 пташенят віком приблизно 5 тижнів. Протягом 1,5 години до них прилітав 1 дорослий птах, але розвернувся у польоті, побачивши нас. Під час відвідування гнізда 30.06.2022 року на гілці стояв дорослий лелека, а в гнізді знаходилось 1 пташеня віком приблизно 6 тижнів, яке випрошувало їжу у нього. Після того як лелека полетів, протягом наступних 2 годин птахи більше не прилітали. Під час кильцювання пташеня відригнуло принесену нещодавно їжу: 16 пуголок зі сформованими ногами довжиною до 8 см та 2 молодих гребінчастих тритона (*Triturus cristatus*) довжиною до 10 см. Судячи зі складу корму, дорослі лелеки полюють на пересихаючих лісових річечках з запрудами бобрів, в яких в основному розмножуються земноводні і яких є декілька в даній місцевості.

Найближчим кормовим угіддям даної пари чорних лелек була лісова річечка Радичі, яка протікає за 770 м від гнізда. Птахи також могли годуватись на річці Случ, яка розташована за 3,4 км. Найближчий населений пункт знаходиться за 830 м, край лісового масиву – за 2,6 км. За 60 м від гніздіви знаходиться широка просіка, де в 2009 році проходила лісова дорога, в 2020 році її вже не було.

Гніздо збудоване приблизно з 90% соснових та 10% гілок листяних порід, оскільки воно знаходиться в сосновому виділі. Лоток вистелений переважно мохом (зозулиним льоном та сфагнумом), а також травою, які сильно втопані та загіджені послідом. Протягом 3 років зроблено проміри гнізда 1 (табл. 1), з яких видно, що воно постійно розширювалось, але висота залишалась приблизно однаковою. Розміри лотка збільшувались або зменшувались залежно від кількості пташенят. Як і всі гнізда чорних лелек, гніздо має плоский верх, оскільки глибина лотка становила до 5 см.

08.07.2023 року було виявлено, що взимку чи навесні було проведено суцільну рубку з іншого боку впритул до гніздового дерева. Його лісники залишили і воно опинилось посеред вирубки. Звісно, чорні лелеки не розмножувались у цьому гнізді, оскільки вони надають перевагу гніздівлям захраним серед дерев, але їх послід під ним

Проміри гнізд чорного лелеки

Проміри гнізда	Гніздо 1, 2020 р.	Гніздо 1, 2021 р.	Гніздо 1, 2022 р.	Гніздо 2, 2022 р.
Розміри лотка, см	80x80	90x92	80x80	77x86
Глибина лотка, см	3	4	5	6
Розміри гнізда, см	110x140	115x145	120x150	120x130
Висота гнізда, см	-	70	70	38

був. Можливо птахи використовували його як присаду для відпочинку. Отже, до 2023 ця гніздівля використовувалась чорними лелеками мінімум 18 років, оскільки в 2009 вона вже виглядала 4-5-річною.

За 880 м на північ від попереднього гнізда в 18 вид. 28 кв. взимку 2020 року було знайдено старе гніздо чорних лелек, край якого вже трішки обвалився. Воно було невисоке і найімовірніше використовувалось птахами не більше 2 років. Воно розташовувалось на розвилці товстої гілки біля стовбура дуба на висоті 3 м і напрямлене на південний-захід (рис. 2). Ця гніздівля чорних лелек знаходилась найнижче від землі із усіх відомих в Україні. Підліт до неї був з великої галявини довжиною 30 м, на південному краю якої воно розташовувалось. Гніздове дерево має окружність 250 см, отже йому до 200 років. Воно росте у сосново-бере-

зово-вільховій ділянці зі багатьма старими дубами за 80 м від невеликої лісової річки Радичі і за 50 м від її луки. Воно знаходиться в гідрологічному заказнику місцевого значення «Іванівський». В 2020 та 2021 роках гніздо не заселялось, а в 2023 році було вже майже розвалене. Напевно, його якийсь період використовувала пара птахів з попереднього гнізда, оскільки ці гніздівлі досить близько розташовані.

08.07.2023 року у тому ж вид. було знайдено ще одне гніздо, яке знаходиться за 120 м на північ від попереднього гнізда. Гніздівля була збудована навесні цього ж року. Найімовірніше її зробила пара лелек, яка гніздилась раніше в 10 вид. 34 кв., після того як там провели рубку, оскільки по прямій між цими гніздами невелика відстань – менше 1 км. Під нею було багато посліду дорослих птахів, але невідомо чи вони роз-



Рис. 2. Гніздо чорних лелек у 18 вид. 28 кв. Звягельського л-ва в 2021 році

множувались, тому що пташенят не було. З попереднього нашого досвіду відомо, що зазвичай на гніздах, які щойно збудовані, гніздування немає або воно неуспішне. Можливо це пов'язано з тим, що птахам не вистачає енергії та часу для розмноження після побудови гнізда або з більш складною шлюбною поведінкою чорних лелек. Гніздо розміщене на двох гілках, які утворені розвилкою бічної гілки, за 2 м від стовбура дуба на висоті 12 м. Воно направлене на північний-захід від стовбура. Обхват гніздового дерева 198 см, отже йому біля 150 років. Воно знаходиться за 200 м від найближчих кормових угідь – річечки Радичі, за 1,8 км від найближчого населеного пункту і за 3 км від краю лісового масиву.

Гнізда в 10 вид. 23 кв., на якому в травні 2009 року насиджував дорослий чорний лелека, під час перевірки 29.06.2020 року вже не було. Гніздове дерево ще росте, але одна з гілок, яка тримала у розвилці гніздівлю, відламалась багато років тому.

На території Малоцвілянського л-ва в 2020-2021 роках перевірено 3 гнізда відомих з 2009 року, 2 з яких тоді були заселені. Перше в 6 вид. 13 кв. відвідувалось нами 28.06.2020 року. Дуб, на якому воно розміщувалось, стояв посеред суцільної вирубки, яку провели приблизно за рік до того. Гнізда на ньому не було, хоча гілка, на якій воно знаходилося, висіла. Друге в 38 кв. того ж дня знайдене не було. Воно зникло з природних причин, оскільки рубки у цій місцевості не проводились. Третє в 16 вид. 69 кв. було нежиле в 2009 році. Ні його, ні дерева, на якому воно знаходилося, не вдалось знайти 02.07.2021 року через те, що декілька років тому у цій ділянці була проведена вибіркова рубка, а поруч суцільна.

Отже, в цьому л-ві протягом останніх років не було виявлено жодного жилого гнізда *S. nigra*, але встановлено одне імовірне місце гніздування. У липні 2023 року відмічали дорослих чорних лелек під час пошуку їжі на річці Случ в районі села Мала Цвіля.

У Курчицькому л-ві відоме одне передбачуване гніздування даного виду. В гніздовий сезон 2023 року дорослі птахи часто полюють на річці Гутянка прямо в межах села Курчицька Гута.

Крім того у безпосередній близькості до цього л-ва взимку 2021 року було знайдено гніздо у 8 вид. 20 кв. Городницького л-ва Звягельського лігоспу агропромислового комплексу. Під час наступного відві-

дування ввечері 30.06.2022 року на ньому стояв один дорослий лелека, а під ним лежало двотижнєве пташеня. Птах не полетів, навіть при нашому наближенні до 25 м, але можливо він цього не помітив. Гніздо знаходиться на розвилці гілки за 40 см від стовбура сухого дуба на висоті 5 м і направлене на південь. Судячи з його розмірів, воно використовувалось не менше 5 років. Гніздове дерево має окружність 240 см, отже йому було близько 170 років, коли воно всохло. Воно знаходиться у середньовіковій сосновій ділянці, де також є молоді осики, берези і окремі дуби, з досить густим підліском. За 60 м від гнізда 3-5 років тому була проведена суцільна рубка. Цікаво що птахи не залишили його і продовжували у ньому гніздитись. Гніздо знаходиться за 330 м від найближчих кормових угідь – лісової річки Криваль і за 100 м від її луки, за 2,7 км до краю лісового масиву і за 3,7 км від населеного пункту. 08.07.2023 року під гніздом було багато слідів посліду, який залишили раніше дорослі птахи. Чи розмножувались вони невідомо.

У Пилиповицькому л-ві гнізда виявлені в 2009 протягом 2020-2023 років не перевірялись, але було встановлено одне імовірне гніздування чорних лелек в районі села Таращанка, де в гніздовий період зустрічали дорослих птахів.

На території Пищівського л-ва перевірено 2 гнізда відомих з 2009 року. Першого в 15 (а за старим лісовпорядкуванням у 13) вид. 43 кв. 27.06.2020 року вже не було, але дерево стояло. Воно впало з природних причин. Проте за 70 м від нього у цьому ж виділі чорні лелеки збудували нову гніздівлю, на якій не було нікого, хоча ще в 28.05.2020 дорослий птах насиджував яйця у ній. На землі під нею лежали череп і кістки минулорічного пташеняти. Гніздо знаходиться в ландшафтному заказнику місцевого значення «Пікельський». Воно розташоване на розвилці товстої гілки за 3,5 м від стовбура дуба на висоті 14 м і орієнтоване на північ. Воно було досить велике і, напевно, вже використовувалось 4-5 років. Обхват гніздового дерева дорівнює 287 см, отже його вік приблизно 200 років. Воно росте у заболоченій березово-вільховій ділянці з окремими дубами і соснами за 10 м від лісової дороги, яка рідко використовується. Навколо гнізда є невелика галявина, де відсутні високі дерева і майже немає підліску та з якої вільний підліт до гнізда. Найближча водойма (витока безіменної лісової річечки)

знаходиться за 900 м, населений пункт і край лісового масиву за 1,3 км.

Під час перевірки 05.07.2021 року слідів відвідування птахами гніздівлі не виявлено, але при порівнянні з минулорічними фотографіями встановлено, що птахи навесні добудовували її. 01.07.2022 року у гнізді було 2 пташенят віком 3-4 тижні, яких ми закільцювали. Воно збудоване на 90 % з гілок листяних порід та на 10 % з соснових. Лоток вистелений зозулиним льоном і травою. Зроблено проміри гнізда (табл. 1). За 2,3 години 1 дорослий птах прилітав погодувати пташенят лише раз. Приблизно за 200 м від гнізда у цьому ж кв. гніздилась пара канюка звичайного (*Buteo buteo*). Даний вид не становить небезпеки для чорних лелек, але може займати їх житла (Панчук і Серебряков, 2010а). 08.07.2023 року в гнізді лежало 3 пташенят віком 7-8 тижнів. Отже, чорні лелеки проживають у даному виділі близько 34 років, якщо враховувати, що попереднє гніздо було відоме приблизно 20 років в 2009 році. Необхідно виявляти і брати під охорону такі ділянки, де є підходящі умови для розмноження даного виду.

Друге гніздо у 18 кв. того ж л-ва, яке було незаселене в 2009 році, 27.06.2020 року не було знайдене. Оскільки рубок тут не проводили, то найімовірніше воно обвалилось.

Взимку 2020 року в 1 вид. 25 кв. Ярунського л-ва в лісовому заказнику загальнодержавного значення «Туганівський» було знайдено дуже старе наполовину розвалене гніздо чорних лелек. Коли птахи у ньому гніздилися невідомо. Воно знаходилося на товстій гілці за 3 м від стовбура дуба на висоті 14 м у старовіковій діброві. Гніздове дерево росте за 70 м від асфальтованої дороги, яка з'єднує сусідні села. Найближча водойма – річечка Жолоб'янка за 230 м, край лісового масиву за 530 м, населений пункт – 3,2 км.

В Надслучанському (колишньому Держинському) л-ві протягом 2020-2023 років було знайдено 2 жилих гнізда *S. nigra* і 1 нежиле та 1 імовірне гніздування. Перше знаходиться в лісовому заказнику місцевого значення «Сапожинський» у 1 вид. 72 кв. Воно розташоване на розвилці бічної гілки за 0,5 м від основного стовбура дуба на висоті 18 м і напрямлене на північний-схід. Гніздове дерево росте у старовіковій сосново-дубовій ділянці. Воно має вік приблизно 250 років, оскільки його обхват дорівнює 320 см. Найближчим кормовим угіддям цієї пари птахів є витoki невеликої при-

токи річки Церем, яка розташована за 200 м, а сама річка знаходиться за 1,1 км. Відстань від гнізда до краю лісового масиву дорівнює приблизно 180 м, а до населеного пункту – 950 м. Воно відоме з 2020 року, тоді пташенят не було, хоча навесні дорослі лелеки насиджували у гнізді. В 2021 році було одне пташеня. 01.07.2022 року пташенят не було, але під гніздовим та сусідніми деревами було дуже багато посліду дорослих птахів, отже, вони досі перебували на гніздовій території. Чи взагалі відбувалось розмноження невідомо. 08.07.2023 року слідів відвідування гніздівлі птахами не було, але при порівнянні фотографій з минулим роком помітно, що вони добудовували її навесні.

Друге гніздо чорних лелек перевірене 01.07.2022 року, під яким було багато посліду дорослих птахів, але в ньому пташенят не було. Воно знаходиться у молодій вільховій ділянці в 3 вид. 70 кв. і розташоване у розгалуженні чотирьох гілок вільхи на висоті 14 м (рис. 3). Воно орієнтоване на схід, дуже високе – близько 1 м, має овальну форму знизу, а не круглу як більшість гнізд *S. nigra*. Гніздове дерево має трішки вигнутий стовбур, обхват 116 см і вік 60 років. За 780 м від гніздівлі протікає каналізована безіменна притока річки Церем, яка є найближчим кормовим угіддям даної пари лелек. Край лісового масиву знаходиться за 1,9 км, а населений пункт – за 2,9 км. Працівники лігоспу знають це гніздо приблизно 15 років. В 2021 році у ньому було 2 пташенят. 08.07.2023 року слідів відвідування птахами гніздівлі не виявлено.

1 імовірне гніздування чорних лелек у цьому л-ві зареєстроване в районі 47 кв., де 19.04.2020 року було відмічено пару, яка проявляла шлюбну поведінку. Того ж дня неподалік було знайдено старе нежиле гніздо, напевно, цієї пари в 16 вид. 58 кв. у заболоченій середньовіковій березово-вільхово-осиковій ділянці з єдиним дубом. На ньому і розташована гніздівля: на розвилці грубої гілки за 2 м від стовбура на висоті 10 м і напрямлена на захід. Судячи з її висоти та розмірів, вона використовувалась не менше 5-7 років, в який період це було невідомо. Половина гнізда трішки просіла між розвилкою. В 2020 та 2022-23 роках було незайняте. Окружність гніздового дерева – 248 см, отже його вік приблизно 170 років. Під ним не ростуть інші дерева, тому утворився вільний підліт до гнізда. Найближчий кормовий біотоп –



Рис. 3. Гніздо чорних лелек у 3 вид. 70 кв.  
Надслучанського л-ва в 2022 році

ставок на лісовій річці знаходиться за 780 м від гнізда, населений пункт за 2,1 км, край лісового масиву за 3,1 км.

У *Городницькому* л-ві виявлено одне імовірне гніздування чорних лелек: у гніздовий сезон 2023 року на річці Случ біля селища Городниця часто шукають їжу дорослі птахи.

У *Липинському* л-ві перевірено 2 гнізда *S. nigra*, які були заселені в 2009 році. На місці обох ділянок 01.07.2022 року виявлені суцільні рубки: в 3 вид. 27 кв. лісники залишили стояти гніздове дерево, а в 28 (раніше в 24) вид. 49 кв. навіть його зрізали. Пошуки нових гнізд у цьому л-ві не велись.

В *Кленівському*, *Червоновільському* та *Броницькому* л-вах в 2020-2023 роках дослідження взагалі не проводились.

#### **Обговорення**

Протягом 2020-2023 років в *Городницькому* лісгоспі було виявлено 7 жилих гнізд, 2 з яких належить одній парі чорних лелек, 3 нежилых і 5 імовірних гніздувань (рис. 4). Отже, на території даного підприємства загалом підтверджено 11 гніздових пар *S. nigra*, що значно менше ніж в 2009 році – 25 пар. Така різниця пов'язана з тим, що в останні роки нами досліджено менше половини площі цього лісового господарства. Тому застосовуючи метод екстраполяції можна припустити, що загальна

чисельність виду на даний момент теж становить приблизно 25 пар. Значить і щільність гніздування залишається такою як була – 3,2 пари на 100 км<sup>2</sup> лісів. В 2009 році (Панчук і Серебряков, 2010а) нами було відмічене зростання чисельності виду в західній частині Житомирського Полісся у порівнянні з попередніми даними, проте протягом останнього десятиліття вона залишається стабільною.

Останніми роками спостерігається негативна тенденція до зменшення кількості пар, які приступають до розмноження, а також зменшення пташенят, які успішно вилупились та вилетіли з гнізда. Якщо в 2004-2008 роках середня кількість пташенят у виводку була 3,43 (n=7), то в 2020-2023 роках – 1,9 (n=8) (табл. 2). По 3 виводки (37,5 %) мали 1 і 2 пташенят, а 2 виводки (25 %) – 3. Якщо порахувати середню кількість пташенят на всі зайняті гнізда включно з парами чорних лелек, які займали гнізда, але не розмножувались, або у яких було неуспішне гніздування, то вона становить 0,8 (n=19). Кількість пташенят і пар, які розмножуються, прямо залежить від кількості опадів, які відбуваються протягом зими-весни і початку літа. Чим їх більше, тим сильніше водойми заповнюються водою і тим більше поживи для лелек. Так 2020 та 2022 роки мали посушливий



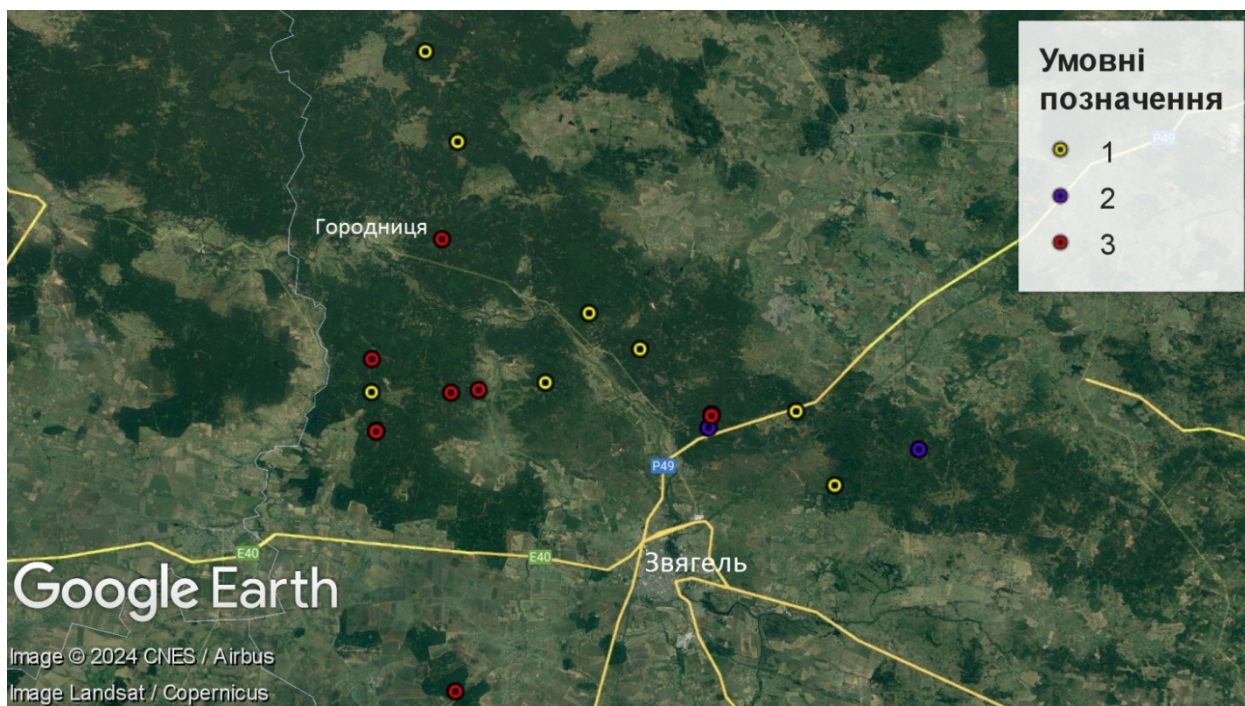


Рис 4. Досліджені гнізда чорних лелек: 1 – виявлені в 2009, зникли до 2020-2023; 2 – заселені в 2009 та 2020-2023; 3 – виявлені в 2020-2023 роках

Таблиця 2

Кількість пташенят в 2020-2023 роках

Рік	Загальна кількість пташенят, особин	Кількість гнізд з пташенятами, штук	Середня кількість пташенят у виводку, особин/на гніздо	Кількість всіх зайнятих гнізд, штук	Середня кількість пташенят на всі зайняті гнізда, особин/на гніздо
2020	2	1	2	3	0,67
2021	6	3	2	5	1,2
2022	4	3	1,33	6	0,67
2023	3	1	3	5	0,6
Всього	15	8	1,9	19	0,8

зимово-весняний період, тому кількість пташенят невелика, а 2021 рік був достатньо вологий, тому вона трішки більша. Зменшення кількості потомства призведе до зменшення чисельності популяції *S. nigra* у майбутньому, тому їх доля залежить від подальших змін клімату.

В 2020-2023 роках нами було перевірено загалом 11 гнізд чорних лелек відомих з 2009 року, 9 з яких тоді були заселені даним видом. Встановлено, що лише 2 гнізда залишились дотепер (18 %), 5 (46 %) – зникли з природних причин: обвалилась власне гнізділля, або гілка на якій вона знаходилась. 4 гнізда (36 %) були знищені в результаті рубок. Отже, лісозаготівля залишається як і раніше (Панчук і Серебряков, 2010а) одним з нега-

тивних факторів людської діяльності, який впливає на зникнення гнізд.

Ще один негативний фактор це те, що ліси стали доступніші для відвідування людьми. Якщо в 2009 році ґрунтові дороги були важкопроїздними у весняно-літній період, то зараз вони висипані кам'яною крихтою і можна заїхати вглиб лісових масивів будь-коли і будь-яким транспортом. Це збільшує фактор непокоєння птахів у гніздовий період.

Відмічаються деякі пристосування чорних лелек до зміненого людиною середовища. Через збільшення лісозаготівлі і зменшення придатних місць гніздування лелеки зараз більш лояльно ставляться до вирубок біля гнізд ніж раніше (Панчук і Серебряков, 2010а),

якщо вони були проведені з одного боку і у негніздовий період, оскільки вони, можливо, сприймають їх як природні утворення. Наприклад, нам відомо багато гніздівель зроблених на краю болота. Проте гніздове дерево має бути непомітним для хижаків і захищеним від сонця, тому птахи не гніздяться на деревах, які лісники залишають поодинокі стояти на вирубках. Також через зменшення кількості кормових угідь, чорні лелеки менш обережно ставляться до людини під час годівлі. Їх часто можна побачити на полюванні у населених пунктах. Наприклад, декілька разів їх відмічали на річці Случ прямо у межах міста Звягель. Вони не звертали уваги на людей. Крім того одне з гнізд знаходилось за 70 м від асфальтованої дороги між селами.

В той же час чорні лелеки продовжують будувати гнізда подалі від населених пунктів, відстань до яких становить 0,83-3,7 км, в середньому – 2,04 км (n=10). А також зазвичай далеко від краю лісового масиву – 0,18-3,1 км, в середньому 2 км (n=10).

Через пересихання невеликих боліт та річок в 2020-2023 роках збільшилась відстань до найближчих кормових угідь у порівнянні з попереднім дослідженням 2009 року. Вона становить 80-900 м, середнє значення – 471 м (n=10). Це пов'язано з тим, що дуже багато раніше заболочених ділянок в останні роки не мають води через зміни клімату. Часто у літні періоди вода залишається тільки у великих річках і болотах, а на малих річках в бобрових загатах і в ставках створених людиною, які чорні лелеки використовують для пошуку поживи.

Як і раніше для побудови гнізд чорні лелеки надають перевагу старим дубам – 90 % (n=10), вік яких становив від 150 до 300 років. Тільки одне гніздо збудоване на молодій (60 років) вільсі. Птахи обирають досить великі гніздові дерева, окружністю – 116-342 см, в середньому – 244 см (n=9). 60 % з них ростуть у березово-вільхових ділянках з різними домішками інших порід (n=10), 30 % - соснових, 10 % - дубових.

90 % (n=10) гнізд збудовані на бічній гілці біля основного стовбура або на певній відстані від нього (0,4-3,5 м), а 10 % – в розвилці. 33,3 % (n=9) їх орієнтовані на схід від стовбура. Вони розташовані на висоті 3-18 м, 50 % знаходяться на висоті 10-15 м, 30 % - 5-10 м. Середнє значення – 10,7 м (n=10), а під час попереднього дослідження – 13,5 м.

Гнізда досягають розмірів 110x150 см, а висоти – більше 1 м. Гілки, з яких вони побудовані, завжди належать до тих видів

дерев, які ростуть навколо них. Отже, птахи збирають матеріал для побудови гніздівель безпосередньо біля них. Їх можуть використовувати багато років. На даний момент найстаріше гніздо, яке заселяється, відоме 34 роки, 2 відомі більше 15 років.

Для збереження виявлених гнізд потрібно створити навколо них охоронні зони радіусом 100 м, де заборонити будь-яку лісогосподарську діяльність, та 500 м, де не проводити заходів в гніздовий період (Порядок, 2023). Також ефективним для охорони чорних лелек є створення нових об'єктів природно-заповідного фонду, як показує приклад багатьох заказників, де протягом десятиліть гніздяться лелеки. У місцях, де не залишилось придатних для гніздування дерев, але є достатньо кормових угідь, можна монтувати штучні платформи, оскільки даний вид їх заселяє (Бокотей і Дзюбенко, 2023). Крім того вже зараз лісники залишають старі дерева на вирубках, які у майбутньому можуть бути використані птахами для побудови гнізд, коли на ділянках виростуть молоді дерева. Також можна створювати штучні водойми для збільшення кормів для чорних лелек.

#### **Висновки**

З 2009 по 2023 роки чисельність чорних лелек в західній частині Житомирського Полісся залишається відносно стабільною. Вона становить приблизно 25 гніздових пар. Проте зміни клімату сильно впливають на успішність розмноження даного виду, оскільки все частіше спостерігаються роки з малою кількістю опадів протягом зими-весни і початку літа. За останнє десятиліття зафіксовано зменшення майже вдвічі середньої кількості пташенят у виводку з 3,43 до 1,9. Якщо і далі буде продовжуватись вплив цього негативного фактору, це призведе до зниження чисельності популяції у майбутньому.

Завдяки інтенсивній лісозаготівлі продовжує зменшуватись кількість гнізд і місць придатних для гніздування чорних лелек. Найкращим методом їх збереження, який показав свою ефективність, є створення заказників.

Чорні лелеки гніздяться на територіях з певними важливими для них умовами, а саме наявність близько водойм, старих дерев з гарним підльотом, місця переважно віддалені від населених пунктів та всередині лісових масивів тощо.

Хоча чорні лелеки залишаються досить консервативними у виборі місць для гніздування, але для пошуку їжі вони досить часто прилітають до населених пунктів.

### Список використаних джерел

- Бокотей А.А., Дзюбенко Н.В. План дій щодо збереження чорного лелека *Ciconia nigra* в Україні: очікування та реалії. *Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія*. 2023. Том 25, №2. С. 21–28. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.2.03>.
- Весельський М.Ф. Чорний лелека на Житомирщині. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. 2017. Вип. 33. С. 33–42.
- Грищенко В.М., Головач О.Ф., Серебряков В.В., Скільський І.В., Савчук О.В. Підсумки проведення “Року чорного лелека” в Україні. *Чорний лелека в Україні* / за ред. В. М. Грищенко, І. В. Скільського. Чернівці, 1992. С. 1–16.
- Дзюбенко Н.В., Бокотей А.А., Бучко В.В., Весельський М.Ф., Кратюк О.Л., Кузьменко Ю.В., Панчук О.С., Скільський І.В., Федун О.М., Химин М.В. Інвентаризація гнізд чорного лелека *Ciconia nigra* (L.) в Україні. *Troglodytes. Праці Західноукраїнського орнітологічного товариства*. 2011. Вип. 2. С. 9–18.
- Малега О. Новоград-Волинське лісомисливське господарство. *ІВА території України: території, важливі для збереження видового різноманіття та кількісного багатства птахів* / Микитюк О. К.: СофтАРТ, 1999. С. 107.
- Панчук О.С. Результати дослідження чисельності чорного лелека, *Ciconia nigra* (Aves, Ciconiiformes), в Північній Україні в 2008–2016 роках. *Вісник зоології*. 2017. Вип. 35. С. 55–58.
- Панчук О.С., Серебряков В.В. Сучасний стан чисельності та деякі особливості гніздової біології чорного лелека в західній частині Житомирського Полісся. *Заповідна справа в Україні*. 2010а. Т. 16, Вип. 1. С. 55–60.
- Панчук О., Серебряков В. Чорний лелека *Ciconia nigra* в Західному Поліссі. *Вісник Львівського університету, сер. біол.* 2010б. Вип. 54. С. 194–202.
- Порядок створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах. Постанова Кабінету Міністрів України від 12 травня 2023 р. № 499. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/499-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення 01.02.2024).
- Panchuk O., Serebryakov V. Numbers of Black Stork *Ciconia nigra* in Ukraine in 2008–2015. *Die Vogelwelt*. 2017. Bd. 137, № 1. S. 119–123.

### References (translated & transliterated)

- Bokotey, A.A., & Dziubenko, N.V. (2023). Plan diy shchodo zberezhenia chornoho leleky *Ciconia nigra* v Ukraini: ochikuvannia ta realii [Action plan for Black Stork *Ciconia nigra* conservation in Ukraine: expectations and realities]. *Bioriznomanittia, ekolohiia ta eksperymentalna biolohiia* [Biodiversity, Ecology and Experimental Biology], 25 (2), 21–28 [in Ukrainian].
- Dziubenko, N.V., Bokotey, A.A., Buchko, V.V., Veselskyy, M.F., Kratiuk, O.L., Kuzmenko, Yu.V., Panchuk, O.S., Skilsky, I.V., Fedun, O.M., & Khymyn, M.V. (2011). Inventaryzatsiia hnizd chornoho leleky *Ciconia nigra* (L.) v Ukraini [Inventory of Black Stork nests *Ciconia nigra* (L.) in Ukraine]. *Troglodytes. Pratsi Zakhidnoukrainskoho ornitologichnoho tovarystva* [Troglodytes. Proceedings of Western Ukrainian Ornithological Society], 2, 9–18 [in Ukrainian].
- Hryshchenko, V.M., Holovach, O.F., Serebriakov, V.V., Skilsky, I.V., & Savchuk, O.V. (1992). Pidsumky provedennia “Roku chornoho leleky” v Ukraini [The results of company “Year of Black Stork” in Ukraine]. *Chornyy leleka v Ukraini* [Black Stork in Ukraine] / za red. V. M. Hryshchenka, I. V. Skilskoho. Chernivtsi: 1–16 [in Ukrainian].
- Maleha, O. (1999). Novohrad-Volynske lisomyslyvske hospodarstvo [Novohrad-Volynsk forest and hunting farm]. *IBA terytorii Ukrainy: terytorii, vazhlyvi dlia zberezhenia vydovoho riznomanittia ta kilkisnoho bahatstva ptakhiv* [IBA territories of Ukraine: territories important for the preservation of species diversity and quantitative wealth of birds] / za red. Mykytiuk O. K. SoftART: 107–108 [in Ukrainian].
- Panchuk, O., & Serebryakov, V. (2017). Numbers of Black Stork *Ciconia nigra* in Ukraine in 2008–2015. *Die Vogelwelt*. Bd. 137, № 1. S. 119–123 [in English].
- Panchuk, O.S., & Serebriakov, V.V. (2010). Suchasnyy stan chyselnosti ta deiaki osoblyvosti hnizdovoi biolohii chornoho leleky v zakhidniy chastyni Zhytomyrskoho Polissia [Modern Black Stork numbers and some particularities of breeding biology in western part of Zhytomyr Polissya]. *Zapovidna sprava v Ukraini* [Nature Reserves in Ukraine], 16 (1), 55–60 [in Ukrainian].
- Panchuk, O.S. (2017). Rezultaty doslidzhennia chyselnosti chornoho leleky, *Ciconia nigra* (Aves, Ciconiiformes), v Pivnichniy Ukraini v 2008-2016 rokakh [The results of the researche of Black Stork numbers, *Ciconia nigra* (Aves, Ciconiiformes), in Northern Ukraine in 2008–2016]. *Vestnik zoologii* [Visnyk zoology], 35, 55–58 [in Ukrainian].
- Panchuk, O., & Serebriakov, V. (2010). Chornyy leleka *Ciconia nigra* v Zakhidnomu Polissi [Black stork *Ciconia nigra* status in West Polissya]. *Visnyk Lvivskoho universytetu, ser. biol.* [Visnyk of Lviv University. Biological series], 54, 194–202 [in Ukrainian].
- Poriadok stvorennia okhronnykh zon dlia zberezhenia bioriznomanittia u lisakh. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 12 travnya 2023 r. No 499 [The procedure for creating protective zones for the preservation of biodiversity in forests. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine May 12, 2023. No 499]. [Electronic resource]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/499-2023-%D0%BF#Text> (access date 01.02.2024) [in Ukrainian].
- Veselskyy, M.F. (2017). Chornyy leleka na Zhytomyrshchyni [Black Stork in Zhytomyr region]. *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu* [Scientific Notes of the State Natural History Museum], 33, 33–42 [in Ukrainian].

Отримано: 09.02.2024  
Прийнято: 11.03.2024



УДК 582.321(477.87):581.5:502.4  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.5>

## МОХОПОДІБНІ ГІРСЬКОГО ХРЕБТА ВЕЛИКИЙ ДІЛ (НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК “ЗАЧАРОВАНИЙ КРАЙ”, УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ) ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА ПРИУРОЧЕНІСТЬ

Р. Е. Садигов<sup>1</sup>, Л. М. Фельбаба-Клушина<sup>2</sup>

Моніторинг біорізноманіття заповідних територій важливий у контексті планування природоохоронного менеджменту. Мохоподібні є важливим аспектом біорізноманіття рослинного покриву та проявляють хороші індикаторні властивості на рівні видів і угруповань. Вивчення мохоподібних НПП Зачарований край розпочато нещодавно (Садигов, 2020, 2021; Фельбаба-Клушина, Садигов, 2022; Садигов, Фельбаба-Клушина, 2021, 2022, 2023). Опубліковані результати стосуються окремих урочищ, чи заповідних територій нижчого рангу, які увійшли до складу НПП, цікавим знахідкам та опису окремих бріоугруповань. Однак узагальнюючі результати дослідження мохоподібних хребта Великий Діл, що є найбільшою геоморфологічною структурою парку, наводяться нами вперше. Нами досліджено таксономічну та екологічну структуру бріофлори цього хребта на основі збору матеріалу в букових, буково-дубових, буково-ялинових лісах (на корі дерев, мертвій деревині, на ґрунті), вздовж струмків, на болоті Багно, на скелях і каменях. Бріологічний матеріал визначали за допомогою традиційних визначників. Систематичний аналіз зроблено на основі останнього європейського бріотаксономічного огляду (Hodgetts et al., 2020), екологічні групи охарактеризовано за загальноприйнятими критеріями. Всього у результаті досліджень виявлено 129 видів мохоподібних з 48 родин та 94 родів. Аналіз спектру провідних провідних бріофітових мохів та печіночників вказує, що основна частина видів приурочена до букових лісів та вологих і перезволожених екотонів. У результаті аналізу екологічної структури встановлено, що найбільш поширеними є мезотрофні мезофіти, значний відсоток становлять мезоевтрофні й евтрофні гігрозомофіти і гігрофіти, що свідчить про наявність як помірно вологих, так і перезволожених відносно поживних екотонів, придатних для заселення бріофітами. Слід відзначити, що таксономічна і екологічна структура мохоподібних досить точно характеризує екологічні особливості території досліджень.

**Ключові слова:** мохи, печіночники, екологічні групи, вологість, трофність, Вулканічні Карпати.

<sup>1</sup> аспірант кафедри ботаніки  
(Ужгородський національний університет, м. Ужгород)  
e-mail: rostyslav.sadyhov@uzhnu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-6028-8806

<sup>2</sup> доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри ботаніки  
(Ужгородський національний університет, м. Ужгород)  
e-mail: lyubov.felbaba-klushyna@uzhnu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-4891-4229

## BRYOPHYTES OF THE VELYKYI DIL MOUNTAIN RANGE (NATIONAL NATURE PARK “ZACHAROVANII KRAJ”, UKRAINIAN CARPATHIANS) AND THEIR ECOLOGICAL TIMING

R. E. Sadygov, L. M. Felbaba-Klushyna

Biodiversity monitoring of protected areas is important in the context of environmental management planning. Bryophytes are an important aspect of plant cover biodiversity and exhibit good indicator properties at the level of species and communities. The study of bryophytes in the Zacharovanyi Krai NNP has been started recently (Sadygov 2020, 2021; Felbaba-Klushyna, Sadygov 2022; Sadygov, Felbaba-Klushyna 2021, 2022, 2023). The published results relate to individual tracts or lower-ranked protected areas that are part of the NNP, interesting findings and descriptions of individual bryocommunities. However, we present the generalized results of the study of bryophytes of the Velykyi Dil ridge, which is the largest geomorphological structure of the park, for the first time. We have studied the taxonomic and ecological structure of the bryoflora of this ridge based on the collection of material in beech, beech-oak, beech-spruce forests (on tree bark, dead wood, and soil), along streams, in the Bagno bog, on rocks and stones. We investigated the taxonomic and ecological structure of the bryoflora of the “Zacharovanyi krai” National Nature Park. Bryological material was determined using traditional determinants. Systematic analysis was made on the basis of the latest European bryotaxonomic system “An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus” (Hodgetts et al., 2020), ecological groups were characterized according to generally accepted criteria. A total of 129 bryophyte species from 48 families and 94 genera were found as a result of research. Analysis of the spectrum of the leading families of mosses and liverworts indicates that the main part of the species is confined to beech forests and moist and overmoistened ecotopes. As a result of the analysis of the ecological structure, it was established that the most widespread are mesotrophic mesophytes, a significant percentage is mesoeutrophic and eutrophic hygromesophytes and hygrophytes, which indicates the presence of both moderately humid and overmoistened, relatively nutritious ecotopes, suitable for bryophytes to inhabit. It should be noted that the taxonomic and ecological structure of bryophytes accurately characterizes the ecotopical features of the research area.

**Key words:** mosses, liverworts, ecological groups, humidity, trophicity, Volcanic Carpathians.

### Вступ

Актуальним завданням сьогодення є вивчення біорізноманіття природоохоронних територій з метою подальшого планування заходів природоохоронного менеджменту. Мохоподібні є важливим компонентом екосистем, який чутливий до змін умов екоотопів, і, відповідно, вважаються хорошим індикатором їхнього стану (Бойко, 2010; Лобачевська та ін., 2023).

Вивчення мохоподібних Закарпатської області розпочалося з 90-х років минулого століття, зокрема опубліковано флористичні зведення для Карпатського біосферного заповідника (Данилків та ін., 1997), Ужанського національного природного парку (НПП) (Danylків, 1998; Virchenko, 1998), НПП “Синевир” (Вірченко та ін., 2016). У низці публікацій для НПП “Зачарований край” наведені відомості про окремі знахідки раритетних видів мохоподібних та характеристику окремих мохових угруповань у Вулканічних Карпатах (Фельбаба-Клушина і Садигов, 2022; Садигов, 2020, 2021), реліктового моху *Tomentypnum nitens* (Hedw.) Loeske (Садигов і Фельбаба-Клушина, 2022), про види роду *Sphagnum* L. болота

Чорне Bagno (Садигов і Фельбаба-Клушина, 2021) а також про біорізноманіття заказника Зачарована долина, що є частиною НПП Зачарований край (Sadygov & Felbaba-Klushyna, 2023).

Національний природний парк (НПП) “Зачарований край” було створено у 2009 р. на території Хустського району Закарпатської області. Парк розташований на південно-західних схилах Вулканічного масиву, який відділений від інших частин Вулканічної гряди долинами річок Латориця з північного заходу і Боржава з південного сходу. Територія Парку складається з трьох окремих масивів, розташованих на двох хребтах передгір'я Східних Карпат: Вигорлат-Гутинському (8664,0 га) та Полонинському (1787 га). Ліси займають 96,7% території Парку. У складі деревостану переважає *Fagus sylvatica* L. – 92,0%, *Picea abies* (L.) H.Karst. становить 6,6%, а на решту деревних порід припадає лише 1,4 % площі (Літопис Природи, 2022). У 2017 р. букові праліси Парку на ділянках “Іршавка” і “Великий Діл” були включені до переліку об'єктів світової спадщини ЮНЕСКО. Метою роботи було проаналізувати таксономічну

та екологічну структуру бріофлори, оцінити стан бріофітного покриву та виявити його особливості на території досліджень.

### Матеріал і методи

Дослідження проводили маршрутним методом протягом 2018-2022 р. на території НПП “Зачарований край” в околицях сіл Ільниця та Підгірне (хребет Великий Діл). Бріологічний матеріал визначали у лабораторіях Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного (м. Київ), Інституту екології Карпат НАН України (м. Львів) та на кафедрі ботаніки ДВНЗ “Ужгородський національний університет” за допомогою мікроскопів МБС-9, МБС-10, Olympus BX-53, ZEISS Primo Star із використанням визначників (Зеров, 1964; Бачуріна і Мельничук, 1987, 1988, 1989, 2003). Система та номенклатура видів подані за “An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus” (Hodgetts et al., 2020) та “Продромусом спорових рослин України” (Вірченко і Нипорко, 2022). Екологічні групи мохоподібних за вологістю та трофністю субстрату визначали за Г. Еленбергом (Ellenberg & Leuschner, 2010).

### Результати

Всього у результаті досліджень виявлено 129 видів мохоподібних з 48 родин та 94 родів. За кількістю видів переважають родини *Orthotrichaceae* – 10; *Brachytheciaceae* – 9; *Amblystegiaceae* – 8; *Mniaceae*, *Polytrichaceae* – по 7; *Sphagnaceae* – 6; *Bryaceae*, *Dicranaceae*, *Neckeraceae*, *Pottiaceae*, *Pylaisiaceae* – по 5; *Grimmiaceae*, *Thuidiaceae* – по 4; *Fissidentaceae*, *Lophocoleaceae*, *Leucobryaceae*, *Plagiotheciaceae* – по 3 (табл. 1). Родини *Calliegonaceae*, *Hylacomiaceae*, *Lepidoziaceae*, *Metzgeriaceae*, *Pelliaceae*, *Scorpidiaceae* є двовидовими, решта – одновидовими (26). Серед багатовидових родів можна відзначити: *Sphagnum* – 6 видів, *Polytrichum*, *Ptychostomum* – по 4, *Dicranum* – 4, *Fissidens* – 3.

### Обговорення

На першому місці за видовим багатством (10 видів, 7,7%) знаходиться родина *Orthotrichaceae*, представники якої є переважно епіфітами у букових лісах, які переважають на території досліджень. Приуроченістю до цього типу лісу, зокрема до ділянок старовікових лісів та пралісів також пояснюється багатство родин *Brachytheciaceae*, *Polytrichaceae*, *Amblystegiaceae*, *Mniaceae*, *Neckeraceae*, *Pylaisiaceae*. Болота, вологі та перезволожені території характеризуються участю у рослинному покриві представників

Таблиця 1  
Таксономічна структура мохоподібних  
Національного природного парку  
“Зачарований край”

Родина	Рід		Вид	
	к-сть	%	к-сть	%
<i>Orthotrichaceae</i>	6	6,4	10	7,7
<i>Brachytheciaceae</i>	7	7,4	9	7,0
<i>Amblystegiaceae</i>	8	8,5	8	6,2
<i>Polytrichaceae</i>	4	4,3	7	5,4
<i>Mniaceae</i>	4	4,3	7	5,4
<i>Sphagnaceae</i>	1	1,1	6	4,7
<i>Neckeraceae</i>	4	4,3	5	3,9
<i>Pottiaceae</i>	4	4,3	5	3,9
<i>Pylaisiaceae</i>	4	4,3	5	3,9
<i>Bryaceae</i>	2	2,1	5	3,9
<i>Dicranaceae</i>	2	2,1	5	3,9
<i>Grimmiaceae</i>	3	3,2	4	3,1
<i>Thuidiaceae</i>	2	2,1	4	3,1
<i>Plagiotheciaceae</i>	2	2,1	3	2,3
<i>Fissidentaceae</i>	1	1,1	3	2,3
<i>Lophocoleaceae</i>	2	2,1	3	2,3
<i>Leucobryaceae</i>	2	2,1	3	2,3
Двовидові родини	11	11,7	12	9,3
Одновидові родини	25	2,5	25	19,4
Всього	94	100	129	100

родин *Amblystegiaceae*, *Brachytheciaceae*, *Calliegonaceae*, *Polytrichaceae*. Види родин *Bryaceae* та *Pottiaceae* заселяють порушені ділянки на узліссях та у лісах.

У букових лісах мохоподібні займають ділянки, порушені унаслідок зсувів ґрунту і падіння дерев, узбіччя стежок та доріг. Це переважно мохи *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp., *Fissidens taxifolius* Hedw., *F. dubius* P. Beauv., *Polytrichum formosum* Hedw., *Apopellia endiviifolia* (Dicks.) Nebel & D. Quandt., *Pellia epiphylla* (L.) Corda. Свіжопорушений ґрунт заселяють *Funaria hygrometrica* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Polytrichum piliferum* Hedw., *Fissidens bryoides* Hedw., *Pogonatum aloides* (Hedw.) P. Beauv., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.

У наземному покриві затінених вологих ялицевих лісів домінують *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Dicranum majus* Sm., *D. polysetum* Sw. ex Anon, *D. scoparium* Hedw., *Polytrichum formosum* Hedw., трапляються *Leucobryum glaucum* (Hedw.) Ångstr., *Bazzania trilobata* (L.) Gray, *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *Sphagnum squarrosum* Crome.

На вологих місцях біля потоків і джерел ростуть *Conocephalum conicum* (L.) Dumort., *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda, *Marchantia polymorpha* L., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, на камінні у воді – *Scapania undulata* (L.) Dumort. На вологому ґрунті трапляються *Mnium hornum* Hedw., *M. marginatum* (With.) P. Beauv., *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funck) T. J. Кор., *P. cuspidatum* (Hedw.) T. Кор., *P. undulatum* (Hedw.) T.J.Кор., *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Schimp., *T. tamariscinum* (Hedw.) Schimp., *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T. J. Кор. *Plagiomnium undulatum* та *Thuidium delicatulum* іноді утворюють суцільний покрив на вологих каменях по берегах річок (рис. 1).

Види роду *Sphagnum* L. разом з *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid. (рис. 2) та *P. commune* Hedw. формують моховий ярус оліготрофних та мезотрофних боліт: зокрема це *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr., *S. medium* Limpr., *S. papillosum* Lindb., *S. palustre* L., серед них трапляється печіночник *Calypogeia azurea* Stotler et Crotz.

Сприятливим типом субстрату для мохоподібних є гнила деревина, однак видове різноманіття епіксилів значною мірою залежить від ступеня її розкладу. Спочатку на поваленій деревині оселяються *Hypnum cypressiforme* Hedw., *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Ptilidium pulcherrimum* (Weber) Vain., *Pseudohygrohypnum fertile* (Sendtn.) Jan Kučera & Ignatov., *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp. На сильнорозкладеній деревині ростуть облігатні епіксилі *Tetraphis pellucida* Hedw., *Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Dumort., трохи згодом її заселяють епіризний мох *Dicranum montanum* Hedw. і епігейні види *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T.J. Кор., *Dicranodontium denudatum* (Brid.) Britt.

У букових та ялинових лісах епіфіти зростають на коренях або майже суцільно вкривають нижню частину стовбура (рис. 3): *Dicranum montanum* Hedw., *Leskea polycarpa*



Рис. 1. Камінь вкритий мохами *Plagiomnium undulatum* і *Thuidium delicatulum* на березі притоки р. Іршави (Рабик І., 2023)

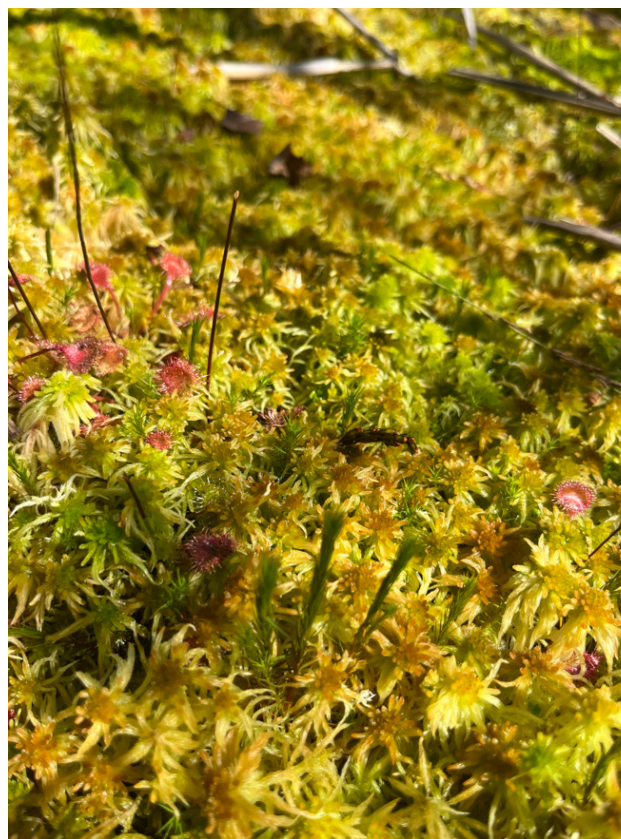


Рис. 2. Ділянка болота Чорне Багно з видами роду *Sphagnum* з та мохом *Polytrichum strictum* (Фельбаба-Клушина Л., 2023)

*Hedw.*, *Metzgeria furcata* (L.) Corda, *Ptilidium pulcherrimum* (Weber) Vain., *Pseudeskeella nervosa* (Brid.) Nyholm., *Frullania dilatata* (L.) Dumort., *Radula complanata* (L.) Dumort., на висоті до 10 м трапляються облігатні епіфіти

*Lewinskya affinis* (Schrad. ex Brid.) F.Lara, Garilleti & Goffinet, *L. speciosa* (Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet, *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & E. Warncke, *Orthotrichum patens* Bruch ex Brid., *Orthotrichum stramineum* Hornsch. ex Brid., *Ulotia crispa* (Hedw.) Brid., *Pulvigerella lyellii* (Hook. & Taylor) Plášek, Sawicki & Ochuga, епіфіти *Orthotrichum diaphanum* Brid., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr., *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov. Склад епіфітної бріофлори та ступінь розвитку мохового покриву залежить від виду і віку дерева та нахилу стовбура. Однак умови освітленості й вологості є визначальними, часто одні й ті ж форофіти в різних місцезростаннях характеризуються або високим видовим різноманіттям, або повною відсутністю епіфітів.



Рис. 3. Епіфітний покрив на стовбурі старого бука (Фельбаба-Клушина Л., 2023)

На скельно-кам'янистих субстратах у лісах відзначено чисельну за видовим складом групу мохоподібних. На затінених каменях ростуть *Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll. Hal., *Dicranodontium denudatum* (Brid.) E. Britton, *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske, *Polytrichastrum alpinum*

(Hedw.) G.L. Sm., трапляється *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee.

На освітлених скелях оселяються *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr., *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bedn.-Ochuga & Ochuga. Багато видів трапляються як на вапнякових, так і силікатних породах. Печіночники переважають на затінених вологих скелях (*Metzgeria furcata*, *M. conjugata* Lindb.).

На кількох типах субстратів трапляються *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp., *Dicranum scoparium*, *D. montanum*, *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T.J. Кор. *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske, *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Plagiothecium denticulatum* (Hedw.) Schimp., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Sanionia uncinata*.

Проаналізовано екологічні групи мохоподібних за вологістю та трофністю субстрату (рис. 4).

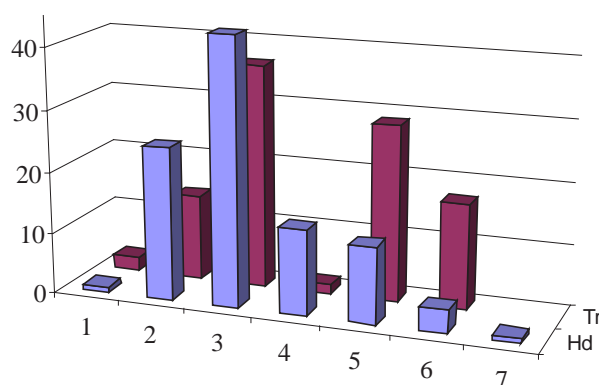


Рис. 4. Екологічні групи мохоподібних (%) НПП "Зачарований край" за вологістю (Hd): 1 – мезоксерофіти, 2 – ксеромезофіти, 3 – мезофіти, 4 – гігромезофіти, 5 – гігрофіти, 6 – гігروهідрофіти, 7 – гідрофіти, та трофністю субстрату (Tr): 1 – оліготрофи, 2 – олігомезотрофи, 3 – мезотрофи, 4 – евмезотрофи, 5 – мезоевтрофи, 6 – евтрофи

Встановлено, що за вологістю місцевиростань переважають мезофіти (56 видів, 43,3%), до гігромезофітів та гігрофітів належать 18 (14,0%) і 16 (12,4%) відповідно, до ксеромезофітів належать 32 види (24,8%), гігروهідрофіти представлені 5 видами (3,9%).

За трофністю субстрату найчисельнішою групою є мезотрофи – 47 видів, 36,4%, мезоевтрофи становлять 28,7% (37 видів), знач-



ний відсоток (17,1% – 22 види) евтрофів, що свідчить про відносне багатство субстратів, які заселяють бріофіти. Ксерофітні оліготрофні та оліготрофні види (14,0% і 2,3% відповідно) є переважно ксерофітами, які оселяються на освітлених скелях, каменях та стовбурах дерев.

#### Висновки

В різних екотопах гірського хребта Великий Діл в межах НПП Зачарований край найбільше видів відзначено для родин, характерних для лісів. Так, наприклад, найбільше виявлено представників епіфітної родини *Orthotrichaceae*, полісубстратної *Brachytheciaceae*, епігейних *Polytrichaceae*, *Mniaceae* *Dicranaceae*, *Pottiaceae*, *Bryaceae*. До родини *Sphagnaceae* належать шість видів, які є домінантами мохового ярусу боліт. Вагома частка належить видам епі-

фітам з родин *Pylaisiaceae* та *Neckeraceae*. Печіночники трапляються здебільшого на гнилій деревині, стовбурах живих дерев та ґрунті, мохи роду *Sphagnum* – на болотах, заболочених ділянках та на ґрунті у лісах, значна різноманітність мохів характерна для скельних виходів та каменів. Серед екологічних груп за вологістю та трофністю найбільш представленими є мезотрофні мезофіти, відзначено значний відсоток гігромезофітів і гігрофітів, також мезоевтрофних та евтрофних видів, що свідчить про переважання вологих і перезволожених відносно поживних екотопів, придатних для заселення бріофітами. Подальші дослідження мохоподібних дозволять отримати повніші дані про видову різноманітність та специфіку бріофлори Національного природного парку “Зачарований край”.

#### Список використаної літератури

- Бачуріна Г.Ф., Мельничук В.М. Флора мохів Української РСР. Київ : Наукова думка, 1987. № 1. 180 с.
- Бачуріна Г.Ф., Мельничук В.М. Флора мохів Української РСР. Київ : Наукова думка, 1988. № 2. 180 с.
- Бачуріна Г.Ф., Мельничук В.М. Флора мохів Української РСР. Київ : Наукова думка, 1989. № 3. 176 с.
- Бачуріна Г.Ф., Мельничук В.М. Флора мохів України. Київ : Наукова думка, 2003. № 4. 255 с.
- Бойко М.Ф. Характеристика мохоподібних як індикаторів стану навколишнього середовища. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2010. Т 6. № 1. С. 35–40.
- Вірченко В.М. Рід *Zygodon* Hook. et Taylor (*Orthotrichaceae*, *Bryophyta*) в Україні. *Український ботанічний журнал*. 2005. Т. 62. № 5. С. 715–718.
- Вірченко В.М., Попович С.Ю., Тях Ю.Ю. Мохоподібні Національного парку «Синевир». *Рослинний світ*. Київ, 2016. С. 267–282.
- Вірченко В.М., Нипорко С.О. Продромус спорових рослин України: мохоподібні. Київ : Наукова думка, 2022. 176 с.
- Данилків І. С., Демків О.Т., Лобачевська О.В., Мамчур З.І. Мохоподібні – *Bryophyta*. Біорізноманіття Карпатського біосферного заповідника. Київ : *Інтерекоцентр*, 1997. С. 190–198, 576–592.
- Зеров Д.К. Флора речіночних і сфагнових мохів України. Київ : *Наук. Думка*, 1964. 355 с.
- Літопис природи Національного природного парку Зачарований край Е12, Ільниця, 2022. 260 с.
- Лобачевська О.В., Рабик І.В., Карпинець Л.І. Епіфітні мохоподібні лісових екосистем, особливості їх водного обміну та продуктивності залежно від екологічних умов місце виростань. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2023. № 19 (2). С. 187–199.
- Садигов Р.Е. Нові види флори мохоподібних у Національному природному парку «Зачарований край». *Актуальні проблеми біологічних та агроекологічних досліджень в Карпатському регіоні: матеріали IV міжнародної конференції молодих вчених та студентів (26 червня, 2020 р.)*. Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2020. Т. 2. С. 70–71.
- Садигов Р.Е. Нове місцезростання рідкісного європейського виду *Pseudohygrohypnum fertile* (Sendtn.) Jan Kučera & Ignatov в Українських Карпатах. *Біологія та екологія*. 2021. Т. 7. № 1. С. 48–51.
- Садигов Р., Фельбаба-Клушина Л. Бріофлора оліготрофного болота багно на Вигорлат-Гутинському хребті (Українські Карпати). *Молодь і поступ біології: Матеріали XVII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології»* (м. Львів, 19–21 квітня 2021 р.). Львів : ТОВ «Ромус-поліграф», 2021. С. 93–94.

Садигов Р.Е., Фельбаба-Клаушина Л.М. Гляціальний релікт *Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske (*Amblystegiaceae*) в Українських Карпатах: поширення та фітоценотична приуроченість. *Біологія та екологія*. 2022. Т. 8. № 1. С. 48–52.

Фельбаба-Клаушина Л.М., Садигов Р.Е. *Dicranum viride* (Sull.&Lesq.) Lindb. (*Dicranaceae*) у Вулканічних Карпатах (Україна): поширення та геоботанічна характеристика його угруповань. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2022, Т. 18 (3). С. 287–298.

Danylkiv I.S. Bryophytes of the Ukrainian part of the International Biosphere Reserve “Eastern Carpathians”. *Roczniki Bieszczadzkie*. 1998. № 7. С. 365–371.

Ellenberg H., Leuschner C. Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas in: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Utb. 2010. 110 p.

Hodgetts N.G., Söderström L., Blockeel T.L., Caspari S., Ignatov M.S., Konstantinova N.A., Lockhart N., Papp B., Schröck C., Sim-Sim M., Bell D., Bell N.E., Blom H.H., Bruggeman-Nannenga M.A., Brugués M., Enroth J., Flatberg K. I., Garilleti R., Hedenäs L., Holyoak D.T., Hugonnot V., Kariyawasam I., Köckinger H., kučera J., Lara F., Porley R.D. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 2020. Vol. 42, № 1. С. 1–116.

Sadygov R., Felbaba-Klushyna L. The bryoflora of the Zacharovana Dolyna Reserve (the Ukrainian Carpathians): species diversity and taxonomic structure. *Thaiszia - J. Bot.*, Košice, 2023. № 33 (2). С. 125–138. <https://doi.org/10.33542/TJB2023-2-03>.

Virchenko V.M. Bryophytes of the Lobarion communities in the regional landscape park “Stuzhytsa” (the Ukrainian Carpathians). *Roczniki Bieszczadzkie*, 1998. № 7. С. 359–364.

### References (translated & transliterated)Й

Bachuryna, H.F., & Melnychuk, V.M. (1987). Flora mokhiv Ukrainiskoi RSR [Moss flora of the Ukrainian SSR]. Kyiv : *Naukova dumka*, 1 [in Ukrainian].

Bachuryna, H.F., & Melnychuk, V.M. (1988). Flora mokhiv Ukrainiskoi RSR [Moss flora of the Ukrainian SSR]. Kyiv : *Naukova dumka*, 2 [in Ukrainian].

Bachuryna, H.F., & Melnychuk, V.M. (1989). Flora mokhiv Ukrainiskoi RSR [Moss flora of the Ukrainian SSR]. Kyiv : *Naukova dumka*, 3 [in Ukrainian].

Bachuryna, H.F., & Melnychuk, V.M. (2003). Flora mokhiv Ukrainy [Moss flora of Ukraine]. Kyiv : Akadempriodyka, 4 [in Ukrainian].

Boiko, M.F. (2010). Kharakterystyka mokhopodibnykh yak indykatoriv stanu navkolyshnoho seredovyshcha [Characterization of bryophytes as indicators of the state of the environment]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal [Black Sea Botanical Journal]*, 6 (1), 35–40 [in Ukrainian].

Virchenko, V.M. (2005). Rid *Zygodon* Hook. et Taylor (*Orthotrichaceae*, *Bryophyta*) v Ukraini [Genus *Zygodon* Hook. et Taylor (*Orthotrichaceae*, *Bryophyta*) in Ukraine]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian botanical journal]*, 62 (5), 715–718 [in Ukrainian].

Virchenko, V.M., Popovych, S.I., & Tiukh, Y.Y. (2016). Mokhopodibni Natsionalnoho pryrodnoho parku “Synevyr” [Bryophytes of the Synevyr National Park]. *Roslynni svit [The plant world]*. Kyiv [in Ukrainian].

Virchenko, V.M., & Nyporko, S.O. (2022). Prodrumus sporovykh roslyn Ukrainy: mokhopodibni [Prodrumus of spore plants of Ukraine. *Bryophytes*]. *Naukova dumka*, Kyiv [in Ukrainian].

Danylkiv, I.S., Demkiv, O.T., Lobachevska, O.V., & Mamchur, Z.I. (1997). Mokhopodibni–Bryophyta. Bioriznomanittia Karpatskoho biosferneho zapovidnyka [Moss-like – Bryophyta Biodiversity of the Carpathian Biosphere Reserve]. Interekotsentr, Kyiv [in Ukrainian].

Zerov, D.K. (1964). Flora rechinonych i sfahnovykh mokhiv ukrayiny [Flora of nightshade and sphagnum mosses of Ukraine]. Kyiv : nauk. Dumka [in Ukrainian].

Litopys pryrody Natsionalnoho pryrodnoho parku “Zacharovanyi kraj” (2022) [Chronicle of Nature of the Zacharovaniy Kraj National Nature Park], 12. Ilynytsia [in Ukrainian].

Lobachevska, O.V., Rabyk, I.V., & Karpinets, L.I. (2023). Epiheini mokhopodibni lisovykh ekosystem, osoblyvosti yikh vodnoho obminu ta produktyvnosti zalezno vid ekolohichnykh umov mistsevyrostan [Epiphytic bryophytes of forest ecosystems, peculiarities of their water exchange and productivity depending on ecological conditions of habitats]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal [Black Sea Botanical Journal]*, 19 (2), 187–199 [in Ukrainian].

Sadygov, R.E. (2020). Novi vydy flory mokhopodibnykh u Natsionalnomu pryrodnomu parku “Zacharovanyi kraj” [New species of bryophyte flora in the “Zacharovanyi kraj” National Nature Park]. *Aktualni problemy biolohichnykh ta ahroekolohichnykh doslidzhen u Karpatskomu rehioni: materialy IV mizhnarodnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv (26 chervnia 2020 r.) [Actual problems*

of biological and agroecological research in the Carpathian region: materials of the IV international conference of young scientists and students (June 26, 2020)]. Uzhhorod : DVNZ "UzhNU", 2, 70–71 [in Ukrainian].

Sadygov, R.E. (2021). Nove mistsezrostannia ridkisnoho yevropeiskoho endemichnoho vydu *Pseudohygrohypnum fertile* (Sendtn.) Jan Kučera & Ignatov v Ukrainiskykh Karpatakh [A new locality of the rare European species *Pseudohygrohypnum fertile* (Sendtn.) Jan Kučera & Ignatov in the Ukrainian Carpathians]. *Bioloĥiia ta ekoloĥiia [Biology and ecology]*, 7 (1), 48–51 [in Ukrainian].

Sadygov, R., & Felbaba-Klushyna, L. (2021). Brioflora olihotrofnoho bolota Bahno na Vyorlat-Hutynskomu khrebtu (Ukrainski Karpaty) [The bryoflora of the oligotrophic mire bog on the Vyorlat-Huty ridge (Ukrainian Carpathians)]. *Molod i postup bioloĥii: zbirnyk tez dopovidei XVII Mizhnar. nauk. konf. studentiv i aspirantiv (m. Lviv, 19–21 kvitnia 2021 r.) [Youth and the Progress of Biology: Materials of the XVIII International Scientific Conference of Students and Postgraduate Students "Youth and the Progress of Biology"]*. TOV "Romus-polihraf", Lviv, pp. 93–94 [in Ukrainian].

Sadygov, R.E., & Felbaba-Klushyna, L.M. (2022). Hliatsialnyi relik *Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske v Ukrainiskykh Karpatakh: poshyrennia ta fitotsenotychna pryurochenist [Glacial relict *Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske (*Amblistegiaceae*) in the Ukrainian Carpathians: distribution and phytocoenotic affiliation]. *Bioloĥiia ta ekoloĥiia [Biology and ecology]*, 8 (1), 48–52 [in Ukrainian].

Felbaba-Klushyna, L.M., & Sadygov, R.E. (2022). *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. (*Dicranaceae*) u Vulkanichnykh Karpatakh (Ukraina): poshyrennia ta heobotanichna kharakterystyka yoho uhrupovan [ *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. (*Dicranaceae*) in the Volcanic Carpathians (Ukraine): distribution and geobotanical characterization of its communities]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal [Black Sea Botanical Journal]*, 18 (3), 287–298 [in Ukrainian].

Danylĥiv, I.S. (1998). Bryophytes of the Ukrainian part of the International Biosphere Reserve "Eastern Carpathians". *Roczniki Bieszczadzkie*, 7, 365–371 [in English].

Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010) Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas in: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Utb. 110 [in German].

Hodgetts, N.G., Söderström, L., Blockeel, T.L., Caspari, S., Ignatov, M.S., Konstantinova, N.A., Lockhart, N., Papp, B., Schröck, C., Sim-Sim, M., Bell, D., Bell, N.E., Blom, H.H., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Enroth, J., Flatberg, K. I., Garilleti, R., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hugonnot, V., Kariyawasam, I., Köckinger, H., Kučera, J., Lara, F., & Porley, R.D. (2020). An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*, 42 (1), 1–116 [in English].

Sadygov, R., & Felbaba-Klushyna, L. (2023). The bryoflora of the Zacharovana Dolyna Reserve (the Ukrainian Carpathians): species diversity and taxonomic structure. *Thaiszia – J. Bot*, 32 (2), 125–138. <https://doi.org/10.33542/TJB2023-2-03> [in English].

Virchenko, V.M. (1998). Bryophytes of the Lobarion communities in the regional landscape park "Stuzhytsa" (the Ukrainian Carpathians). *Roczniki Bieszczadzkie*, 7, 359–364 [in English].

Отримано: 28.01.2024  
Прийнято: 01.03.2024



УДК 582.475(477.41/42)  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.6>

## СМОЛОНОСНІ РОСЛИНИ РІЗНОТИПНИХ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Ю. С. Шелюк<sup>1</sup>, Л. Є. Астахова<sup>2</sup>, Л. С. Осецька<sup>3</sup>

У роботі представлені дані про можливі перспективні напрямки використання смолоносних рослин Центрального Полісся у різних сферах діяльності людини на прикладі модельної території м. Житомира та його околиць, що репрезентує типові флористичні комплекси даного регіону. У складі різних рослинних угруповань виявлено 64 види смолоносних рослин, з яких 9 – це представники голонасінних, що належать до двох родин: Соснові та Кипарисові й 55 – представники 28 родин покритонасінних рослин. З'ясовано, що у лісових фітоценозах росте 15 видів, з яких 9 – це дерев'янисті, а 6 – трав'янисті рослини, на луках та у прибережній зоні водоїм – 13 та 6 видів трав'янистих рослин відповідно, в культурфітоценозах – 34 види, з яких 22 види – дерева і кущі та 12 видів – трав'янисті рослини. Більшість рослин урбофлори висаджені з метою декоративного озеленення, 3 види культивуються як овочеві, 4 – як лікарські. Проаналізований вміст та локалізація смол у виявлених рослин на основі опрацювання різних наукових джерел. Смоли у рослин є продуктами вторинного метаболізму і локалізуються в різних секреторних зонах або структурах: смоляних каналах, молочних судинах, клітинах-ідіобластах, залозистих волосках, що можуть бути наявними у різних органах рослин. Встановлено, що у коренях та кореневищах накопичують смолу 15 видів, лише у корі, або бруньках – 7 видів, у пагонах, або плодах, або насінні – 2 види; у квітках – 3 види, в усіх надземних органах – 12 видів. У Центральному Поліссі комерційне значення мають смоли, які добувають з рослин роду сосна (*Pinus*), зокрема сосни звичайної (*Pinus silvestris*), сировину з якої використовують у лакофарбовій, косметичній, хімічній, гумовій, фармацевтичній галузях промисловості. Інші смолоносні рослини переважно є сировиною для фармацевтичної, а хміль звичайний (*Humulus lupulus*) – для харчової галузей промисловості.

<sup>1</sup> доктор біологічних наук, професор,  
професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: Shelyuk\_Yulya@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-6429-1028

<sup>2</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: lastahovazt@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1159-525X

<sup>3</sup> здобувачка освіти Наукового ліцею  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: stasikvlad17@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1159-525X

Рослинні смоли відіграють важливу роль у різноманітних культурах усього світу і відносяться до універсальних ресурсів, які мають досить широкий спектр для застосування у різних сферах діяльності людини. Тому проведене дослідження має значення для оцінки складу фіторесурсів, їх раціонального використання та збереження.

**Ключові слова:** смола, смолоносні рослини, сировинні ресурси, секреторні структури, рослинні угруповання, фітоценози.

## RESIN-BEARING PLANTS OF VARIOUS TYPES OF PLANT COMMUNITIES OF THE CENTRAL POLISSIA

Yu. S. Shelyuk, L. E. Astakhova, L. S. Osetska

*The paper presents data on possible promising directions for the use of resin-bearing plants of the Central Polissia in various spheres of human activity on the example of the model territory of the city of Zhytomyr and its surroundings, which represents the typical floristic complexes of this region. As part of various plant groups, 64 species of resinous plants were found, of which 9 are representatives of gymnosperms belonging to two families: Pine and Cypress, and 55 are representatives of 28 families of angiosperms.*

*It was found that 15 species grow in forest phytocenoses, of which 9 are woody and 6 are herbaceous plants, 13 and 6 species of herbaceous plants grow in meadows and in the coastal zone of water bodies, respectively, in cultural phytocenoses - 34 species, of which 22 species are trees and shrubs and 12 species are herbaceous plants. Most of the urboflora plants are planted for the purpose of decorative landscaping, 3 species are cultivated as vegetables, 4 as medicinal ones.*

*The content and localization of resins in the identified plants were analyzed based on the processing of various scientific sources. Resins in plants are products of secondary metabolism and are localized in various secretory zones or structures: resin channels, milk vessels, idioblast cells, glandular hairs, which can be present in various plant organs. It was established that 15 species accumulate resin in the roots and rhizomes, 7 species only in the bark or buds, 2 species in the shoots, or fruits, or seeds; in flowers - 3 species, in all aerial organs - 12 species.*

*In Central Polissia, resins obtained from plants of the pine genus (*Pinus*), in particular Scots pine (*Pinus silvestris*), are of commercial importance, raw materials from which are used in the paint, cosmetic, chemical, rubber, and pharmaceutical industries. Other resin-bearing plants are mainly raw materials for the pharmaceutical industry, and common hops (*Humulus lupulus*) - for the food industry.*

*Plant resins play an important role in various cultures around the world and are universal resources that have a wide enough spectrum for use in various spheres of human activity. Therefore, the conducted research is important for assessing the composition of phytoresources, their rational use and preservation.*

**Key words:** resin, resin-bearing plants, raw materials, secretory structures, plant communities, phytocenoses.

### Вступ

В останні десятиріччя значно виріс інтерес до потенційних можливостей використання рослин у різних сферах діяльності людини, до смолоносних, які традиційно використовуються для виготовлення клею, фарб, водонепроникних покриттів, ароматичних, косметичних та медичних засобів (Аннамухаммедова і Аннамухаммедов, 2014; Козименко та ін., 2014; Kozowyk et al., 2016). Із часом відкриваються нові напрямки їх застосування, як-от альтернативні джерела енергії, замітники пестицидів та засоби для захисту продуктів від псування (Langenheim, 2003; Fox et al., 2007; Martin-Ram et al., 2018).

Сучасні військово-політичні, соціально-економічні та екологічні виклики мають силь-

ний вплив на якість життя людини. Війна зумовила істотні зміни в усі сфери діяльності українців та чинить негативний тиск на біоту в різних екосистемах. Для відновлення повоєнної економіки та її розвитку в умовах воєнних дій використання смолоносних рослин як джерела цінної рослинної сировини є перспективним, зокрема їх штучних насаджень.

Мета дослідження полягала у вивченні видового складу смолоносних рослин як джерела цінної рослинної сировини в різнотипних рослинних угрупованнях Центрального Полісся. В якості модельної було обрано територію м. Житомира та його околиць, яка репрезентує типові флористичні комплекси даного регіону.

### Матеріал і методи

Вивчення смолоносних рослин проводили у м. Житомир та на його околицях упродовж 2022-23 рр. Обстежені лучні, лісові та водно-болотні фітоценози в мікрорайонах Смолянка, Польова, Богунія та прилеглих до них територій, с. Лісове, а також вивчена урбанофлора м. Житомира.

Вивчення рослин здійснювали маршрутним методом, під час якого складали список виявлених рослин. Рослини визначали за (Визначник ..., 1965). Систематичне положення і номенклатура таксонів покритонасінних рослин наведені за системою класифікації квіткових рослин APG IV (Chase et al., 2016). Локалізацію рослинних структур, які є вмістилищами смол, вивчали за допомогою збільшуваних приладів: лупи та бінокулярного мікроскопу Leica DM500 LED з камерою Leica ICC50E,101450320.

Аналіз хімічного складу рослинної сировини, представлений у роботі, здійснений на основі узагальнення літературних джерел (Nagy et al., 2000; Panda, 2008; Бензель та ін., 2010; Кисличенко та ін., 2015; Jamshidi-Kia et al., 2018; Слободюк, 2020; Глухова та ін., 2023).

### Результати та обговорення

На основі проведеного дослідження з'ясовано, що у м. Житомир та його околицях росте 64 види рослин, які містять смоли. З них 9 – це представники голонасінних, що належать до двох родин: Соснові та Кипарисові й 55 види – представники 28 родин покритонасінних рослин (табл. 1).

Найчисельнішими за кількістю видів є родини: Айстрові (7), Соснові та Вербові (по 5), Кипарисові і Шорстколисті (по 4 види) (рис. 1).

Таблиця 1

Видовий склад голонасінних і покритонасінних рослин, що містять смоли, які поширені у м. Житомир та його околицях

№ з/п	Видова назва рослини		Родина	
	українська	латинська	українська	латинська
1	Сосна звичайна	<i>Pinus sylvestris</i>	Соснові	Pinaceae
2	Сосна Веймутова	<i>Pinus strobus</i>		
3	Ялина європейська	<i>Picea abies</i>		
4	Ялина колюча	<i>Picea pungens</i>		
5	Модрина європейська	<i>Larix decidua</i>		
6	Ялівець звичайний	<i>Juniperus communis</i>	Кипарисові	Cupressaceae
7	Ялівець козацький	<i>Juniperus sabina</i>		
8	Туя західна	<i>Thuja occidentalis</i>		
9	Широкогілочник східний	<i>Platyclusus orientalis</i>		
10	Печіночниця звичайна	<i>Hepatica nobilis</i>	Жовтецеві	Ranunculaceae
11	Рутка лікарська	<i>Fumaria officinalis</i>	Макові	Papaveraceae
12	Ревінь звичайний	<i>Rheum rhaponticum</i>	Гречкові	Polygonaceae
13	Шавель кінський	<i>Rumex confertus</i>		
14	Бундук канадський	<i>Gymnocladus dioicus</i>	Бобові	Fabaceae
15	Вовчуг польовий	<i>Ononis arvensis</i>		
16	Черемха пізня	<i>Padus serotina</i>	Розові	Rosaceae
17	Гравілат міський	<i>Geum urbanum</i>		
18	Перстач гусячий	<i>Potentilla anserina</i>		
19	Хрін звичайний	<i>Armoracia rusticana</i>	Капустяні	Brassicaceae
20	Кінський часник звичайний	<i>Allaria petiolata</i>		
21	Омег водяний	<i>Oenanthe aquatica</i>	Зонтичні	Apiaceae
22	Плющ звичайний	<i>Hedera helix</i>	Аралієві	Araliaceae
23	Хміль звичайний	<i>Humulus lupulus</i>	Коноплеві	Cannabaceae
24	Тополя чорна (осокір)	<i>Populus nigra</i>	Вербові	Salicaceae
25	Тополя пірамідальна	<i>Populus pyramidalis</i>		
26	Тополя біла	<i>Populus alba</i>		
27	Тополя тремтяча	<i>Populus tremula</i>		
28	Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i>		
29	Багно звичайне	<i>Ledum palustre</i>	Вересові	Ericaceae
30	Грабельки звичайні	<i>Erodium cicutarium</i>	Журавцеві	Geraniaceae
31	Береза бородавчаста	<i>Betula pendula</i>	Березові	Betulaceae
32	Вільха клейка	<i>Alnus glutinosa</i>		

Продовження таблиці 1

№ з/п	Видова назва рослини		Родина	
	українська	латинська	українська	латинська
33	Дуб звичайний	<i>Quercus robur</i>	Букові	Fagaceae
34	Крушина ламка	<i>Frangula alnus</i>	Жостерові	Rhamnaceae
35	Птелея трилиста	<i>Ptelea trifoliata</i>	Рутові	Rutaceae
36	Молодило покривельне	<i>Sempervivum tectorum</i>	Товстолистові	Crassulaceae
37	Ехінацея пурпурова	<i>Echinacea purpurea</i>	Айстрові	Asteraceae
38	Календула лікарська	<i>Calendula officinalis</i>		
39	Розторопиша плямиста	<i>Silybum marianum</i>		
40	Латук дикий	<i>Lactuca serriola</i>		
41	Оман лучний	<i>Inula britannica</i>		
42	Нетреба звичайна	<i>Xanthium strumarium</i>	Шорстколисті	Boraginaceae
43	Татарник колючий	<i>Onopordum acanthium</i>		
44	Живокіст лікарський	<i>Symphytum officinale</i>		
45	Живокіст шорсткий	<i>Symphytum asperum</i>	Глухокропивові	Lamiaceae
46	Огірочник лікарський	<i>Borago officinalis</i>		
47	Чорнокорінь лікарський	<i>Cynoglossum officinale</i>		
48	Гісоп лікарський	<i>Hyssopus officinalis</i>	Маслинові	Oleaceae
49	Вовконіг європейський	<i>Lycopus europaeus</i>		
50	Чистець лісовий	<i>Stachys sylvatica</i>		
51	Ясен пенсільванський	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>		
52	Ясен ланцетолістий	<i>Fraxinus lanceolata</i>		
53	Бирючина звичайна	<i>Ligustrum vulgare</i>	Берізкові	Convolvulaceae
54	Бузок звичайний	<i>Syringa vulgaris</i>		
55	Іпомея пурпурова	<i>Ipomoea purpurea</i>		
56	Плетуха звичайна	<i>Calystegia sepium</i>	Адоксові	Adoxaceae
57	Калина звичайна	<i>Viburnum opulus</i>		
58	Бузина чорна	<i>Sambucus nigra</i>	Молочайні	Euphorbiaceae
59	Молочай кипарисовий	<i>Euphorbia cyparissias</i>		
60	Молочай лозовий	<i>Euphorbia virgata</i>	Лепехові	Acoraceae
61	Аір тростиновий	<i>Acorus calamus</i>		
62	Кукурудза звичайна	<i>Zea mays</i>	Злакові	Poaceae
63	Частуха подорожникова	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Частухові	Alismataceae
64	Чемериця Лобеля	<i>Veratrum lobelianum</i>	Мелантієві	Melanthiaceae

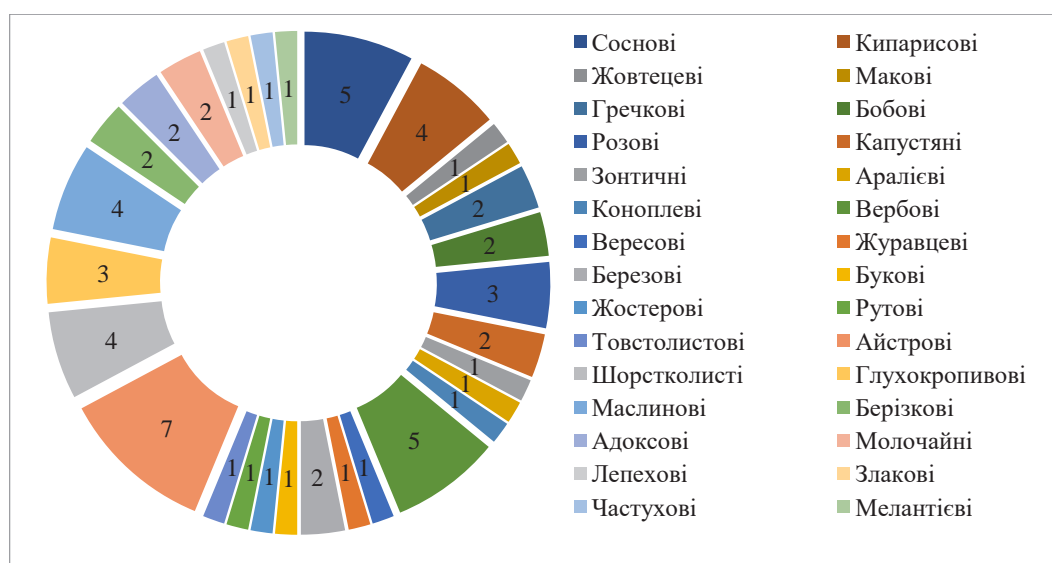


Рис. 1. Розподіл видів смолоносних рослин різнотипних рослинних угруповань м. Житомира і його околиць за родинами

Більшість виявлених рослин зустрічаються у природних фітоценозах, але значне число видів – лише у культурі. Так, у лісових фітоценозах росте 15 видів, з яких 9 – це дерев'янисті, а 6 – трав'янисті рослини, на луках й у прибережній зоні водойм – 13 та 6 видів трав'янистих рослин відповідно. Більшість рослин, що містять смоли (34 види) входять до складу урбанofлори м. Житомира, із них 22 види – дерева і кущі, 12 видів – трав'янисті рослини. Такі види, як сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), ялина європейська (*Picea abies*), береза бородавчаста (*Betula pendula*), вільха клейка (*Alnus glutinosa*), дуб звичайний (*Quercus robur*), калина звичайна (*Viburnum opulus*), бузина чорна (*Sambucus nigra*) входять до складу урбанofлори міста та зустрічаються на його околицях у природних фітоценозах.

Дерев'янисті рослини урбанofлори міста ростуть у різних за функціональним призначенням зонах: у рекреаційних, придорожніх і прибудинкових. Якщо ялина колюча (*Picea pungens*), ялівець звичайний (*Juniperus communis*), ялівець козацький (*J. sabina*) та туя західна (*Thuja occidentalis*) переважно зустрічаються в рекреаційній зоні міста та біля будівель державних установ, то тополя чорна (*Populus nigra*) і тополя пірамідальна (*P. pyramidalis*) – у придорожніх смугах та санітарно-захисних зонах периферійної частини міста, що пов'язано із їх високою пілозатримуючою та акумуляційною здатністю. Найчисельнішим видом дерев'янистих рослин є береза бородавчаста (*Betula pendula*), яка росте у парках, скверах, придорожніх смугах і мікрорайонах міста. Найменш чисельними видами є бундук канадський (*Gymnocladus dioicus*), птелея трилиста (*Ptelea trifoliata*), тополя бальзамічна (*Populus balsamifera*), модрина європейська (*Larix decidua*) та сосна Веймутова (*Pinus strobus*), які використовуються у декоративному озелененні.

Переважає більшість виявлених трав'янистих рослин є представниками аборигенної флори. Проте, низка видів культивуються і зустрічаються на територіях поблизу приватних чи багатопверхових житлових будинків. Так, на городах ростуть овочеві культури: ревінь звичайний (*Rheum rhabarbaricum*), хрін звичайний (*Armoracia rusticana*), кукурудза звичайна (*Zea mays*), крім того культивують такі лікарські рослини: ехінацею пурпурову (*Echinacea purpurea*), календулу лікарську (*Calendula officinalis*), розторопшу плямисту (*Silybum*

*marianum*), гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis*); на клумбах були ідентифіковані молодило покривельне (*Sempervivum tectorum*) і огірочник лікарський (*Borago officinalis*), а іпомею пурпурову (*Ipomoea purpurea*) зустрічали як прикрасу присадибних ділянок, так й у складі квіткових композицій. В оздобленні парканів, навколо приватних осель, зустрічалася трав'яниста ліана хміль звичайний (*Humulus lupulus*).

Серед трав'янистих рослин найпоширенішими та найчисельнішими видами є гравілат міський (*Geum urbanum*), перстач гусячий (*Potentilla anserina*), кінський часник звичайний (*Allaria petiolata*), нетреба звичайна (*Xanthium strumarium*), молочаї лозовий (*Euphorbia virgata*) та кипарисовий (*E. cyparissias*), які виявлені у природних фітоценозах, а також у трав'янистих придорожніх смугах, на засмічених ділянках, у садах. На заплавах луках та по берегах водойм зустрічаються вовконіг європейський (*Lycopus eugoraeus*), омег водяний (*Oenanthe aquatica*), частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica*), аїр тростинний (*Acorus calamus*), чемериця Лобеля (*Veratrum lobelianum*), плетуха звичайна (*Calystegia sepium*). У лісових фітоценозах найчастіше траплялася печіночниця звичайна (*Hepatica nobilis*), грабельки звичайні (*Erodium cicutarium*), чистець лісовий (*Stachys sylvatica*), рідше – багно звичайне (*Ledum palustre*) – лише на заболочених ділянках в лісовій зоні с. Лісове. У складі лучних фітоценозів найчисельнішими видами є вовчуг польовий (*Ononis arvensis*) та оман лучний (*Inula britannica*).

Уміст смол та їх локалізація у виявлених рослин є різним (Parimal et al., 2011; Tulik M. & Jura-Morawiec J., 2023). У деяких рослин смоли утворюються в кореневищах та коренях, в інших – в корі, деревині, в бруньках, листках, молодих пагонах, квітках, супліддях, шишках, насінні. Характер локалізації смол у більшості виявлених смолоносних рослин та хімічний склад рослинної сировини, що використовується у офіційній та народній медицині, представлено у табл. 2.

Ресурсний потенціал смолоносних рослин, що зростають у Житомирі та його околицях, у значній мірі залишається не реалізованим. Більшість із них використовується для створення декоративних насаджень і серед них багато видів є інтродуцентами. Проте, аборигенні дерев'янисті та трав'янисті рослини, що містять смоли, можуть бути використані як сировинні ресурси для хімічної, фарма-



Таблиця 2

Локалізація смол у рослинах, які ростуть в м. Житомир та на його околицях

№ з/п	Видова назва рослини	Локалізація смол у рослині	Хімічний склад сировини
<b>Родина Соснові</b>			
1	Сосна звичайна <i>Pinus sylvestris</i>	бруньки, хвоя, живиця, деревина	живиця: 30% етерної олії (терпентинна олія) і 70% резенових кислот
2	Ялина європейська <i>Picea abies</i>	бруньки, хвоя, зелені недозрілі шишки, живиця, деревина	борнілацетат (1,4%), $\alpha$ -пінен, $\beta$ -пінен, карен, мірцен, лимонен та ін; смоли та дубильні речовини (6,7%)
<b>Родина Кипарисові</b>			
3	Яловець звичайний <i>Juniperus communis</i>	шишкоягоди	2% ефірна олія, до 40% цукрів, близько 9,5% смол, 0,5% воску, 6% пентозанів, мурашина, оцтова, яблучна і гліколева кислоти, пектини, дубильні речовини, інтозит, солі калію
4	Туя західна <i>Thuja occidentalis</i>	однорічні пагони з листками	ефірна олія (0,12 %), аромадендрин, токсифолін, пініпкрин, пілен, пінін, дубильні речовини, смола
<b>Родина Жовтецеві</b>			
5	Печіночниця звичайна <i>Hepatica nobilis</i>	трава	лактон анемонін, антоціани, флавоноїди; сапоніни, глікозид гепатрилобін; дубильні речовини та смоли
<b>Родина Макові</b>			
6	Рутка лікарська <i>Fumaria officinalis</i>	трава	алкалоїди, дубильні речовини, смоли (5%), фумарова кислота, вітаміни С і К
<b>Родина Гречкові</b>			
7	Ревінь звичайний <i>Rheum rhaponticum</i>	кореневище і корені	гідроксиметилантрахінони, дубильні речовини, смоли, полісахариди та ін.
8	Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	кореневище і корені	оксалат кальцію, похідні антрацену (4%), дубильні речовини (12%), органічні кислоти, флавоноїдні сполуки, похідні оксинафталіну, смоли, вітамін К, ефірна олія
<b>Родина Бобові</b>			
9	Бундук канадський <i>Gymnocladus dioicus</i>	насіння	сапоніни, олію, воски, смоли, дубильні речовини, синильную кислоту
10	Вовчуг польовий <i>Ononis arvensis</i>	корені	дубильні речовини, тритерпеновий сапонін, оноцерол, тетрациклічний тритерпеновий спирт оноцерин, смоли, глікозиди ізофлавонової природи, лимонна кислота, крохмаль, ефірна олія
<b>Родина Розові</b>			
11	Черемха пізня <i>Padus serotina</i>	кора	глікозид прунацин, органічні кислоти, таніди, ефірна олія, смоли
12	Гравілат міський <i>Geum urbanum</i>	корені й кореневища	гіркоти, дубильні речовини, фенольний глікозид геїн, смоли, крохмаль, ефірна олія (до 0,8%)
13	Перстач гусячий <i>Potentilla anserina</i>	трава	ефірна олія, гіркоти, р-кумарова, елагова й ферулова кислоти, флавоноїди, смоли
<b>Родина Капустяні</b>			
14	Хрін звичайний <i>Armoracia rusticana</i>	корені	ефірна олія, похідні ізотіоціаната, смоли, кумарини, похідні кавової кислоти, цукор, аскорбінова кислота, аспарагін, крохмаль
16	Кінський часник звичайний <i>Allaria petiolata</i>	листки	глікозид синігрин, смола, флавоноїди, аскорбінова кислота
<b>Родина Зонтичні</b>			
17	Омег водяний <i>Oenanthe aquatica</i>	плоди	смоли (4%), воскові речовини, жирна олія, галактани, маналін, андрол, фенадрол, летка олія

Продовження таблиці 1

№ з/п	Видова назва рослини	Локалізація смол у рослині	Хімічний склад сировини
Родина Аралієві			
18	Плющ звичайний <i>Hedera helix</i>	листки	сапонінові глікозиди, дубильні речовини, смоли, каротин, вітамін Е, хлорогенова, мурашина і яблучна кислоти, пектин, йод
Родина Коноплеві			
19	Хміль звичайний <i>Humulus lupulus</i>	жіночі суцвіття	ефірна олія, гіркі смоли, фенольні сполуки, вітаміни групи В, аскорбінова кислота, токоферолі, речовини, що діють як естрогенні гормони
Родина Вербові			
20	Тополя чорна (осокір) <i>Populus nigra</i>	бруньки	ефірна олія, <b>смоли</b> , фенологікозиди саліцин і популін
Родина Вересові			
21	Багно звичайне <i>Ledum palustre</i>	молоді пагони	ефірна олія, феноли, арбутин, кумарини, флавоноїди, дубильні речовини, смоли, валеріанова кислота, тритерпенові сполуки
Родина Журавцеві			
22	Грабельки звичайні <i>Erodium cicutarium</i>	трава	дубильні й гіркі речовини, флавоноїди, смоли, ацетилахолін, каротин, вітамін К, аскорбінова кислота, цукри, органічні кислоти, кальцій та мікроелементи
Родина Березові			
23	Береза бородавчаста <i>Betula pendula</i>	бруньки та листки	ефірна олія, сапоніни, смоли, дубильні речовини, аскорбінова й нікотинова кислоти
24	Вільха клейка <i>Alnus glutinosa</i>	бруньки та листки	глікозид саліцин, кумарини, флавоноїд гіперозид, дубильні речовини, полісахариди, фенолкарбонові кислоти, смоли, спирти
Родина Букові			
25	Дуб звичайний <i>Quercus robur</i>	кора	атехінові таніни, галова та елагова кислоти, галотаніни, кверцетин, флобафен, смоли, пектинові речовини, цукри, білки, слиз, крохмаль та мінеральні речовини
Родина Жостерові			
26	Крушина ламка <i>Frangula alnus</i>	кора	глікозиди, таніди, сапоніни, смоли, ефірні олії, крохмаль, мінеральні солі
Родина Рутові			
27	Птелея трилиста <i>Ptelea trifoliata</i>	корені, кора	ефірна олія, ізохіліновий алкалоїд берберин, смоли
Родина Товстолистові			
28	Молодило покривельне <i>Sempervivum tectorum</i>	листки	дубильні речовини, смоли, органічні кислоти й седогептоза
Родина Айстрові			
29	Ехінацея пурпурова <i>Echinacea purpurea</i>	корені	глікозид ехінакозид, полісахариди, бетаїн, фітостерини, смоли
30	Календула лікарська <i>Calendula officinalis</i>	суцвіття	каротиноїди, флавоноїди, сапоніни; ефірну олію, смоли, слиз, кумарини, дубильні речовини, гіркоти, аскорбінову кислоту, органічні кислоти, сліди алкалоїдів
31	Розторопиша плямиста <i>Silybum marianum</i>	плоди	флаволігнани, жирна олія, біогенні аміни, смоли
32	Латук дикий <i>Lactuca serriola</i>	молочний сік в усіх органах рослини	гіркоти лактуцерин, лактуцин і лактуциктин, алкалоїди, смоли та ін. речовини.
33	Оман лучний <i>Inula britannica</i>	кореневище і корені	інулін та інші полісахариди, смоли, камедь, сліди алкалоїдів, сапоніни, органічні кислоти, ефірна олія

Закінчення таблиці 1

№ з/п	Видова назва рослини	Локалізація смол у рослині	Хімічний склад сировини
34	Татарник колючий <i>Onopordum acanthium</i>	листки	алкалоїди, сапоніни, гіркий сесквітерпеновий лактон аркціопікрин, вітамін С, вітамін К, цукри, смоли, дубильні та ін. речовини
<b>Родина Шорстколисті</b>			
35	Живокіст лікарський <i>Symphytum officinale</i>	корені	алантоїн, літоспермова к-та, дубильні речовини, слиз, смоли, інулін, ефірна олія та ін.
36	Живокіст шорсткий <i>Symphytum asperum</i>	корені	піролізидинові алкалоїди, дубильні речовини, смоли, сліди ефірної олії
37	Огірочник лікарський <i>Borago officinalis</i>	трава	полісахариди, сапоніни, дубильні речовини, ефірна олія (сліди), органічні кислоти (яблучна, лимонна), смоли, флавоноїди, алантоїн, каротин, вітамін С, мінеральні солі
38	Чорнокорінь лікарський <i>Cynoglossum officinale</i>	трава	алкалоїди циногლოსин і циноглосеїн, глюкоалкалоїд консолідин, дубильні речовини, смоли, гірку речовину циноглосоїдин, каротин, ефірна олія холін
<b>Родина Губоцвіті</b>			
39	Гісоп лікарський <i>Hyssopus officinalis</i>	трава	ефірна олія, дубильні речовини, глікозиди, фенольні кислоти; олеанолова та урсолова кислоти, смоли
40	Вовконіг європейський <i>Lycopus europaeus</i>	трава	глікозид, гіркоти, кавова та урсолова кислоти, смоли
41	Чистець лісовий <i>Stachys sylvatica</i>	трава	дубильні речовини, ефірна олія, бетаїнові сполуки, холін, смоли, органічні кислоти
<b>Родина Маслинові</b>			
42	Ясен пенсільванський <i>Fraxinus pennsylvanica</i>	листки	вітаміни вуглеводи, сапоніни, солі, ефірні олії, смоли
43	Ясен ланцетолистий <i>Fraxinus lanceolata</i>	листки	вітаміни вуглеводи, сапоніни, солі, ефірні олії, смоли
44	Бирючина звичайна <i>Ligustrum vulgare</i>	кора	смоли, феноли, сирингозид, дубильні речовини.
45	Бузок звичайний <i>Syringa vulgaris</i>	кора	глікозид синігрін, флавоноїди, смоли, ефірна олія та інші речовини
<b>Родина Берізкові</b>			
46	Іпомея пурпурова <i>Ipomoea purpurea</i>	кореневища і корені	алкалоїди, глікозидо-смоли
<b>Родина Адоксові</b>			
47	Калина звичайна <i>Viburnum opulus</i>	кора	флавоноїди, дубильні речовини, ефірна олія, смоли (6%), фітостерини, іридоїдні глікозиди, аскорбінова кислота, кумарини, сапоніни
48	Бузина чорна <i>Sambucus nigra</i>	листки	самбунігрин, ефірна олія, смоли, вітамін С, каротин
<b>Родина Лепехові</b>			
49	Аїр тростиновий <i>Acorus calamus</i>	кореневище	ефірна олія, гіркий глікозид акорин, аскорбінова кислота, дубильні речовини, крохмаль, смоли
<b>Родина Тонконогові</b>			
50	Кукурудза звичайна <i>Zea mays</i>	приймочки та стовпчики квіток	аскорбінова кислота, вітаміни К <sub>1</sub> , С, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , В <sub>3</sub> , В <sub>6</sub> , Е, D, жирна олія, сліди ефірної олії, гіркоти, смоли (до 2,7%), сапоніни, ситостерол, стигма стерол, каротиноїди
<b>Родина Частухоцвіті</b>			
51	Частуха подорожникова <i>Alisma plantago-aquatica</i>	кореневище	крохмаль, тритерпенові сапоніни, ефірна олія, сесквітерпеноїди, смоли
<b>Родина Мелантієві</b>			
52	Чемериця Лобеля <i>Veratrum lobelianum</i>	кореневища і корені	алкалоїди, дубильні речовини, смоли, цукри та пігменти

цвітничної та інших галузей промисловості. Окрім того, на сьогодні хімічний склад більшості рослин Центрального Полісся ще недостатньо вивчений, тому у найближчому майбутньому вони можуть відкрити можливість для нових напрямків їх застосування.

Оскільки антропогенна трансформація рослинного покриву на більшій частині території країни змушує шукати нетривіальні шляхи підтримки та збереження біорізноманіття, найкращим джерелом рослинної сировини є близькі до природних фітоценозів рослинні насадження, які мають значний потенціал щодо забезпечення потреб у рослинних смолах.

#### Висновки

1. Упродовж 2022–2023 рр. у м. Житомир та на його околицях, як модельної території Центрального Полісся, що репрезентує типові флористичні комплекси даного регіону, виявлено 64 види смолоносних рослин, які належать до 2 родин голонасінних та 28 родин покритонасінних.

2. У структурі урбофлори зустрічається 34 види смолоносних рослин, з яких 22 – дерева та кущі і 12 – трав'янисті рослини. Здебільшого ці рослини використовуються в декоративному озелененні, 3 види культивуються як овочеві, 4 – як лікарські. На околицях м. Житомира у лісових фітоценозах росте 15 видів, з яких 9 – це дерев'янисті, а 6 – трав'янисті рослини, на луках та у прибережній зоні водойм – 13 та 6 видів трав'янистих рослин відповідно.

3. З'ясовано, що смоли у виявлених рослин утворюються в різних органах і в різній кількості. Найбільше її – у хвойних рослин – 9 видів, у яких вона локалізується в смоляних каналах і секреторних клітинах, що наявні в корі, деревині, листках, шишках та коренях. У більшості покритонасінних смоли синтезуються ендегенно у схізогенних вмістилищах та клітинах-ідіобластах, зрідка – виділяються екзогенно – клітинами епідермісу та трихомами бруньок, листків, молодих пагонів, квіток. У коренях та кореневищах накопичують смолу 15 видів; лише у корі, або бруньках – 7 видів, у пагонах, або плодах, або насінні – 2; у квітках – 3, в усіх надземних органах – 12 видів.

4. Показано, що нині у Центральному Поліссі комерційне значення мають смоли, які добувають з рослин роду сосна, зокрема сосни звичайної (*Pinus silvestris*), сировину з якої використовують у лакофарбовій, косметичній, хімічній, гумовій, фармацевтичній галузях промисловості. Інші смолоносні рослини переважно є сировиною для фармацевтичної, а хміль звичайний (*Humulus lupulus*) – для харчової промисловості.

5. Оскільки антропогенна трансформація рослинного покриву на більшій частині території країни змушує шукати нетривіальні шляхи підтримки та збереження біорізноманіття, найкращим джерелом рослинної сировини, у тому числі смол, є близькі до природних фітоценозів рослинні насадження.

#### Список використаної літератури

- Аннамухаммедова О.О., Аннамухаммедов А.О. Лікарські рослини : навч. посіб. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. 202 с.
- Барбарич А.І., Брадїс Є.М., Вісюлін О.Д., Котов М.І. та ін. Визначник рослин України. (2-е вид.), Київ : Урожай, 1965. 875 с.
- Бензель А.В., Дармограй Р.Є., Бензель П.В. Лікарські рослини і фітотерапія (фітотерапевтична рецептура): навч. посіб. Київ : ВСВ «Медицина», 2010. 400 с.
- Глухова С.А., Михайлик С.М., Шиндер О.І. Лікарські голонасінні рослини (Gymnospermae) у насадженнях Сирецького дендрологічного парку (м. Київ). Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні. *Матеріали VI міжнародної наукової конференції, присвяченої Року Незламності України*. Умань, 2023. С. 75–84.
- Кисличенко В.С., Журавель І.О., Марчишин С.М., Мінарченко В.М., Хворост О.П. Фармакогнозія: базовий підруч. для студ. вищ. фармац. навч. закл. (фармац. ф-ів) IV рівня акредитації / за ред. В.С. Кисличенко. Харків : НФаУ: Золоті сторінки, 2015. 736 с.
- Козименко Т.М., Дудченко Л.Г., Грабова Т.Ю., Пилипчук А.Б., Петріщева В.О. Застосування рослин класу хвойні у медицині. Родина Соснові (огляд літератури). *Фітотерапія. Часопис*. 2014. № 2. С. 34–39.
- Слободюк Н.М. Лікарські рослини : навчальний посібник. Львів, 2020. 158 с.
- Chase M.W., Christenhusz M.J.M., Fay M.F. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2016. Vol. 181. P 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.

- Fox Th.R., Jokela E.J., Allen H.L. The Development of Pine Plantation Silviculture in the Southern United States. *Journal of Forestry*. 2007. Vol. 105 (7). P. 337–347.
- Jamshidi-Kia F, Lorigooini Z, Amini-Khoei H Medicinal plants: past history and future perspective. *J Herb Med Pharmacol*. 2018. P. 1–7. <https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>.
- Kozowyk P.R.B., Langejans G.H.J, Poulis, J.A. Lap Shear and Impact Testing of Ochre and Beeswax in Experimental Middle Stone Age Compound Adhesives. *PLOS One*. 2016. 11 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150436>.
- Langenheim J.H. Plant resins: chemistry, evolution, ecology and ethnobotany. Portland • Cambridge : Timber Press, 2003. 586 p.
- Martin-Ramos P., Fernandes-Coppel I.A., Ruiz-Potosme N.M. Martin-Gil J. Potential of ATR-FTIR Spectroscopy for the Classification of Natural Resins. BEMS Reports. *Biology, Engineering, Medicine and Science Reports*. 2018. Vol. 4 (1). P. 3–6.
- Nagy N.E., Franceschi V.R., Solheim H., Korkene P., Christiansen E. Wound-induced traumatic resin duct development in stems of Norway spruce (*Pinaceae*): Anatomy and cytochemical traits. *Am. J. Bot.* 2000. Vol. 87. P. 302–313.
- Panda H. Handbook on oleoresin and pine chemicals (rosin, terpene derivatives, tall oil, resin and dimmer acids). Asia Pacific Buisness Press Inc. 2008. 608 p.
- Parimal K., Khale A., Pramod K. Resins from herbal origin and a focus on their applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2011. Vol. 2(5). P. 1077–1085. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2\(5\).1077-85](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(5).1077-85).
- Tulik M., Jura-Morawiec J. An arrangement of secretory cells involved in the formation and storage of resin in tracheid-based secondary xylem of arborescent plants. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. P. 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1268643>.

### References (translated & transliterated)

- Annamukhammedova, O.O., & Annamukhammedov, A.O. (2014). Likars'ki roslyny [Medicinal plants]: navchalnyi posibnyk. Zhytomyr : Vyd-vo ZHDU im. I. Franka [in Ukrainian].
- Barbarych, A.I., Bradis, YE.M., Visyulin, O.D., & Kotov, M.I., et al. (1965). Vyznachnyk roslyn Ukrayiny [Identifier of plants of Ukraine]. (2<sup>nd</sup> ed.). Kyiv : Urozhay [in Ukrainian].
- Benzel, L.V., Darmohray, R.YE., & Benzel, P.V. (2010). Likars'ki roslyny i fitoterapiya (fitoterapevtychna retseptura) [Medicinal plants and phytotherapy (phytotherapeutic formulation)]: navchalnyi posibnyk. Kyiv : VSV «Medytsyna» [in Ukrainian].
- Hlukhova, S.A., Mykhaylyk, S.M., & Shynder, O.I. (2023). Likars'ki holonasinni roslyny (Gymnospermae) u nasadzhennyakh Syrets'koho dendrolohichnoho parku (m. Kyiv). Etnobotanichni tradytsiyi v ahronomiyi, farmatsiyi ta sadovomu dyzayni [Medicinal gymnosperms (Gymnospermae) in the plantations of the Syretsky Dendrological Park (Kyiv). Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design]. *Materialy VI Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi, prysvyachenoyi Roku Nezlamnosti Ukrayiny [Materials of the VI international scientific conference dedicated to the Year of Invincibility of Ukraine]*. Uman', 75–84 [in Ukrainian].
- Kyslychenko, V.S., Zhuravel', I.O., Marchyshyn, S.M., Minarchenko, V.M., & Khvorost, O.P. (2015). Farmakohnoziya [Pharmacognosy] : bazovyy pidruch. dlya stud. vyshch. farmats. navch. zakl. (farmats. f-iv) IV rivnya akredytatsiyi / ed. V.S. Kyslychenko. Kharkiv : NFaU: Zoloti storinky [in Ukrainian].
- Kozymenko, T.M., Dudchenko, L.H., Hrabova, T.YU., Pylypchuk, A.B., & Petrishcheva, V.O. (2014). Zastosuvannya roslyn klasu khvoyni u medytsyni. Rodyna Sosnovi (ohlyad literatury) [Application of coniferous plants in medicine. Sosnovy family (literature review)]. *Fitoterapiya. Chasopys [Phytotherapy. Magazine]*, 2, 34–39 [in Ukrainian].
- Slobodyuk N.M. (2020). Likars'ki roslyny [Medicinal plants] : navchal'nyy posibnyk. L'viv [in Ukrainian].
- Chase, M.W., Christenhusz, M.J.M., & Fay, M.F. et al. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385> [in English].
- Fox, Th.R., Jokela, E.J., & Allen, H.L. (2007). The Development of Pine Plantation Silviculture in the Southern United States. *Journal of Forestry*, 105(7), 337–347 [in English].
- Jamshidi-Kia, F, Lorigooini, Z, & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants: past history and future perspective. *J Herb Med Pharmacol*, 1–7. <https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01> [in English].

Kozowyk, P.R.B.; Langejans, G.H.J., & Poulis, J.A. (2016). Lap Shear and Impact Testing of Ochre and Beeswax in Experimental Middle Stone Age Compound Adhesives. *PLOS One*, 11 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150436> [in English].

Langenheim, J.H. (2003). *Plant resins: chemistry, evolution, ecology and ethnobotany*. Portland • Cambridge :Timber Press [in English].

Martin-Ramos, P., Fernandes-Coppel, I.A., Ruiz-Potosme, N.M. & Martin-Gil J. (2018). Potential of ATR-FTIR Spectroscopy for the Classification of Natural Resins. *BEMS Reports. Biology, Engineering, Medicine and Science Reports*, 4(1), 3–6 [in English].

Nagy, N.E., Franceschi, V.R., Solheim, H., Korkene, P., & Christiansen, E. (2000). Wound-induced traumatic resin duct development in stems of Norway spruce (*Pinaceae*): Anatomy and cytochemical traits. *Am. J. Bot.*, 87, 302–313 [in English].

Panda, H. (2008). *Handbook on oleoresin and pine chemicals (rosin, terpene derivatives, tall oil, resin and dimmer acids)*. Asia Pacific Buisness Press Inc [in English].

Parimal, K., Khale, A., & Pramod, K. (2011). Resins from herbal origin and a focus on their applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(5), 1077–1085. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2\(5\).1077-85](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(5).1077-85) [in English].

Tulik, M., & Jura-Morawiec, J. (2023). An arrangement of secretory cells involved in the formation and storage of resin in tracheid-based secondary xylem of arborescent plants. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1268643> [in English].

Отримано: 28.01.2024

Прийнято: 12.02.2024



## ГЕОГРАФІЯ

UDC 338.48:911.3:641.5(477.4)  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.7>

### THE CONCEPT OF TERRITORIAL GASTRO-TOURISM SYSTEMS

I. K. Nesterchuk<sup>1</sup>

*Ukrainian tourism is a complex system that contains a large number of subsystems. They can be classified in various ways, including territorial division. Thus, being the largest country in Europe, Ukraine has actually huge territories, which are divided into regions according to administrative, geographical, cultural and other features, thus forming territorial tourism systems.*

*The scientific significance of the research topic lies in the need to generalise and systematise scientific experience on the hystorionics of the development of socio-geographical discourse of territorial systems in tourism. Synergies of landscapes, culinary cultures of ethnic groups and territorial gastro-tourism systems.*

*Filling the bottlenecks in tourism and recreation requires the development of a concept of a territorial gastro-tourism system using certain approaches and principles. Based on the drivers of the development of the territorial gastro-tourism system: agri-food heritage, gastronomic heritage, culinary cultures of ethnic groups, food identity markers, terroir, speciality, food biodiversity, sustainable food systems.*

**Key words:** territorial tourism systems, concept of territorial gastro-tourism systems, agri-food heritage, gastronomic tourism.

### КОНЦЕПЦІЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГАСТРОТУРИСТИЧНИХ СИСТЕМ

I. К. Нестерчук

*Український туризм є складною системою, яка містить велику кількість підсистем. Вони можуть бути класифіковані за різними способами, серед яких – територіальний поділ. Так, будучи найбільшою в Європі державою, Україна має насправді величезні території, які розмежовуються на регіони за адміністративними, географічними, культурними та іншими особливостями, утворюючи таким чином територіальні туристичні системи.*

*Наукове значення тематики дослідження полягає у необхідності узагальнення та систематизації наукового досвіду щодо історіогенез розвитку суспільно-географічного дискурсу територіальних систем в туризмі. Синергії ландшафтів, кулінарних культур етносів та територіальних гастро-туристичних систем. Заповнення вузьких місць у сфері туризму і рекреації, потребує розробки концепції територіальної гастро-туристичної системи, використовуючи певні підходи та принципи. Спираючись на драйвери розвитку територіальної гастро-туристичної системи: агропродовольча спадщина, гастрономічна спадщина, кулінарні культури етносів, маркери ідентичності їжі, терруар, спеціалітет, харчове біорізноманіття, сталі харчові системи.*

**Ключові слова:** територіальні системи туризму, концепція територіальних гастро-туристичних систем, агропродовольча спадщина, гастрономічний туризм.

<sup>1</sup> PhD

Associate Professor of the Department of Ecology and Geography  
(Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr)  
e-mail: [ntster\\_geock@ukr.net](mailto:ntster_geock@ukr.net)  
ORCID: 0000-0003-4990-6017

## Introduction

Tourism can be viewed as an independent socio-economic subsystem that is simultaneously integrated into the supersystems of "society" and "economy". In general, the problem of territorial systems of tourism systems in Ukraine has not been sufficiently studied, as some territorial systems are not given enough attention.

## Material and methods

*Study area.* Research methods: systemic, historical, empirical, methods of analysis and synthesis, method of territorial differentiation. Each method was used to solve specific problems.

Humanity as an agent of change on the Earth was first defined by Comte de Buffon in the eighteenth century (Fig. 1). Inspired by his ideas, I. Kant developed a physical and geographical vision that was essentially "anthropocentric" in nature and content. According to I. Kant, physical geography included not only objects visible on the earth's surface created by natural processes, but also human actions. He also believed that empirical knowledge could be obtained in two ways: through pure reason or through the senses. Feelings can be further divided into internal feelings and external sensations. The world as perceived by the inner senses was "seele" (soul) or "mensch" (man), while the world as perceived by the outer senses was nature. The concept of anthropocentric geography was later developed by K. Ritter. In his famous "Erdkunde", he argued that the central theme of geography is the reciprocity that exists between natural phenomena and humanity.

The formulation of human geography begins with the two-volume "Anthropogeography" by Friedrich Ratzel (1882-1891), a German geographer, ethnographer, and founder of the concept of "Lebensraum" ("living space"), in which ethnic groups are associated with the territory of residence and development (Ratzel, 1921).

The study of the links between the natural environment (geographical, natural and climatic conditions) and human civilisation comes to the fore. F. Ratzel took into account many geographical and natural factors (landscape, water network, soils, fauna, flora, mineral resources, access to the sea, etc.)

It was he who put forward the idea that humans should be perceived as part of nature not in the individual but in the social dimension, which laid the foundations of the philosophy of Herderism.

He also argued that anthropogeography should analyse the value of human-made culture and its landscape attractiveness.

It is worth noting the great convergence of Ratzel's views with the geographical meanings of the ideas of Vidal de la Blache (1845-1918). In order to study the impact of man on nature, V. de la Blache first proposed the concept of the "genre of life" (Blasche, 1921). V. de la Blache believed that the relationship between humans and the earth does not take the form of a strict and irrevocable contract. He promoted the idea of "genre de vie" (genre of life) as an interpretation of human culture inherited and developed over time to transform natural "possibilities" in the process of social development. The focus of his views is that nature serves as the basis, and humanity is an active force for change. We should agree with his view that geographical conditions are flexible enough to provide a wide range of opportunities for human initiatives, preferences and choices.

The main interest of V. de la Blache is in economic and technical aspects. For example, he mainly associates the "genres of life" with the set of means created by a particular society to use the resources of the territory it occupies. According to V. de la Blache, each "genre of life" adapts to a particular natural environment according to a certain level of technical development that allows for a more or less intensive and diversified exploitation of the various available resources.

Humanistic approach of V. de la Blache to geography was organically integrated into the new possibilist dimension of philosophy, which was further developed by J. Brunhes. He placed the main emphasis on the exploitation of the earth by mankind to satisfy human needs and desires. Lucien Febvre also developed the post-socialist discourse in his "Geographical Introduction to History" (1922).

Karl Ortwin Sauer (1889-1975), an American geographer at the University of California, Berkeley, is considered the "father of cultural geography" who coined the term "cultural landscape". One of his most famous works is "The Origin and Spread of Agriculture" (1952).

In 1927, Sauer wrote an article entitled "Recent Developments in Cultural Geography" in which he discussed how cultural landscapes consist of "forms superimposed on the physical landscape" (Sauer, 1925). His article "The Morphology of the Landscape" (Sauer, 1925) was perhaps the most influential article that contributed to the development of ideas about cultural landscapes and is still cited today. The focus was on how people adapted to the environment, and especially how



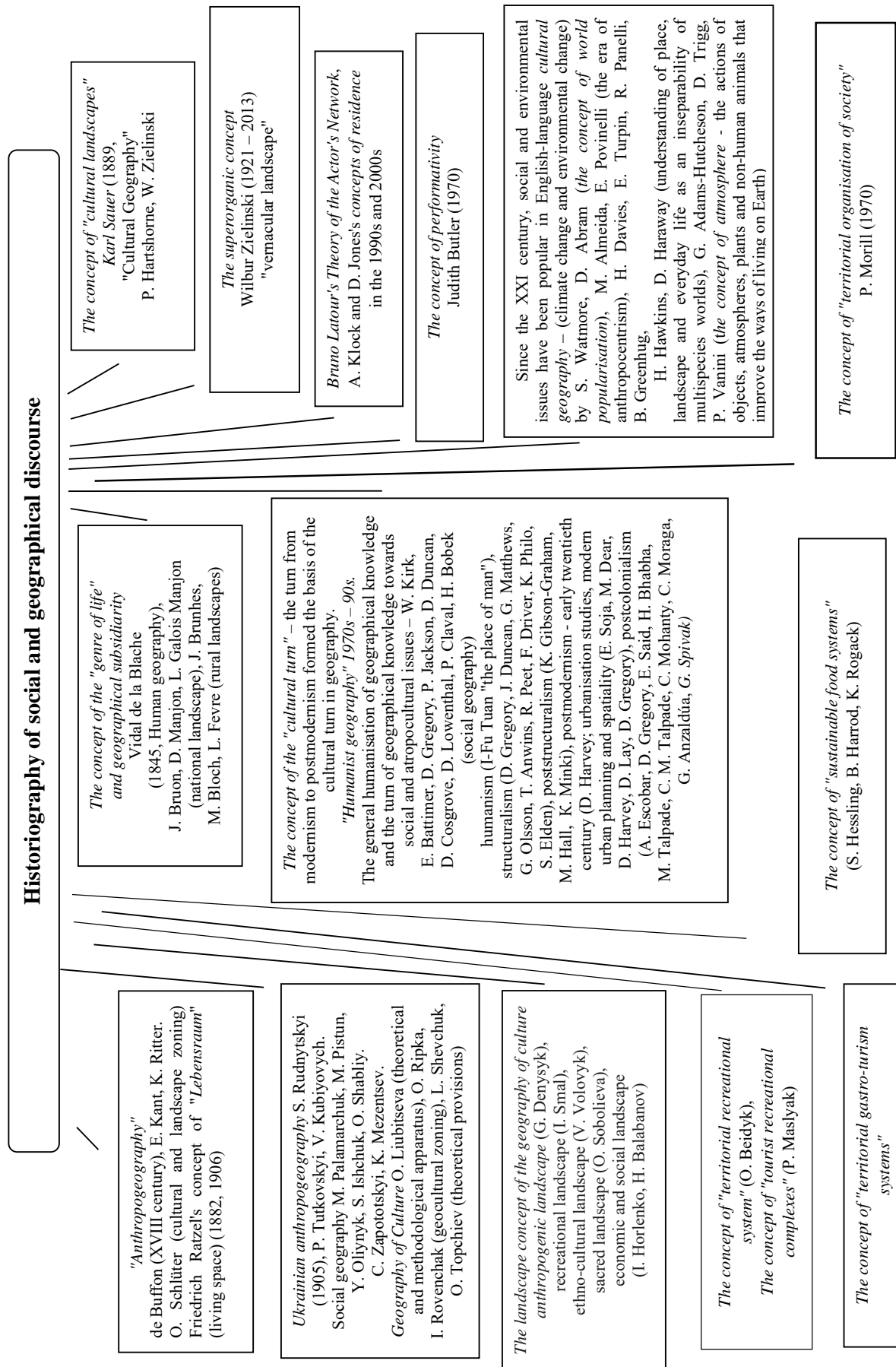


Fig. 1. Historiography of socio-geographical discourse

people shaped the landscape through agriculture, engineering and construction, and how the landscape reflects the people who created it. Following postmodernism, cultural landscape scholars have increasingly emphasised the local context: landscapes associated with economic or ethnic groups, including minorities. Consequently, K. Sauer proposed a "landscape paradigm" in which he emphasised humans as agents of "modelling" the natural landscape.

The "superorganic concept" was proposed and introduced into the study of cultural geography by anthropologists at the Berkeley School, an influential school of cultural geography in the United States. Wilbur Zelinsky, in his book "The Cultural Geography of the United States" (Zelinsky, 1992), described the peculiarities of supergranularity that shapes cultural landscapes in America. This concept, however, has been heavily criticised, but has had a major impact on traditional cultural geography research. The discourse focused on the usability and limitations of the superorganism concept: the correct use of the method of causal analysis, the different possibilities of using the superorganism concept in studies of different scales of cultural landscapes or different social perspectives.

In fact, for half a century, a supra-organic, Sauerian understanding of the cultural landscape dominated cultural geography, especially in North America. The emergence of "*humanistic geography*" in the 1970s and the so-called "*cultural turn*" of the late 1980s transformed the sub-disciplines and broadened interpretations of what was meant by culture. The emergence of a "*new cultural geography*" in the 1980s had an impact on the whole of scholarship, as culture became increasingly central to thinking about the world (and perhaps the world itself). Attempting to resolve the tension between structure and activity, the new cultural geography explored the cultural dimensions of virtually every aspect of the human world – from national culture and landscape painting to the masculine cultures of global finance – encompassing high culture, popular culture, subcultures, and the impact of globalisation on indigenous cultures.

During this period, cultural studies scholars began to engage *new theoretical ideas* within social theory, including humanism and structuralism. For example, D. Gregory developed the concept of Lévi-Strauss structure. Duncan J. discussed Barthes's structural and poststructural interpretation of landscapes as texts and communication

systems. "Foucault's geography" was presented by G. Matthews, G. Olsson, T. Anwins and R. Peet. Poststructuralists – K. Gibson-Graham, M. Hall, K. Minki – developed the doctrine of "radical reconfiguration of the concept of space". The study of urbanisation, modern urban planning and the spatiality of Los Angeles is covered in the work "Postmodern" by E. Sodge, M. Deer. The works of D. Harvey "Postmodernism and America", D. Lay "Postmodern Urbanism in Vancouver", D. Gregory "Areal Differentiation and Postmodern Geography", show the changing role of the media and representation, the dynamics of consumption.

The proponents of the postcolonialism scholarship (A. Escobar, D. Gregory, E. Said, H. Bhabha M. Talpade, C. Mohanty, C. Moraga, G. Anzaldúa, G. Spivak) sought to critically analyse and explain the past and present conditions of colonialism and developed a feminist position, proclaiming the differences experienced on the basis of gender, in particular the marginalisation of women.

From the perspective of the new cultural geography, the landscape was not just a material artefact that directly reflected culture, but was filled with symbolic meaning that needed to be decoded in terms of social and historical context, using new techniques such as *iconography*. Similarly, it was argued that other cultural practices, artefacts and representations needed to be theorised and analysed in much more contextual, contingent and relational ways. Here, new cultural studies argued that cultural identities are not essentialised and teleological.

Most importantly, culture itself was viewed as a fluid, flexible and dynamic process that actively constructs society rather than merely reflects it. The achievements of the "new" cultural geographers were significant: D. Gregory, P. Jackson, D. Duncan. This theoretical shift was necessary for researchers interested in resisting oppression in order to understand human cultural differences, challenge the idea of "race", reveal the gendered nature of social institutions, and destroy conservative ideas of "normal" sexuality and family. The meanings of culture were no longer perceived as fixed or stable, but instead as images and representations of places and peoples. Geographers embraced popular culture – once considered fantastic, escapist or ordinary – as a new field of study.

However, during the 1990s and into the 2000s, cultural geographers themselves

expressed dissatisfaction with the dominance of the *representational direction* of cultural geography. The argument was that cultural geography had become too dependent on textual analysis and cultural discourse without the ethnographic research necessary to understand how these representations affect people, social policy, and the material landscape.

One response was to import another set of external theoretical influences, this time from the history and philosophy of science and the work of Bruno Latour in particular. This is the so-called "*actor network theory*", which focuses not on representations or discourse, but on the relationships that are constantly formed between people, objects, plants and animals [957]. The basis of this theoretical perspective was the recognition that humans did not have a monopoly on culture or freedom of action. Instead, non-human objects, animals and plants were theorised as agents with the same capacity to exist and act in networked sets of relationships with humans and other creatures. These sets of relationships – often described as "assemblages", "actor-networks" or "hybrid geographies" – move cultural geography away from a purely discursive focus and contribute to an understanding of the world in which dualistic ideas of humanity and nature as separate spheres lose their force. While "actor-network" theory has become an excellent tool for critiquing the "nature-human" dualism, concerns have arisen about how understandings of place are based on this conceptual framework.

A. Klock and D. Jones extended the *concept of networks* by addressing the *concept of habitat*. This offered a deeper understanding of how (non)human actors are interconnected in landscapes and places, as well as in networks. Examples include a "city", an "orchard" or a "backyard", conceptualised not as bounded geographical entities but as a set of dynamic relationships between people, material objects (such as cars, roads and ports, in the case of a city) and ecological systems (plants, birds, insects, etc.).

N. Thrift also pointed to the failure of "actor-network theory" to conceptualise place using the term "ecology". He noted that thinking about relational places involves understanding the interactions between a wide range of entities: some human, some physical, some biological, some human-made (Thrift, 2004). In addition, N. Thrift argued that actor network theory gives conceptual priority to the technical over the human body, i.e. mech-

anisms of perception, memory over various bodily skills. Thus, N. Thrift extends relational thinking about space by drawing attention to the "*concept of performativity*" (Butler, 1990).

From this perspective, identities are unstable rather than innate; instead, they are re-constituted by subjects who interact (whether consciously or on an embodied, unconscious level) with historically rooted discourses, norms and ideals. Gender is not a given biological fact; rather, it fulfils subjective social norms. This allowed us to rethink the relationships between scale, subjectivity, body and mobility.

Humanist geography has sought to be more than just a critical philosophy. In fact, in 1978, Anne Battimer tried to revive the tradition of Vidalin and argued that any spatial units should be studied from a local perspective (similar to Blasch's concept of "payment") with a historical approach.

One of the first geographers to advocate for humanistic geography was the Irish geographer William Kirk in 1951. He published his ideas in an essay entitled "Historical Geography and the Concept of the Behavioural Environment". But perhaps the timing was not right, as geography was then largely inspired by the positivist tradition.

Later, in 1976, Yi-Fu Tuan, within the framework of humanistic geography, brought to the fore the problems of people and natural conditions. He argued that humanistic geography seeks to understand the world through insight into the relationship between humans and nature, and the geographical behaviour of humanity, which is based on ideas about space and place. Geographical activities and phenomena were seen as a manifestation of human consciousness and knowledge.

After the 1980s, humanistic geography differentiated. One direction tried to merge with the humanities, exploring the knowledge that stems from human feelings and experiences of being human on this planet. The other tried to connect with different philosophies of man and the society of sciences.

According to D. Ley and M. Samuels, *humanistic geography* was based on three main *principles: anthropocentrism, subjectivity, and the concept of place* (Ley & Samuels, 2014). After the 1990s, *humanistic geography* disappeared as a separate subfield of geography, but interest in humanistic topics still persists, especially among philosophers-phenomenologists in relation to the phenomena of space.

However, the curiosity of humanistic geography, with its focus on human action, human beliefs and awareness, on human interaction with their place in space and interpretations of that place in space, has been embraced by psychoanalytic theories. This has helped to overcome criticisms of a murky methodological and weak theoretical framework by focusing on enhancing the interaction between humans and physical geography, in particular by identifying the role of *individual perceptions in the creation of the physical landscape*. In contrast to the revival of historical geography, the Sauerian tradition, which had dominated cultural geography for decades, seemed to be losing its appeal in the 1960s and 1970s.

In fact, the position of the humanistic school in geography and the dominance of Marxist theories, as a response to the dominant quantitative and systemic approaches, gave rise to a *new cultural geography* in the 1980s. By the end of the 1980s, geography had undergone a *cultural turn* that redefined not only cultural geography but also other sub-disciplines, including historical geography. Furthermore, the cultural turn did not only affect geography. All the humanities took into account postcolonial criticism, which questioned the dominance of Western political and cultural concepts, as well as poststructural criticism of the relevance of Western models of society, raised by continental philosophy. Instead, it was recommended that geographers should contribute to efforts to "rematerialise" geography through a "new" cultural geography that should replace the "old" cultural geography of the 1980s and 1990s.

The turn from modernism to postmodernism laid the foundations for a cultural turn in geography. Postmodernism challenged intellectual hierarchies and allowed for the legitimisation of multiple perspectives on the world. Many geographers have used the plural form "geographies" rather than the singular "geography" to represent a world of many identities and perspectives that form different conceptions of space and especially of places.

Since the twenty-first century, socio-ecological issues of climate change and environmental change, the concept of world popularisation (S. Watmore, D. Abram), the era of anthropocentrism (M. Wattmore, D. Povinella), the understanding of place, landscape and everyday life as a (S. Watmore, D. Abram), the era of anthropocentrism (M. Almeida, E. Povinelli), the understanding of place, landscape and everyday life as an inseparability of multispe-

cies worlds (H. Davies, E. Turpin, R. Panelli, B. Greenhughes, H. Hawkins, D. Haraway), the concept of the atmosphere (G. Adams-Hutcheson, D. Trigg, P. Vanini).

The concept of "spatial (territorial) organisation of society" (R. Morill), human activity is always organised in different aspects and plans. The concept of "sustainable food systems" has been advocated by scientists (M. Hull, S. Hessling, B. Garrod, K. Rogack), as food systems link different dimensions of sustainability. The restaurant business and commercial kitchens can contribute to the promotion of sustainable food.

The current diversity of methodological and theoretical research reveals the creative potential of cultural geography – offering ways to see, feel and act on multispecies geographical realities. Observations on the effects of objects, atmospheres, plants and non-human animals point to perspectives on bodily variation that enhance the ways we live together on Earth. Connections to the categories of place and landscape expand the scope of relationships explored by geographical knowledge. Immersion in the vulnerability of places experienced by different earthly objects results in an understanding of the reciprocity and contradictions of contemporary tense geographical situations. Geographical knowledge open to understanding these mechanisms allows us to decipher the writing of the Earth, which overcomes human exclusivity in relation to the possibilities of living in horizons inhabited by more than humans. It is worth recalling that human life takes place in a natural environment that has its own natural resource differences and landscapes.

Immersion in the vulnerability of places experienced by different earthly objects results from an understanding of the reciprocity and contradictions of contemporary tense geographical situations. Geographical knowledge open to understanding these mechanisms allows us to decipher the writing of the Earth, which overcomes human exclusivity in relation to the possibilities of living in horizons inhabited by more than humans. It is worth recalling that human life takes place in a natural environment that has its own natural resource differences and landscapes.

Ukrainian scholars are keeping pace with foreign academics in the field of scientific geographical research. The beginning of the 16th – 21st centuries was marked by the geographical achievements of G. Boplan, who in 1650 published the book "Description of

Ukraine" with maps based on topographic surveys. M. Vepreyskyi studied the natural conditions and resources of Ukrainian territory, and S. Chirkov discovered coal deposits in Donbas. P. Tutkovsky conducted geological surveys of all the provinces of Ukraine, developed the first scheme of natural and geographical zoning of Ukraine and published a thorough work "General Earth Science".

One of the founders of scientific physical and socio-economic geography in Ukraine is S. Rudnytskyi, known for his scientific achievements in geomorphology, historical and political geography, cartography, local history, general earth science, and physical geography of Ukraine. Vernadsky developed the doctrine of the biosphere. V. Lipsky studied mineral radiation sources in the Zhytomyr region and algae in the Black Sea. One of the founders of Ukrainian encyclopaedic geography was V. Kubiyovych, who published two fundamental works on the geography of Ukraine – "Atlas of Ukraine and adjacent lands" (1937) and "Geography of Ukrainian and adjacent lands" (1938) and was engaged in researching the history of the national economy, development and distribution of productive forces of Ukraine, developed a scheme of its economic zoning.

Ukrainian scientists have conducted research in the field of socio-economic geography of Ukraine in two directions – anthropogeographical and economic. Anthropogeographers focus on human geography and environmental factors (S. Rudnytskyi and V. Kubiyovych, partly A. Dibrova). Representatives of the economic direction focus on the geography of the economy, and the person is an important factor in its development and location, labour resource, consumer (M. Palamarchuk, F. Zastavnyi, M. Pistun, Y. Oliynyk). Scientific research focuses on the tasks of managing regional socio-economic processes, the economics of natural resources management, the development of the social sphere, and regional food markets (S. Zapototskyi). The concept of regional development forecasting has been developed, the theory of socio-geographical zoning, socio-geographical principles of regional policy of Ukraine, geography of religion of the world and Ukraine, perceptual geography of Ukraine have been deepened (K. Mezentsev).

*Human economic activity* is inextricably linked to *landscapes* and landscape studies. Modern landscape studies of the XX-XXI centuries in Ukraine are represented by sev-

eral scientific schools. Scientists of the Lviv school – K. Gerenchuk, I. Voloshyn, G. Miller, S. Kukurudza, A. Melnyk, V. Petlin – developed the concept of the unequal importance of interacting natural components and factors and the landscape as a nodal unit in the hierarchy of natural territorial complexes. Scientists of Chernivtsi School – L. Voropai, M. Rybin, M. Kuniytsia, Y. Zhupansky, V. Hutsulyak – initiated research on evolutionary changes in landscapes, landscape-geochemical studies of the features of natural and urbanised landscapes of the Chernivtsi region, and the use of the landscape-geochemical method in medical and geographical research. Kyiv University School – O. Marynych, O. Porivkina, N. Syrota, A. Lanko, P. Shyshchenko, M. Grodzynskyi, L. Malysheva, O. Dmytruk, V. Udovychenko – worked in such areas of research as theoretical and methodological, landscape-geophysical, geochemical, landscape-ecological, historical, urban, environmental, information and aesthetic landscape studies. In Kyiv Academic School – P. Pohrebniak, F. Volvach, L. Shevchenko, V. Halytskyi, O. Marynych – geochemical studies of landscapes and landscape mapping became priority areas of research. Representatives of the Crimean school – V. Yeni, P. Podhorodetskyi, L. Bahrova, M. Oliferov, H. Hryshankov, V. Bokov, K. Pozachenyuk – studied the spatial and temporal organisation of landscape complexes, positional properties of landscapes, theoretical foundations of ecotization of the landscape sphere, structure and dynamics of mountainous landscapes of Crimea, developed theoretical and methodological foundations of landscape expertology and landscape science substantiation of environmental expertise and environmental monitoring of Crimea using GIS technologies.

Odesa school, which embodies the achievements of G. Schwebs, T. Borysevych, G. Pylypenko, T. Bezverhnyuk, F. Lisetskyi, concerning theoretical foundations and methods of research of valley paragenetic and estuarine landscape complexes of the Black Sea region, typology of landscape territorial structures, including information and field, concept of natural and economic territorial systems, concepts of eniological and holistic concepts of landscape science, the concept of desertification of steppe landscapes, conceptual foundations and methods of contour and reclamation land management on a landscape basis, the use of GIS technologies in the preparation of landscape maps and agro-landscape zoning. Vinnytsia School of

Landscape Science – G. Denysyk, Yatsenyuk, O. Babchynska, O. Valchuk, O. Chyzh, V. Volovyk – is known for developing theoretical foundations of regional anthropogenic landscape science.

All the previous geographical works organically fit into the study of social geography, human geography and cultural geography.

The research in the field of human geography is presented by the academician and classic of Ukrainian geography S. Rudnytsky, who distinguished in anthropogeography (somewhat similar to the division of modern social geography): human geography, economic geography, cultural geography, and political geography. Leading scholars of economic and social geography adhere to different approaches to defining the structure of social geography, although certain similarities can be identified. The most widespread is the approach of M. Pistun and O. Shablii, who distinguish six analytical (branch) disciplines in social geography: economic geography, social geography, political geography (the first three are the main ones), geography of culture, geography of management, and geography of infrastructure (Pistun, 1996).

Nowadays, the geography of culture is studied by O. Liubitseva (1999), O. Ripka, I. Rovenchak (2008), L. Shevchuk, O. Topchiev (2018), who investigate the geographical aspects of culture and the issues of their geographical distribution, the concept of geo-ecological systems and cultural landscapes. Indeed, the geography of culture is an authoritative and rapidly developing field among other geographical sciences, covering the study of culture in geographical space, the identification of spatial differentiation and diversity of its components, their expression in the landscape and connection with the geographical environment, as well as the reflection of geographical space in culture.

In particular, O. Liubitseva presents *the landscape as an indicator of culture and the basis for the development of recreation and tourism*. People and their activities have been constantly adapting to the opportunities and limitations of the environment, and have shaped the landscape and biological environment to varying degrees. This has led to the accumulation of experience over generations, increasing the range and depth of their knowledge systems.

## Results

*Algae plankton communities of the ponds. In our research, we focus on the regional Polissya land use systems and landscapes and agri-cul-*

*tural heritage, which are rich in significant food biodiversity, which is developing as a result of the joint adaptation of the territorial community to its environment and its needs and aspirations for sustainable tourism development.* Traditional farming practices were shaped by the local climate and terrain, historically creating a food culture of ethnic groups, a unique agro-cultural heritage for the region.

*Agricultural heritage* is a "living heritage" that continues to exist, develop and adapt to changes in society and nature, does not deplete natural resources (soil, forest, water), has a low environmental impact, and contributes to the conservation of biodiversity, including endemic animals.

Obviously, the achievements of cultural geography in the development of the concept of "*agro-cultural heritage*" in the context of recreation and tourism studies call for a rethink. Based on the strong heritage of geographical and landscape studies, tourism studies in Ukraine, within the framework of the geography of recreation and tourism, gastronomy in particular, it is considered appropriate to propose and develop the concept of "*territorial gastronomic systems*" as a theoretical basis for responding to the challenges posed by the current practice of recreation and tourism.

Accordingly, let's consider the essence of "*territorial gastronomic tourism systems*" for the purposes of gastronomic tourism development (Fig. 1, 2). Territorial gastronomic tourism systems (hereinafter referred to as TGTS) are complex open systems.

When studying socio-geographical objects, processes and phenomena, it is necessary to use different approaches of social geography. In this study, we used the following approaches to identify and define TGTS in geographical space: *historical and geographical (retrospective) approach* (Topchiev, 2018).

Within the framework of this approach, the socio-geographical object, economic and geographical categories, is considered in historical dynamics. It makes it possible to make an economic and geographical forecast of the future based on the analysis of the past, to identify the causes and factors and to study the stages of development over the entire period of time. In our case, we traced the development of the TGTS in the historical context (the territory of ethnic settlement in certain geographical conditions that dictate the rules of food production and food culture, gastronomy), where a bifurcation point appears and the following spaces are stratified: sacred food, which forms

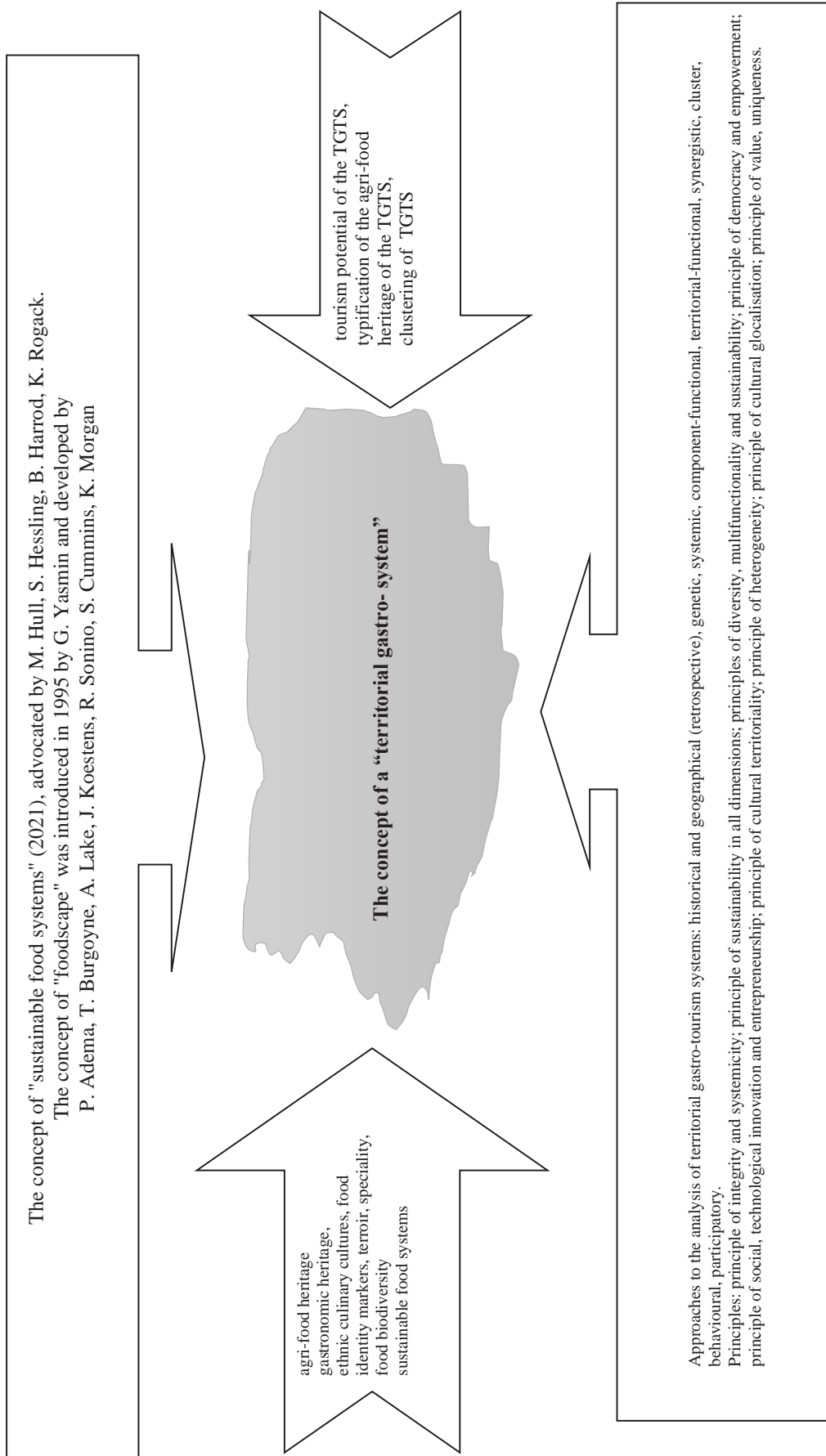


Fig. 2. The concept of a territorial gastro-tourism system for the development of gastronomic tourism

the national food in the future, which becomes a recognisable gastronomic image of the country in the menus of national restaurants, and develops the food industry).

*The genetic approach* is important (Yavorska, 2018), which analyses the causes and timing of the emergence of the objects and phenomena under study. Changes in functions and structure are studied, which are influenced by many endogenous and exogenous factors during their development. In the process of developing the concept of the TGTS, the trajectory of its development and, accordingly, the range of problems that may negatively affect it are traced.

The studied TGTS reveals previously unknown or little-known, scattered or poorly used tourist resources of a particular territory: gastronomic, cultural and historical, physical and geographical, human, soil and ethnographic. The development of the TGTS depends on finding optimal combinations for these resources and factors of production involved in the development goals.

Therefore, we believe that determining the tourism potential of the TGTS and conducting an audit of natural conditions and ethnic cuisines as "hidden" resources of the territory will allow us to adequately assess its development potential.

The use of a *systematic approach* will allow to study the processes of system formation (Yavorska, 2011; Topchiev, 2018), functioning, development (especially typical industrial, agrarian and recreational), energy and substance exchange and adaptation with the natural

environment. The modern realities of spatial-component design of territorial systems require the study of new challenges. A systemic study involves the study of its structure, functional relations, types of relations, i.e. the system is functional (Shablii, 2015).

*The component-functional approach* is used in the process of studying the

component and territorial structure of the country economy and its individual regions, objects, territorial subsystems, components, system-forming relationships between them, external relations (Palamarchuk, 1998; Zastavetska, 2013; Topchiev, 2018).

*The territorial-functional approach* will be useful for studying the links and relationships between the components and the territory of the territorial system. Through it, we learn how components are located in different types of territorial entities (for example, territorial communities), which reflects the geospatial organisation.

*The synergistic approach* (Zastavetska, 2013) includes a detailed study of the factors

of territorial systems and the processes that take place in them in order to identify the processes of interaction between their elements and subsystems, as well as their internal and external relations.

*The cluster approach* (Smirnov, 2013) is used to analyse the economic structure of territorial systems, identifying sectors involved in the formation of interregional heritage.

*The behavioural approach* (Baranovsky, 2010; Mezentsev, 2005) is used to explain the territorial identity of territorial systems, regional depression, forecasting regional development, determining perceptual portraits of regions, settlement systems, etc.

*The participatory approach* (Mezentsev, 2020), in the modern realities of transformation, takes place in the development of strategies and concepts of their functioning by representatives of local institutions in various fields.

### **Discussion**

In a broad sense, tourism is a complex socio-economic system with a large number of elements and subsystems and various links between them; in a narrow sense, it is an industry that produces services necessary to meet the needs arising in the process of travel. In any case, tourism is a system consisting of a large number of subsystems.

Territorial gastro-tourism systems are geographical spaces that have a holistic unity of various types of interdependent elements connected by common processes. Within this space, economic, social and other relationships are formed between business entities, entrepreneurs, various groups of the population, local authorities and visitors (tourists). The territory attracts tourists with its specific characteristics, identity (in many cases, artificially created). In our case, it is the unique agro-cultural heritage, culinary cultures of the regional ethnic groups and, in general, its own peculiarities of nature and economy, historical, ethnographic, and gastronomic resources, on the basis of which gastronomic products are developed. The system-forming elements of the territorial gastrotourism system are: agri-food heritage, gastronomic heritage, culinary cultures of ethnic groups, food identity markers, terroir and speciality. Specific features are food biodiversity and sustainable food systems.

### **Conclusions**

In summary, TGTS encompasses the full range of actors and their interrelated activities, including tourism, that add value to the production, aggregation, processing, distribution,



consumption and disposal of food originating from agriculture, forestry or fisheries, as well as parts of the wider economic, social and natural environment in which they are embedded.

Social practice proves that geographical knowledge reflects the unity of nature and man. This integrative sense is confirmed by the evolution and differentiation of geographical knowledge. In this process, there is a symbiosis of interpretations and interpretations that

require the identification of specific features of the territorial gastro-tourism system. Following the unfolding of this idea, the relevance of such a discourse in the geography of recreation and tourism, in particular gastronomy, is revealed by introducing the concept of a "territorial gastro-tourism system", which has existed for a long time and in many different places, but has only begun to be recognised for its tourism potential for sustainable tourism development.

### Список використаної літератури

Барановський М.О. Концепції регіональної депресії: історія, еволюція, сучасні імперативи. *Український географічний журнал*. 2010. № 1. С. 31–36.

Заставецька Л.Б. Системи розселення та геопросторові проблеми вдосконалення адміністративно-територіального устрою України. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2013. 122 с.

Любіцева О.О. Ландшафт в географії культури. Ландшафт як інтегруюче поняття XXI століття. зб. наукових праць, 1999. С. 150–152.

Мезенцев К.В. Суспільно-географічне прогнозування розвитку регіонів: моногр. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. 253 с.

Мезенцев К., Провотар Н. Партиципаторний підхід до планування зелених громадських просторів у містах. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси в системі географічної, туристичної та екологічної науки*: матеріали 2-ї міжнародної науково-практичної конференції (Тернопіль, жовт. 15, 2020). Тернопіль : Вектор, 2020. С. 49–52.

Паламарчук М.М., Паламарчук О.М. Економічна і соціальна географія України з основами теорії: посіб. Київ : Знання, 1998. 315 с.

Пістун М.Д. Основи теорії суспільної географії : науч. посібник. Київ : Вища школа, 1996. 231 с.

Ровенчак І.І. Географія культури: проблеми теорії, методології та методи дослідження. Львів : вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2008. 240 с.

Смирнов І.Г. Туристичний кластер як консорціум туристичних міст (з досвіду Словаччини). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Міжнародні відносини. Економіка. Краєзнавство. Туризм*. № 1042 (1). 2013. С. 138–142.

Топчієв О.Г. Методичні основи географії: Ландшафтна оболонка Землі. Середовище: освіта. посібник / О.Г. Топчієв, Д.С. Мальчикова, І.О. Пилипенко, В.В. Яворська. Херсон : «Гельветика», 2018. 348 с.

Шаблій О.І. Соціальна географія: у двох кн. Книга перша. Проблеми теорії, історії та методології дослідження. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 814 с.

Яворська В.В. До питання про історико-географічний (генетичний) підхід у суспільно-географічних дослідженнях (короткий огляд літератури) [Електронний ресурс]. URL: [https://collectedpapers.com.ua/wpcontent/uploads/2013/09/037\\_195\\_202](https://collectedpapers.com.ua/wpcontent/uploads/2013/09/037_195_202) (дата звернення 10.01.2024).

Яворська В.В. Територіальна організація туристично-рекреаційної діяльності Українського Причорномор'я : моногр. / К.В. Коломієць, В.В. Яворська, В.А. Сич. Одеса : Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2018. 290 с.

Butler J. *Gender Trouble*. Routledge. New York. London. 1990. 170 p.

Ley D., Samuels M. *Humanistic Geography*. London. 2014. 352 p.

Ratzel F. *Anthropogeographie*. Stuttgart Verlag Von J. Engelhors Nachf. 1921. 205 p.

Sauer C. «The Morphology of Landscape». *University of California Publications in Geography* 2. 1925. 20 p.

Thrift N. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*. Taylor & Francis, Ltd. Special Issue: *The Political Challenge of Relational Space*. 2004. Vol. 86. № 1. P. 57-78.

Vidal de la Blasche, Paul *Principes de géographie humaine*. Paris : Armand Colin. 1921. № 2. 45 p.

Zelinsky W. *The Cultural Geography of the United States*. Prentice-Hall. 1925. 224 p.

### References (translated & transliterated)

Baranovskyi, M.O. (2010). Kontseptsii rehionalnoi depresii: istoriia, evoliutsiia, suchasni imperatyvy [Concepts of regional depression: history, evolution, contemporary imperatives]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*, 1, 31–36 [in Ukrainian].

Zastavetska, L.B. (2013). Systemy rozselennia ta heoprosorovi problemy vdoskonalennia administratyvno-terytorialnoho ustroiu Ukrainy [Settlement systems and geospatial problems of improving the administrative and territorial system of Ukraine]. Ternopil : TNPU im. V. Hnatiuka [in Ukrainian].

Liubitseva, O.O. (1999). Landshaft v heohrafiï kultury [Landscape in the geography of culture]. *Landshaft yak inteɦruiuche poniattia KhKhI stolittia. zb. naukovykh prats [Landscape as an integrating concept of the 21st century. coll. scientific works]* [in Ukrainian].

Mezentsev, K.V. (2005). Suspilno-heohrafichne prohnozuvannia rozvytku rehioniv: monohr [Socio-geographic forecasting of the development of regions: monogr]. Kyiv : Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskiy universytet» [in Ukrainian].

Mezentsev, K., & Provotar, N. (2020). Partytsypatornyi pidkhid do planuvannia zelenykh hromadskykh prostoriv u mistakh [Participatory approach to the planning of green public spaces in cities]. *Mizhdystsyplinarni inteɦratsiini protsesy v systemi heohrafichnoi, turystychnoi ta ekolohichnoi nauky: materialy 2-yi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (Ternopil, zhovt. 15, 2020) [Interdisciplinary integration processes in the system of geographic, tourism and environmental science: materials of the 2nd international scientific and practical conference (Ternopil, October 15, 2020)]. Ternopil : Vektor, pp. 49–52 [in Ukrainian].

Palamarchuk, M.M., & Palamarchuk, O.M. (1998). Ekonomichna i sotsialna heohrafiia Ukrainy z osnovamy teorii: posib [Economic and social geography of Ukraine with the basics of theory: manual]. K : Znannia [in Ukrainian].

Pistun, M.D. (1996). Osnovy teorii suspilnoi heohrafiï : nauch. Posibnyk [Basics of the theory of social geography: scientific. Manual]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].

Rovenchak, I.I. (2008). Heohrafiia kultury: problemy teorii, metodolohii ta metody doslidzhennia [Geography of culture: problems of theory, methodology and research methods]. Lviv : vyd. tsentr LNU im. I. Franka [in Ukrainian].

Smyrnov, I.H. (2013). Turystychnyi klaster yak konsortsium turystychnykh mist (z dosvidu Slovachchyny) [Tourist cluster as a consortium of tourist cities (from the experience of Slovakia)]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Serii: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Kraieznavstvo. Turyzm [Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin. Series: International relations. Economy. Local history. Tourism]*, 1042 (1), 138–142 [in Ukrainian].

Topchiiev, O.H., Malchykova, D.S., Pylypenko, I.O., & Yavorska, V.V. (2018). Metodychni osnovy heohrafiï: Landshaftna obolonka Zemli. Seredovyshche: osvita. posibnyk [Methodical basics of geography: Landscape shell of the Earth. Environment: education. Manual]. Kherson : «Helvetyka» [in Ukrainian].

Shablii, O.I. (2015). Sotsialna heohrafiia [Social geography]: u dvokh kn. Knyha persha. Problemy teorii, istorii ta metodolohii doslidzhennia [Problems of theory, history and research methodology]. Lviv : LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].

Yavorska, V.V. Do pytannia pro istoriko-heohrafichnyi (henetychnyi) pidkhid u suspilno-heohrafichnykh doslidzhenniakh (korotkyi ohliad literatury) [To the question of the historical-geographical (genetic) approach in social-geographical research (a brief review of the literature)]. [Electronic resource] URL: [https://collectedpapers.com.ua/wpcontent/uploads/2013/09/037\\_195\\_202](https://collectedpapers.com.ua/wpcontent/uploads/2013/09/037_195_202) (access date 10.01.2024) [in Ukrainian].

Yavorska, V.V., Kolomiets, K.V., Yavorska, V.V., & Sych, V.A. (2018). Terytorialna orhanizatsiia turystychno-rekreatsiinoi diialnosti Ukrainskoho Prychornomor'ia : monohr [Territorial organization of tourist and recreational activities of the Ukrainian Black Sea region: monogr]. Odesa : Odeskyi natsionalnyi universytet imeni I.I. Mechnykova [in Ukrainian].

Butler, J. (1990). *Gender Trouble*. Routledge. New York. London [in English].

Ley, D., & Samuels, M. (2014). *Humanistic Geography*. London [in English].

Ratzel, F. (1921). *Anthropogeographie*. Stuttgart Verlag Von J. Engelhorns Nachf [in English].

Sauer, C. (1925). «The Morphology of Landscape». *University of California Publications in Geography*, 2, 20 [in English].

Thrift, N. (2004). *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*. Taylor & Francis, Ltd. Special Issue: *The Political Challenge of Relational Space*, 86 (1), 57–78 [in English].

Vidal de la Blasche, Paul Principes de géographie humaine (1921). Paris : Armand Colin, 2 [in English].

Zelinsky, W. (1925). *The Cultural Geography of the United States*. Prentice-Hall [in English].

Отримано: 20.01.2024

Прийнято: 16.02.2024



УДК 911.9:502/504:614.76

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.8>

## НАКОПИЧЕННЯ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОМУ БАСЕЙНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОВОДЖЕННЯ

Є. А. Іванов<sup>1</sup>, І. П. Ковальчук<sup>2</sup>

*Видобування і збагачення кам'яного вугілля у Львівсько-Волинському басейні призвело до накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів, що є цінною вторинною сировиною. Трансформаційні зміни у вугільній галузі, різні умови формування териконів, відвалів і хвостосховищ у басейні, а також поява новітніх технологій використання вторинної сировини зумовили потребу повторного обліку обсягів гірничопромислових відходів, окреслення проблем і пошуку перспектив їх застосування у різних сферах господарювання. На основі аналізу топографічної інформації і космознімків з програми Google Earth Pro перераховано площі, що зайняті під териконами, відвалами і хвостосховищами, а також значення максимального перевищення об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні. Виявлено скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами (з 608,85 до 516,8 га), що зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих шахтах і спорощення складів вугілля. Максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу і хвостосховищ ПАТ "Львівська вугільна компанія". Максимальне перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізняється та впливає на розрахунок обсягів відходів. Попри ліквідацію більшості нерентабельних вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів (з 96,22 до 122,05 млн м<sup>3</sup>), що зумовлено природом об'єктів вуглезбагачення через низьку якість видобутого вугілля. Вивчено спектр геоecологічних проблем, що пов'язані із експлуатацією гірничопромислових об'єктів у басейні, зокрема горіння породи, розвиток небезпечних природно-антропогенних процесів і забруднення складових доквілля. Розглянуто подальші перспективи ефективного комплексного використання гірничопромислових відходів у басейні.*

**Ключові слова:** кам'яне вугілля, гірничопромислові відходи, терикон, відвал, хвостосховище, геоecологічна ситуація, використання відходів.

<sup>1</sup> доктор географічних наук, професор,  
завідувач кафедри конструктивної географії і картографії,  
(Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів)  
e-mail: yevhen.ivanov@lnu.edu.ua  
ORCID: 0000-0001-6847-872X

<sup>2</sup> доктор географічних наук, професор,  
завідувач кафедри геодезії та картографії,  
(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)  
e-mail: kovalchukip@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-2164-1259

---

## ACCUMULATION OF MINING WASTES IN THE LVIV-VOLYN COAL BASIN: CURRENT CONDITIONS, PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF MANAGEMENT

Ye. A. Ivanov, I. P. Kovalchuk

*Extraction and beneficiation of coal in the Lviv-Volyn basin has led to the accumulation of significant volumes of mining waste, which is a valuable secondary raw material. Transformational changes in the coal industry, different conditions for the formation of terrycon, dumps, and tailings storage in the basin, as well as the emergence of the latest technologies for the use of secondary raw materials, led to the need to re-account the volume of mining waste, outline problems and find prospects for their application in various areas of management. Based on the analysis of topographical information and space photographs from the Google Earth Pro program, the areas occupied by terrycon, dumps and tailings storage facilities, as well as the value of the maximum elevation of the objects above the level of the surrounding earth's surface, are listed. A decrease in the area occupied by dumps and tailings storages (from 608.85 to 516.8 ha) was revealed, which is due to the disassembly of burnt rocks for various economic needs. Reclamation works at liquidated mines and the emptying of coal warehouses lead to a reduction in the area of waste dumps. The maximum areas are typical for the gravity dump and tailings storage facilities of PJSC "Lviv Coal Company". The maximum elevation of mining facilities above the level of the surrounding earth's surface can be significantly different and affect the calculation of waste volumes. Despite the liquidation of most of the unprofitable coal mines of the basin, we continue to observe a significant increase in the volume of accumulated waste (from 96.22 to 122.05 million m<sup>3</sup>), which is caused by an increase in the volume of coal beneficiation due to the low quality of mined coal. The range of geoecological problems associated with the exploitation of mining facilities in the basin, in particular the burning of rock, the development of dangerous natural-anthropogenic processes and the pollution of environmental components, has been studied. Further prospects of effective integrated use of mining waste in the basin are considered.*

---

**Key words:** coal, mining waste, terrycon, dump, tailings storage, geoecological situation, use of waste.

---

### Вступ

Видобування і збагачення кам'яного вугілля призводить до активізації різних небезпечних екзогенних процесів, що трансформують ландшафти у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, незворотних змін у навколишньому природному середовищі, накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів. За останні 20–25 років геоecологічна ситуація у басейні суттєво змінилася. У першу чергу, це пов'язано із зменшенням обсягів видобування кам'яного вугілля та закриттям нерентабельних шахтних підприємств. У межах Нововолинського гірничопромислового району (ГПР) вже ліквідовано сім з десяти шахт: № 2–8 "Нововолинські" (НВ), а нова шахта № 10 НВ – залишається недобудованою. Водночас, у межах Червоноградського ГПР закрито лише п'ять вугільних шахт: № 1 "Червоноградська", № 5 "Великомостівська" (ВМ), "Бендюзька", "Візейська" і "Зарічна", а шахти "Великомостівська" і "Надія" будуть ліквідовані вже у найближчі п'ять років. Безперечно, із ліквідацією нерентабельних і будівництвом нових шахт пов'язані істотні, часом незворотні трансформаційні зміни у процесі накопичення гірничопромислових відходів, а також у пошуку перспектив поводження з ними (Іванов, 2020).

Поряд як із діючими, так і ліквідованими вугільними шахтами Львівсько-Волинського басейну розміщені терикони або складні системи відвалів, які головно складені з двох породних відвалів. Здебільшого старі відвали мають конічні, зрідка конічні урізані, а нові – плоскі форми (рис. 1).

Це зумовлено різною технологією транспортування відходів на різних етапах експлуатації шахт: на початковій – конвеєрами, а пізніше – головним чином автотранспортом, рідше канатними дорогами і конвеєрами. Відмову від використання конічних відвалів зумовлено складністю транспортування конвеєрами на віддалені від шахти ділянки та вищою інтенсивністю їхнього горіння. В межах Червоноградського ГПР існують вугільні підприємства з одним, двома або трьома відвалами. Досить часто відвали з'єднані між собою, однак на недіючих шахтах № 3 НВ і № 5 ВМ вони роз'єднані і віддалені на 50–100 м. Нові відвали відрізняються від старих й за складом літологічних відкладів, у нових – переважають вуглисті сланці, що пов'язано зі зниженням якості вугілля та низькою інтенсивністю їхнього горіння.

Загалом, трансформаційні зміни у вугільній галузі, різні умови формування териконів, відвалів і хвостосховищ у басейні,



Рис. 1. Розміщення гірничопромислових відходів на території шахти “Відродження” ДП “Львіввугілля” (космоснімок від 6 вересня 2014 р.; відповідно до масштабу 1 : 3 000)  
 Умовні позначення: 1 – конічний відвал терикону; 2 – плоский відвал терикону; 3 – склад вугілля; 4 – проммайданчик шахти

а також поява новітніх технологій використання вторинної сировини зумовили потребу повторного обліку обсягів гірничопромислових відходів, окреслення проблем й пошуку перспектив їх застосування у різних сферах господарювання.

#### **Матеріал і методи**

Після завершення розроблення вугільних покладів у Львівсько-Волинському басейні формуються нові постмайнінгові геосистеми (Іванов, 2017; Побережний та ін., 2019; Рудько і Яковлев, 2020 та ін.). Саме тому, для регіону постають питання стратегічної екологічної оцінки (Хандогіна та ін., 2023) та вирішення проблем управління і раціонального використання гірничопромислових відходів (Іванов і Сивий, 2022; Syvuj et al., 2023).

Інформацію про наявність гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки у Львівсько-Волинському басейні опубліковано у монографіях (Іванов, 2007; Іванов та ін., 2009; Рудько та ін., 2019; Ivanov, 2023) і статтях (Ковальчук та ін., 2010; Іванов, 2020). Однак ця інформація вже застаріла та потребує оновлення на основі повторного дешифрування картографічної інформації.

У роботі використано доступні для досліджуваної території топографічні нові плани і карти у масштабах 1 : 5 000 – 1 : 25 000, космоснімки з програми *Google Earth Pro* за 2014–2020 рр. На основі аналізу топографічної інформації та космоснімків перераховано площі, що зайняті під териконами, відвалами і хвостосховищами, а також значення максимального перевищення об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні. Загалом, геодані отримано на основі власних багаторічних геоecологічних досліджень із використанням фондів і статистичних джерел, що надані обласними управліннями статистики, ДП “Львіввугілля” і “Волиньвугілля”. Для розрахунку обсягів гірничопромислових відходів внесено уточнення із врахуванням коефіцієнтів трансформації форми рельєфу гірничопромислових об'єктів. Цей коефіцієнт від складності рельєфу відвалу чи хвостосховища змінюється від 0,55 до 0,85. Під час розрахунку варто враховувати, що гірничопромислові об'єкти закладали на корінних відкладах знімаючи верхній нестійкий шар потужністю від 2 до 15 м. Інші підходи щодо використання геоінформаційних технологій

в управлінні вугільними відходами подано у статті (Андрейчук та ін., 2016).

### Результати

У таблиці 1 подано результати дешифрування топооснов і космознімків із зазначенням кількості відвалів, їхньої площі, максимального перевищення та розрахованих об'ємів гірничопромислових відходів.

Загальна площа під териконами у Нововолинському ГПР становить 1,35 км<sup>2</sup>, або 1,9 % від загальної площі району. Площа зайнята териконами, відвалами, хвостосховищами і ставами-відстійниками у Червоноградському ГПР значно більша й складає 4,74 км<sup>2</sup> (7,2 %) (Іванов, 2007). При цьому в межах Нововолинського ГПР нараховують 26 породних відвалів, з яких 84 % є недіючими, а Червоноградського

ГПР – 27 (48 %), в яких накопичено 21,02 і 35,02 млн м<sup>3</sup> промислових відходів усіх класів небезпеки. Найбільші об'єкти накопичення гірничопромислових відходів у басейні пов'язані зі збагаченням кам'яного вугілля ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Вони накопичені у гравітаційному відвалі та двох хвостосховища загальним об'ємом у понад 40,72 млн м<sup>3</sup> (Рудько та ін., 2019).

Більшу частину обсягів промислових відходів у басейні складають пісковики, аргіліти, алевроліти і вуглисті сланці, які належать до четвертого класу небезпеки. Поряд із цим у породну масу входять мергелі і крейда, що складають фундамент найстарших відвалів і лише місцями виходять на денну поверхню. Екологічно небезпечними хімічними елементами (першого класу

Таблиця 1

Наявність гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні

Назва шахти чи вугільного підприємства	Кількість відвалів	Площа, га	Максим. перевищення, м	Обсяг відходів, млн м <sup>3</sup>
<i>Нововолинський ГПР</i>	26	109,03	–	21,64
Шахта № 1 “Нововолинська”	3	17,38	20	3,48
Шахта № 2 “Нововолинська”	2	9,13	18	1,66
Шахта № 3 “Нововолинська”	2	8,47	16	1,39
Шахта № 4 “Нововолинська”	2	7,78	24	1,84
Шахта № 5 “Нововолинська”	4	14,40	24	3,23
Шахта № 6 “Нововолинська”	2	15,34	24	3,44
Шахта № 7 “Нововолинська”	3	11,74	29	2,95
Шахта № 8 “Нововолинська”	2	2,08	15	0,29
Шахта № 9 “Нововолинська”	4	13,12	21	2,74
Шахта “Бужанська”	1	3,49	7	0,30
Шахта № 10 “Нововолинська”	1	6,10	6	0,32
<i>Червоноградський ГПР</i>	24	187,03	–	35,33
Шахта “Великомостівська”	2	9,62	12	0,88
Шахта “Бендюзька”	1	3,85	7	0,30
Шахта “Межирічанська”	3	28,57	11	3,08
Шахта “Відродження”	2	24,39	25	4,76
Шахта № 5 “Великомостівська”	3	23,04	27	4,19
Шахта “Лісова”	3	13,97	17	1,98
Шахта “Зарічна”	1	16,70	28	4,07
Шахта “Візейська”	3	12,34	33	3,51
Шахта “Надія”	2	14,53	37	4,59
Шахта “Степова”	1	15,47	22	3,37
Шахта № 1 “Червоноградська”	2	6,62	2	0,21
Шахта “Червоноградська”	1	17,93	30	4,39
<i>ПАТ “Львівська вугільна компанія”</i>	3	220,74	–	65,08
Гравітаційний відвал	1	86,38	64	48,89
Хвостосховище № 1	1	71,23	5	6,59
Хвостосховище № 2	1	63,13	12	9,60
<i>Разом</i>	53	516,8	–	122,05

небезпеки) у породних відвалах вважають пірити і сірку, на які припадає близько 1,8–2,0 % об'єму гірничопромислових відходів (Іванов, 2007).

Розглянемо детальніше стан накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні. Це запитання складне і різнобічне, яке потребує переоцінювання обсягів відходів. Слід відзначити, що існують значні розбіжності у головних показниках териконів, відвалів і хвостосховища, які у 1990–2000-і рр. подавали у ДП “Волиньвугілля” і ДП “Львіввугілля”, але на сьогодні така інформація відсутня через закриття більшості вугільних підприємств, які перестали подавати статистичну звітність щодо обсягів накопичених відходів. Водночас, не зважаючи на ліквідацію шахт обсяги відходів зменшуються через розбирання перегорілої породи на дорожньо-будівельні потреби і виготовлення шлакоблоків. Схожу ситуацію спостерігаємо зі звітності ПАТ “Львівська вугільна компанія”, підприємства-банкрута, яке продовжує неконтрольовано розробляти відходи вуглезбагачення, що накопичені у хвостосховищах.

На основі перерахунку площ гірничопромислових об'єктів та обсягів відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному

басейні слід зробити такі висновки (див. табл. 1):

1) виявлено загальне скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами – з 608,85 до 516,8 га. Це може бути пояснено точнішим визначенням площ за допомогою космоснімків, а також не врахуванням складів кам'яного вугілля, що на сьогодні здебільшого порожні. Середня площа шахтного відвалу у Нововолинському ГПР становить 4,19 га, тоді як у Червоноградському ГПР – 7,79 га. Найбільші площі під відходи відведені на шахтах “Межирічанській” (28,57 га), “Відродження” (24,39 га), № 5 ВМ (23,04 га) і “Червоноградська” (17,93 га). Усі ці шахти розміщені у Червоноградському ГПР. Серед вугільних підприємств у Нововолинському ГПР із найбільшими площами, що відведені під відходи виокремимо шахти № 1 НВ (17,38 га), № 6 НВ (15,34 га), № 5 НВ (14,40 га) і № 9 НВ (13,12 га) (рис. 2). Зрозуміло, що максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу (86,38 га) (рис. 3), хвостосховищ № 1 (71,23 га) і № 2 (63,13 га) ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Водночас, варто зупинитися й на найменших за площею породних господарствах. Це шахти № 8 НВ (2,08 га), “Бужанська” (3,49 га) і “Бендюзька” (3,85 га);



Рис. 2. Залишки конічного відвалу шахти № 9 “Нововолинська” з перегорілими породами, які використовують для відсіпання автодоріг і дамб та як будівельну сировину



Рис. 3. Гравітаційний відвал ПАТ “Львівська вугільна компанія”  
(зліва – його новосформована, справа – стара ділянка)

2) скорочення площ під відвалами зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. Найінтенсивніше процеси виймання породи спостерігаємо на відвалах шахт № 2, 8, 9 НВ, “Великомостівська” і “Бендюзька”. Ці шахти мають найкращі під’їдні шляхи і розміщені неподалік від споживача мінеральної сировини. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих вугільних шахтах;

3) максимальне перевищення гірничо-промислових об’єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізнитися і впливає на розрахунок обсягів відходів. Найвищим відвалом є гравітаційний відвал ПАТ “Львівська вугільна компанія”, який височіє над оточуючою місцевістю на 64 (!) м. Серед вугільних підприємств найвищі перевищення спостерігаємо на шахтах “Надія” (37 м), “Візейська” (33 м), “Червоноградська” (30 м) і № 7 НВ (29 м). Середні значення відносної висоти відвалів становлять: у Червоноградському ГПР – 20,9 м; у Нововолинському ГПР – 18,5 м;

4) попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів – з 96,22 (у 2007 р.) до 122,05 млн м<sup>3</sup>. Це пояснюємо інтенсивнішим приростом об’ємів відходів вуглезба-

гачення ПАТ “Львівська вугільна компанія” (на 24,36 млн м<sup>3</sup>, або 94,3 % від загального зростання). Якщо проаналізувати зміни ситуації для вугільних підприємств, то зрозуміло, що збільшення обсягів відходів припадає на діючі шахти: “Червоноградська” (на 2,01 млн м<sup>3</sup>), “Надія” (на 1,58 млн м<sup>3</sup>), “Відродження” (на 0,44 млн м<sup>3</sup>). Водночас, для ліквідованих шахт властиве зменшення об’ємів відходів: “Бендюзька” (на 0,60 млн м<sup>3</sup>), № 8 НВ (на 0,55 млн м<sup>3</sup>), № 3 НВ (на 0,46 млн м<sup>3</sup>), № 2 НВ (на 0,27 млн м<sup>3</sup>).

Старі породні відвали у 1960–1980-их рр. сильно горіли, унаслідок чого гірські породи кристалізувалися. Інтенсивне фізичне вивітрювання призвело до утворення численних скам’янілих метаморфізованих останців висотою до 10–25 м. У кам’яному вугіллі і промислових відходах, що піднімають на поверхню під час добування вугілля, виявлено понад 70 хімічних елементів, вміст яких, зазвичай, до 0,1 % (Іванов та ін., 2019). Зазначимо, що саме у відходах міститься пірит, який швидко окислюється. У результаті цього утворюється сірчана кислота, яка суттєво знижує реакцію водних розчинів (рН) породи й інфільтратів до 2,0–3,5 (Іванов та ін., 2018).

Загалом, як перегорілі, так і свіжі (не горілі) породи є найбільшими накопичувачами хімічних елементів та зумовлюють



утворення аномалій на поверхні відвалів. Середній вміст багатьох хімічних елементів (цинку, хрому, кобальту, миш'яку та ін.) перевищує у декілька разів ГДК, а вміст міді й нікелю, відповідно, – аж у 32 і 12 разів (Іванов та ін., 2018). Одночасно максимальні рівні хімічного забруднення за багатьма шкідливими елементами вищі за ГДК аж у 20–200 разів (Іванов, 2007). Делювіальні відклади, які здебільшого змиває з породних відвалів талий і дощовий стік, зумовляють поховання сучасних ґрунтів. Тому угіддя, розміщені поблизу відвалів вміщують засолені сульфатами горизонти на глибині понад 20–30 см. За таких умов розвиток трав'яної рослинності стає неможливим, а її відсутність є індикатором значного вмісту токсичних елементів та їхніх сполук поблизу териконів. Площі, зайняті пошкодженою або знищеною рослинністю внаслідок впливу відвалів шахт, є значними і перевищують площу териконів у три-п'ять разів (Іванов та ін., 2019).

Мінеральний і хімічний склад породи, нагромадженої у териконах, відвалах і хвостосховищах, впливає як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я мешканців вугільних районів, оскільки мікроелементи (наприклад ванадій, залізо чи мідь), що накопичені у відвалах й перевищують ГДК, утворюють сполуки, що можуть призвести до отруєння рослинного й тваринного світу та людей.

У зв'язку із кризовою геоекологічною ситуацією у Червоноградському ГПР і відсутністю додаткових площ для розміщення вуглевідходів ПАТ “Львівська вугільна компанія” у 1990-х рр. винила потреба у вийманні мулів із переповнених хвостосховищ та їхнього введення у повторну експлуатацію (Іванов, 2001). У 1999 р. розпочате розроблення відходів вуглезбагачення, яке з різною інтенсивністю продовжується й сьогодні. При цьому технології видобування сировини різні: на хвостосховищі № 1 – екскаваторами та автотранспортом; на хвостосховищі № 2 – спочатку земснарядом, а пізніше брандспойтами. Це дало змогу повністю, або частково очистити карти хвостосховищ і продовжити роботу фабрики (Іванов, 2022). У 2015 р. припинено перероблення і відвантаження вугілля та розпочато процедуру банкрутства ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Однак розроблення і продаж відходів підприємства продовжено, а в останні роки активізовано. Вугільних шламів у хвостосховищах

накопичено стільки, що його вистачить на 10–15 років існування причетних до продажу осіб і фірм, навіть після повної зупинки фабрики. У 2019 р. робили спроби “реанімувати” роботу компанії за рахунок постачання російського вугілля для розубоження високозольним вугіллям Донбасу і Львівсько-Волинського басейну. Ще одна незаконна схема мала на меті знищити вугільні шахти басейну та економічно підтримувала приватні енергетичні компанії і країну-агресора.

Використання застарілих й малоефективних технологій накопичення, розроблення і транспортування гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському басейні, відсутність дієвого екологічного контролю, слабка реалізація рекультиваційних заходів посилює трансформацію і забруднення природного середовища довкола териконів, відвалів і хвостосховищ. Загалом проблеми антропогенізації ландшафтів, підходів оцінювання їхнього стану, пошуку діагностичних ознак виділення, моделювання екзогенних процесів розглянуто у працях (Іванов і Ковальчук, 2012; Denysyk et al., 2022).

Загалом, економічна ефективність комплексного використання відходів у басейні можлива у різних напрямках. Передусім це й супутнє вилучення цінних компонентів (здебільшого германію), які присутні у породах відвалів і хвостосховищ. Ці гірничопромислові об'єкти є техногенними родовищами корисних копалин. Відходи вуглезбагачення у хвостосховищах придатні для спалювання у котельних установках теплових електростанцій. Однак головно гірничопромислові відходи використовують для виробництва будівельних матеріалів чи відсіпання основ автошляхів, дамб і підтоплених ділянок. Останні два напрями мають досвід успішної реалізації, а обговорення щодо першого – періодично відновлюють, існують відповідні проекти майбутнього виконання.

Застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій видобування і збагачення кам'яного вугілля спричинить поліпшення екологічної ситуації в Україні. Новітні технології, виправдовують себе протягом стислого терміну та забезпечують ефективний кінцевий продукт у розрахунку на одиницю вихідної мінеральної сировини (Іванов і Сивий, 2022). При цьому собівартість товарної продукції з гірничопромислових відходів нижче, ніж з видобутої традиційними способами мінеральної сировини. Також проблеми раціонального

використання мінеральних ресурсів пов'язані із запровадженням безвідходних технологій видобування кам'яного вугілля (Тимошенко і Іванов, 2023).

#### Висновки

Пропонуємо на розгляд такі головні висновки:

1. Виявлено загальне скорочення площ під гірничопромисловими об'єктами у басейні (на 92,05 га), що пов'язано із точнішим їх визначенням, розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби і не врахуванням під час обліку порожніх складів вугілля.

2. Зафіксовано зростання показників відносного перевищення відвалів над рівнем оточуючої земної поверхні, які можуть сягати 30–37 м, а гравітаційного відвалу ПАТ “Львівська вугільна компанія” – 64 м.

3. Попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, відзначимо істотне зростання обсягів накопичених гірничопро-

мислових відходів (за останні 15–20 років на з 25,83 млн м<sup>3</sup>), що зумовлено приростом об'ємів вуглезбагачення через низьку якість видобутого вугілля.

4. Сучасну геоecологічну ситуацію у басейні зумовлено продовженням накопичення гірничопромислових відходів, що призводить до забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покривів, підвищеного захворювання місцевого населення.

5. Окреслено перспективи ефективного використання гірничопромислових відходів у басейні, які можливі у різних напрямках: супутньому вилученні цінних компонентів (германію), спалюванні збагаченої вугіллям сировини у котельних установках теплових електростанцій, виробництві будівельних матеріалів, відсіпанні основ автодоріг, дамб і підтоплених ділянок.

#### Список використаної літератури

Андрейчук Ю.М., Іванов Є.А., Книш І.Б. Геоінформаційні технології в управлінні відходами вугільної промисловості. *Геоінформаційні технології у територіальному управлінні* : матер. III-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Одеса : ОРІДУ НАДУ, 2016. С. 6–9.

Іванов Є. Геоecологічні проблеми використання відходів ПАТ “Львівська вугільна компанія”. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матер. 77-ої Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Переяслав, 2022. Вип. 77. С. 8–12.

Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.

Іванов Є., Ковальчук І., Терещук О. Геоecологія Нововолинського гірничопромислового району : монографія. Луцьк : Волин. націон. ун-тет ім. Л. Українки, 2009. 208 с.

Іванов Є.А. Еколого-ландшафтне обґрунтування можливості використання вуглевідходів ЦЗФ “Червоноградська” як альтернативного джерела енергії. *Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні* : матер. I-ої наук.-практ. конф. Львів, 2001. С. 275–280.

Іванов Є.А. Накопичення і використання гірничопромислових відходів у Львівській області: актуальні ecологічні проблеми і шляхи їх вирішення. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики* : зб. матер. К. : Центр ecологічної освіти та інформації, 2020. С. 77–81.

Іванов Є.А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. К. : ФОРП Корпан Б. І., 2017. 40 с.

Іванов Є.А., Андрейчук Ю.М., Книш І.Б. Аналіз ландшафтно-геохімічних умов породного терикону шахти “Візейська”. *Довготермінові спостереження довкілля: досвід, проблеми, перспективи* : матер. міжнарод. наук. семін. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. С. 127–131.

Іванов Є.А., Андрейчук Ю.М., Книш І.Б. Ландшафтно-ecологічні основи рекультивациі породного терикону шахти “Візейська”. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 5-ої міжнарод. наук.-практ. конф.: у 2-ох т. К. : ДКЗ, 2018. Т. 2. С. 68–74.

Іванов Є.А., Ковальчук І.П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 612–613: Географія. С. 54–59.

Іванов Є.А., Сивий М.Я. Проблеми раціонального використання гірничопромислових відходів у контексті сталого розвитку регіонів України. *Дорожня карта реалізації Закону України “Про управління відходами”* : зб. матер. К. : Всеукраїнська ecологічна ліга, 2022. С. 158–162.

Ковальчук І.П., Іванов Є.А., Терещук О.С. Геоecологічна ситуація в межах Нововолинського гірничопромислового району та шляхи її покращення. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2010. № 7. С. 3–10.

Побережський А., Бучинська І., Шевчук О., Муқан Т. Гірничовидобувний комплекс Львівсько-Волинського вугільного басейну та його вплив на екосистему регіону. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2019. № 3 (180). С. 52–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.03.052>

Рудько Г.І., Іванов Є.А., Ковальчук І.П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України : монографія. Київ–Чернівці : Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.

Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Постмайнінг гірничодобувних районів України як новий напрям екологічно безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів. *Мінеральні ресурси України*. 2020. № 3. С. 37–44. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44>

Тимошенко Є.В., Іванов Є.А. Сучасні технології гірничих робіт із залишенням породи у виробленому просторі у складних гірничо-геологічних умовах України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матер. 8-ої міжнарод. наук.-практ. конф. К. : ДКЗ, 2023. С. 397–402.

Хандогіна О.В., Дрозд О.М., Дядін Д.В. Аналіз проведення стратегічної екологічної оцінки регіональних планів управління відходами. *Екологічні науки*. 2023. Вип. 2 (47). С. 232–241. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.38>

Denysyk H., Kanskyi V., Kanska V., Denysyk B. Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne*. 2022. Vol. 93(3). P. 417–433. <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16>

Ivanov Ye. Formation and Development of Post-Mining Geosystems in the Lviv-Volyn Coal Basin. *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine* / Editors: Ch. Melchers, P. Goerke-Mallet, N. Lubenska. Bochum : Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola, 2023. P. 153–166.

Syvyj M.J., Ivanov Ye.A., Panteleeva N.B., Varakuta O.M. The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions. *ICSF 2023: Environmental, Technological, Social and Economic Matters: 4th International Conference on Sustainable Futures*. Kryvyi Rih, 2023. Vol. 1254. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012134>.

### References (translated & transliterated)

Andrejchuk, Yu.M., Ivanov, Ye.A., & Knysh, I.B. (2016). Gheoinformacijni tekhnologhiji v upravlinni vidkhodamy vughiljnoji promyslovosti [Geoinformation technologies in coal industry waste management]. *Gheoinformacijni tekhnologhiji u terytorialnomu upravlinni [Geoinformation technologies in territorial management]*. Odesa, pp. 6–9 [in Ukrainian].

Denysyk, H., Kanskyi, V., Kanska, V., & Denysyk B. (2022). Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne [Geographical Journal]*, 3(93), 417–433. <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16> [in English].

Ivanov, Ye. (2007). Landshafty ghirnychopromyslovykh terytorij [Landscapes of mining and industrial territories] : monograph. Lviv, 334 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye. (2022). Gheoekologhichni problemy vykorystannja vidkhodiv PAT “Ljvivs'jka vughiljna kompanija” [Geoecological problems of waste utilization of PJSC “Lviv Coal Company”]. *Vitchyznjana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektivy rozvytku [Domestic science at the turn of the epochs: problems and prospects of development]*. Pereyaslav, 77, 8–12 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye. (2023). Formation and Development of Post-Mining Geosystems in the Lviv-Volyn Coal Basin. *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine* / Editors: Ch. Melchers, P. Goerke-Mallet, N. Lubenska. Bochum, pp. 153–166 [in English].

Ivanov, Ye., Kovalchuk, I., & Tereshchuk, O. (2009). Gheoekologhija Novovolynsjkogho ghirnychopromyslovogho rajonu : monoghracija [Geoecology of the Novovolynsk mining district: monograph]. Lutsk, 208 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2001) Ekologho-landshaftne obruntuvannja mozhlyvosti vykorystannja vughlevidkhodiv CZF “Chervonoghrads'jka” jak aljternatyvnogho dzherela energhiji [Environmental and landscape substantiation of the possibility of using coal waste from the CPP “Chervonoghradska” as an alternative source of energy]. *Netradycijni i ponovljualjni dzherela energhiji jak aljternatyvni pervynnym dzherelam energhiji v reghioni [Non-traditional and renewable energy sources as alternatives to primary energy sources in the region]*. Lviv, pp. 275–280 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2017) Pryrodno-ghospodars'jki systemy ghirnychopromyslovykh terytorij Zakhidnogho reghionu Ukrajinu: funkcionuvannja, modeljuvannja, optymizacija [Natural and economic systems of mining areas of the Western region of Ukraine: functioning, modeling, optimization]: thesis ... Dr. of Geogr. Sci. Kyiv, 40 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A. (2020). Nakopychennja i vykorystannja ghirnychopromyslovykh vidkhodiv u Ljvivs'jkij oblasti: aktualjni ekologhichni problemy i shljakhy jikh vyrishennja [Accumulation and

use of mining waste in the Lviv region: current environmental problems and ways to solve them]. *Rozroblennja ta realizacija rehionalnykh Proghram povodzhennja z vidkhodamy: problemni pytannja ta krashhi praktyky [Development and implementation of regional waste management programs: problematic issues and best practice]*. Kyiv, pp. 77–81 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., Andrejchuk, Yu.M., & Knysh, I.B. (2018). Landshaftno-ekologichni osnovy rekuljtyvaciji porodnogho terykonu shakhty “Vizejsjka” [Landscape and ecological foundations of the reclamation of the rock terrycon of the “Vizeyska” mine]. *Nadrokorystuvannja v Ukraini. Perspektyvy investuvannja [Subsoil use in Ukraine. Investment prospects]*. Kyiv, 2, 68–74 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., Andrejchuk, Yu.M., & Knysh, I.B. (2019). Analiz landshaftno-gheokhimichnykh umov porodnogho terykonu shakhty “Vizejsjka” [Analysis of landscape-geochemical conditions of the rock terrycon of the “Vizeyska” mine]. *Dovghoterminovi sposterezhennja dovkillja: dosvid, problemy, perspektyvy [Long-term monitoring of the environment: experience, problems, prospects]*. Lviv, pp. 127–131 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., & Kovalchuk, I.P. (2012). Antropoghenizacija landshaftiv: pidkhody, diagnostuvannja, modeljuvannja [Anthropogenization of landscapes: approaches, diagnostics, modeling]. *Naukovyj visnyk Cherniveckjogho universytetu [Scientific Bulletin of Chernivtsi University]*, 612–613, 54–59 [in Ukrainian].

Ivanov, Ye.A., & Syvyy, M.Ya. (2022). Problemyrationaljnoghovykorystannjaghirnychopromyslovykh vidkhodiv u konteksti stalogho rozvytku rehioniv Ukrainy [Problems of rational use of mining waste in the context of sustainable development of the regions of Ukraine]. *Dorozhnja karta realizaciji Zakonu Ukrainy “Pro upravlinnja vidkhodamy” [Roadmap for the implementation of the Law of Ukraine “On Waste Management”]*. Kyiv, pp. 158–162 [in Ukrainian].

Khandogina, O.V., Drozd, O.M., & Dyadin, D.V. (2023). Analiz provedennja strategichnoji ekologichnoji ocinky rehionalnykh planiv upravlinnja vidkhodamy [Analysis of strategic environmental assessment of regional waste management plans]. *Ekologichni nauky [Environmental sciences]*, 2 (47), 232–241. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.38> [in Ukrainian].

Kovalchuk, I.P., Ivanov, Ye.A., & Tereshchuk, O.S. (2010). Gheoekologichna sytuacija v mezhakh Novovolynskogho ghirnychopromyslovogho rajonu ta shljakhy jiji pokrashennja [The geoecological situation within the boundaries of the Novovolinsk mining district and ways to improve it]. *Pryroda Zakhidnogho Polissja ta prylehlykh terytorij [The nature of Western Polissia and adjacent territories]*, 7, 3–10 [in Ukrainian].

Poberezhskiy, A., Buchynska, I., Shevchuk, O., & Mukan, T. (2019). Ghirnychovydobuvnyj kompleks Ljivivs'jko-Volynskogho vughiljnogho basejnu ta jogho vplyv na ekosystemu rehionu [The mining complex of the Lviv-Volyn coal basin and its impact on the ecosystem of the region]. *Gheologhija i gheokhimija ghorjuchykh kopalyn [Geology and geochemistry of fossil fuels]*, 3 (180), 52–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.03.052> [in Ukrainian].

Rudko, G.I., Ivanov, Ye.A., & Kovalchuk I.P. (2019). Ghirnychopromyslovi gheosystemy Zakhidnogho rehionu Ukrainy : monoghrafija [Mining geosystems of the Western region of Ukraine : monograph]. Kyiv–Chernivtsi : Bukrek, 1, 464 [in Ukrainian].

Rudko, G.I., & Yakovlev, E.O. (2020). Postmajningh ghirnychodobuvnykh rajoniv Ukrainy jak novyj naprjam ekologichno bezpechnogho vykorystannja mineraljno-syrovynnykh resursiv [Post-mining of mining regions of Ukraine as a new direction of ecologically safe use of mineral resources]. *Mineraljni resursy Ukrainy [Mineral resources of Ukraine]*, 3, 37–44. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44> [in Ukrainian].

Syvyy, M.J., Ivanov, Ye.A., Panteleeva, N.B., & Varakuta, O.M. (2023). The problem of rational use of mineral resources and mining waste in the context of sustainable development of regions. *ICSF 2023: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*. Kryvyi Rih, 1254. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012134> [in English].

Tymoshenko, Ye.V., & Ivanov, Ye.A. (2023). Suchasni tekhnologhiji ghirnychykh robit iz zalyshennjam porody u vyroblenomu prostori u skladnykh ghirnycho-gheologichnykh umovakh Ukrainy [Modern technologies of mining operations with the abandonment of rock in the produced space in complex mining and geological conditions of Ukraine]. *Nadrokorystuvannja v Ukraini. Perspektyvy investuvannja [Subsoil use in Ukraine. Investment prospects]*. Kyiv, pp. 397–402 [in Ukrainian].

Отримано: 22.01.2024

Прийнято: 01.03.2024



УДК 911.375.5 (477.43.44)

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.9>

## СПЕЦИФІКА ВИСОТНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Л. М. Кирилюк<sup>1</sup>, О. Д. Лаврик<sup>2</sup>, В. І. Корінний<sup>3</sup>, Р. П. Власенко<sup>4</sup>, Т. В. Андрійчук<sup>5</sup>**

*До цього часу висотній диференціації ландшафтів не приділено належної уваги. Досвід оптимізації ландшафтів показує, що врахування їх висотної диференціації є необхідною умовою у розробці регіональних проектів і схем раціонального природокористування. Особливо це стосується висотної диференціації сільськогосподарських і лісових ландшафтів з метою їх реконструкції та відновлення, розробки схем контурної організації ландшафтів, оптимізації заповідної мережі тощо. Виходячи з цього, актуальним є питання дослідження висотної диференціації ландшафтів окремо взятого регіону – лісостепу України.*

<sup>1</sup> кандидат географічних наук, доцент,  
доцент кафедри географії  
(Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця)  
e-mail: kurulykleonid@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-9202-6600

<sup>2</sup> доктор географічних наук, професор,  
професор кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: slavrik1979@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2604-2500

<sup>3</sup> кандидат геологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: 20oren09@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1352-0940

<sup>4</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: vlasenko\_r76@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-3743-4406

<sup>5</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: andriychuk2012@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-5402-9528

*Мета статті: проаналізувати особливості висотної диференціації природних ландшафтів та розглянути їх сучасну структуру на прикладі лісостепу України у порівнянні з окремими регіонами Європи, а також визначити основні географічні закономірності прояву висотної диференціації ландшафтів.*

*Запропоноване дослідження ґрунтується на ідеях Ф. М. Мількова та Г. І. Денисика про вертикальну (висотну) диференціацію ландшафтів. Аналіз висотної диференціації ландшафтів лісостепу України здійснювався у контексті вчення про ландшафтну сферу. У ході досліджень, як головні, застосовувались конструктивно-ландшафтознавчий підхід та принципи комплексності і природно-антропогенного сумісництва. Як основні були використані методи теоретичного узагальнення, історико-ландшафтознавчий, провідного чинника, районування, моделювання, аналогії, експедиційний тощо.*

*На височинах півдня Східноєвропейської рівнини і зокрема лісостепу України чітко виокремлюються 3 висотно-ландшафтні рівні. Перший рівень займають молоді гідрогенні ландшафти, абсолютні висоти яких на більшості території підносяться до 200–250 м. Другий рівень піднімається до висоти 250–320 м і зайнятий типовими для цієї смуги ландшафтами. Йому на зміну приходить третій рівень, абсолютні висоти якого понад 300 м. Він зайнятий своєрідними для цієї смуги ландшафтами.*

*У межах висотно-ландшафтних рівнів запропоновано виокремлювати верхній та нижній яруси. Визначено основні географічні закономірності прояву висотної диференціації ландшафтів: 1) таксономічний ранг ландшафтів, на які впливає висотна диференціація, визначається коливанням абсолютних і відносних висот; 2) для кожної природної зони та підзони характерні свої специфічні риси висотної диференціації ландшафтів; 3) висотна диференціація ландшафтних комплексів залежить від експозиційного розташування; 4) висотна диференціація ландшафтів залежить від особливостей палеогеографічного розвитку регіону.*

---

**Ключові слова:** антропогенні ландшафти, ландшафти України, висотна диференціація ландшафтів, висотно-ландшафтні рівні, географічні закономірності.

---

## **SPECIFICITY OF HEIGHT DIFFERENTIATION OF FOREST-STEPPE LANDSCAPES OF UKRAINE**

**L. M. Kyryliuk, O. D. Lavryk, V. I. Korinnyi, R. P. Vlasenko, T. V. Andriychuk**

*Until now, the height differentiation of landscapes has not been given due attention. The experience of landscape optimization shows that taking into account their height differentiation is a necessary condition in the development of regional projects and schemes of rational nature management. This especially applies to the altitudinal differentiation of agricultural and forest landscapes for the purpose of their reconstruction and restoration, the development of landscape contour organization schemes, the optimization of the protected network, etc. Based on this, the issue of researching the height differentiation of landscapes of a separate region - the forest-steppe of Ukraine - is relevant.*

*The purpose of the article: to analyze the features of altitudinal differentiation of natural landscapes and consider their modern structure using the example of the forest-steppe of Ukraine in comparison with individual regions of Europe, as well as to determine the main geographical patterns of the manifestation of altitudinal differentiation of landscapes.*

*The proposed research is based on the ideas of F. M. Milkov and H. I. Denysyk about the vertical (height) differentiation of landscapes. The analysis of height differentiation of the forest-steppe landscapes of Ukraine was carried out in the context of teaching about the landscape sphere. In the course of research, as the main ones, the constructive-landscape approach and the principles of complexity and natural-anthropogenic coexistence were applied. The main methods used were theoretical generalization, historical-landscape research, leading factor, zoning, modeling, analogies, expeditionary, etc.*

*On the heights of the south of the East European plain and in particular the forest-steppe of Ukraine, 3 altitudinal landscape levels are clearly distinguished. The first level is occupied by young hydrogen landscapes, the absolute heights of which in most areas rise to 200–250 m. The second level rises to a height of 250–320 m and is occupied by landscapes typical for this strip. It is replaced by the third level, the absolute height of which is more than 300 m. It is occupied by landscapes peculiar to this strip.*

*Within the height and landscape levels, it is proposed to separate the upper and lower tiers.*

*The main geographical regularities of the manifestation of height differentiation of landscapes have been determined: 1) the taxonomic rank of landscapes affected by height differentiation is determined by fluctuations in absolute and relative heights; 2) each natural zone and sub-zone has its own specific features of height differentiation of landscapes; 3) height differentiation of landscape complexes depends on exposure location; 4) height differentiation of landscapes depends on the peculiarities of the paleogeographical development of the region.*

---

**Key words:** anthropogenic landscapes, landscapes of Ukraine, height differentiation of landscapes, height landscape levels, geographical regularities.

---

## Вступ

Виражена прикладна спрямованість ландшафтознавчих досліджень в Україні наприкінці ХХ – початку ХХІ сторіччя зумовлена з одного боку запитами практики, з іншого – достовірністю таких досліджень, що базуються на їх комплексності. Разом з тим аналітичний огляд опублікованих ландшафтознавчих праць за минулі 20 років показує, що у більшості з них мова йде лише про вертикальну, просторову, рідше часову диференціацію геокомплексів і геокомпонентів. Висотній диференціації ландшафтів не приділено належної уваги. Частково попередній та, особливо, сучасний досвід оптимізації ландшафтів показує, що врахування їх висотної диференціації є необхідною умовою у розробці регіональних проектів і схем раціонального природокористування. Особливо це стосується висотної диференціації сільськогосподарських і лісових ландшафтів з метою їх реконструкції та відновлення, розробки схем контурної організації ландшафтів, оптимізації заповідної мережі тощо. Виходячи з цього, актуальним є питання дослідження висотної диференціації ландшафтів окремо взятого регіону. У межах України висотна диференціація ландшафтів найбільш чітко виражена в лісостепу, зокрема, на височинах.

У наукову термінологію поняття «вертикальна диференціація ландшафтів» було введено Ф. М. Мільковим ще в 1947 р. (Денисик та ін., 2006). У розумінні зміни геокомпонентів і ландшафтних ярусів від «підніжжя до вершини» певного ландшафтного комплексу воно використовується й зараз у зарубіжній географії (Peng et al., 1997; Vu et al., 2008; Sun et al., 2009; Stadel, 2019). Проте трактування терміну «*вертикаль*» (з лат. *verticalis* – прямовисний) у контексті вивчення рівнинних ландшафтів є недоречним, оскільки має занадто вузьке значення. В українській ландшафтознавчій літературі прийнято вживати поняття «*висотна диференціація*», яке більш детально характеризує специфіку ландшафтів, пов'язану з певними відмінностями у рельєфі. Прояви висотної диференціації ландшафтів розпочав аналізувати Г. І. Денисик з групою вінницьких географів під час досліджень антропогенних ландшафтів Правобережної України (Денисик та ін., 2006; Денисик і Чиж, 2007). Результатом цієї багаторічної роботи стали захисти дисертацій про висотну диференціацію ландшафтів Поділля (Кирилюк, 2007; Денисик і Кирилюк, 2010; Кирилюк та ін.,

2014) та Криворіжжя (Коптєва, 2021). Зазначений аспект на території Лівобережної України детально був схарактеризований у роботах А. Ю. Корнуса (Корнус, 2003) та В. В. Удовиченко (Удовиченко, 2016). Вплив антропогенного чинника на трансформацію висотно-ландшафтних рівнів у річкових долинах Правобережної України розглядалося авторами (Lavguk et al., 2022). Висотна диференціація ландшафтів лісостепу України географами висвітлена недостатньо.

Метою статті є проаналізувати особливості висотної диференціації природних ландшафтів та розглянути їх сучасну структуру на прикладі лісостепу України у порівнянні з окремими регіонами Європи, а також визначити основні географічні закономірності прояву висотної диференціації ландшафтів.

## Матеріал і методи

Запропоноване дослідження ґрунтується на ідеях Ф. М. Мількова та Г. І. Денисика про вертикальну (висотну) диференціацію ландшафтів, в основі якої закладено такі постулати: 1) якісна зміна природних ландшафтів залежить від відмінностей рельєфу (переважно від абсолютних і відносних висот); 2) на рівнинах висотна диференціація ландшафтів проявляється як на височинах, так і на низовинах; 3) у процесі висотної трансформації рельєфу формуються висотні ландшафтні комплекси, що представляють собою складні парадинамічні системи, властивості яких залежать від висоти місцевості (Денисик, 2014).

Аналіз висотної диференціації ландшафтів лісостепу України здійснювався у контексті вчення про ландшафтну сферу Ф. М. Мількова. У ході досліджень, як головні, застосовувались конструктивно-ландшафтознавчий підхід та принципи комплексності і природно-антропогенного сумісництва. При цьому також були використані методи теоретичного узагальнення, історико-ландшафтознавчий, історико-генетичних рядів, провідного чинника, порівняльно-описовий, експедиційний, картографічний, первинного збору та обробки інформації природничого та соціально-економічного характеру, районування, просторово-часової динаміки, аналогії тощо.

## Результати

Лісостеп – один з регіонів найстародавнього в Україні розселення людини. Цьому сприяли природні умови території, зокрема її рівнинність та м'який клімат. Як наслі-

док – людина почала активно впливати на довколишнє середовище, докорінно змінювати його з верхнього палеоліту (40–35 тис. років тому). У другій половині XIX ст. цей вплив став настільки сильним, що антропогенні ландшафти почали переважати. Єдиної думки щодо розуміння суті самого поняття антропогенного ландшафту ще немає. У вузькому трактуванні під антропогенними ландшафтами розуміють комплекси, створені людиною. Як і натуральні, антропогенні ландшафти являють собою єдиний комплекс рівнозначних компонентів. Після формування антропогенні ландшафти розвиваються за природними закономірностями. Якщо подальшого втручання в їх розвиток людини не відбувається, то з часом антропогенні ландшафти буває важко відрізнити від натуральних. У такому випадку антропогенні та натуральні висотно-ландшафтні рівні знаходяться в тісному співвідношенні (табл. 1).

В Україні лісостепова смуга розпадається на дві помітно виражені частини: Правобережну височинну, що включає Волинську, Подільську, Придніпровську височини та Лівобережну низинну, до якої входять Придніпровська низовина та схили Середньоруської височини. Височини Правобережної України є розчленовані, із значною кількістю ярів, балок та густою річковою мережею. Правобережні височини характеризуються значним поширенням сірих лісових ґрунтів, а на більшій частині Подільської височини цей тип є домінуючим. Причому, на височинах чим більший ступінь розчленованості, тим значніше опідзолення ґрунтів та більший відсоток їх еродованості. Типові чорноземи зустрічаються тут на відносно рівних ділянках. Так, зокрема, на Поділлі вони переважають у центральній та північній частинах, де територія характеризується найбільшою рівнинністю. Разом із тим Придніпровська низовина характеризується великою рівнинністю, яка порушується лише неглибокими річковими долинами. Ґрунтовий покрив тут представлений, зокрема, типовими чорноземами. Опідзолені ґрунти зустрічаються островами на найбільш розчленованих ділянках.

У залежності від рельєфу та ґрунтового покриву поширюється і рослинність. Геоботанічні карти, котрі відтворюють флору минулого, свідчать, що більша частина лісостепу Правобережної України була зайнята широколистою лісовою рослинністю. Ділянки степової рослинності

розташовувались на підвищених плоских вододілах.

На схід від Дніпра, на Придніпровській низовині, лісів було мало: на більшості території переважали типчакові степи та луки. Широколисті ліси тут були приурочені до найбільш підвищених і розчленованих ділянок. А це були і є підвищенні правобережжя річок.

Завдяки дослідженням П. А. Тутковського, К. І. Геренчука, О. М. Маринича та П. Г. Шищенка (Маринич і Шищенко, 2005), а також власних (Кирилюк, 2007; Денисик і Кирилюк, 2010; Кирилюк та ін., 2014; Лаврик, 2016; Lavryk et al., 2022) упродовж 1995–2023 років можна стверджувати, що у формуванні висотної різноманітності як природних компонентів так і ландшафтних комплексів, першочергове значення мають геоморфологічні умови. Насамперед це залежить від ступеня розчленованості території та інтенсивності ерозійних процесів. На це вказує і той факт, що у багатьох регіонах лісостепу безлісі вододільні простори лежать на тій же висоті, а іноді й вище, ніж поряд розташовані заліснені ділянки, на яких інтенсивно розвиваються ерозійні процеси. Звідси висновок, що висотна диференціація ландшафтів у першу чергу є результатом впливу геоморфологічних умов, а потім інших чинників.

Чітко висотна диференціація ландшафтів виражена безпосередньо на височинах лісостепової смуги. Як відомо, для височин характерною ознакою є наявність густої річкової мережі. У загальному можна вважати, що височини складаються з річкових долин та вододільних просторів між ними. Височини характеризуються зрілим ерозійним рельєфом, який проявляється в асиметрії річкових долин. Як правило, на всіх річкових долинах півдня Східно-Європейської рівнини правий схил крутіший за лівий (виключення становлять ліві притоки Дністра). У зв'язку з тим, що правий схил різко підноситься над заплавою на десятки метрів, а також він складений, здебільшого, породами, що легко розмиваються, то такі схили значно розчленовані глибокими ярами, балками, численними зсувами на низку масивів, горбів і виступів. Перехід між терасами чітко виражений. У результаті значної крутизни, змив ґрунтів тут настільки інтенсивний, що місцями на поверхню виходять материнські породи. Ґрунти мають грудкувату структуру, часто щепенуваті, що сприяє швидкому



Таблиця 1

Порівняльна характеристика натуральних і антропогенних висотно-ландшафтних рівнів

Висотно-ландшафтні рівні	Яруси	Природні ландшафти			
		Натуральні		Антропогенні	
		Типи місцевостей	Фонові урочища	Типи місцевостей	Фонові урочища
«Молодий» аккумулятивний	Нижній	Заплавний	Річища, озера стариці, низинні болота, вербово-вільхові ліси, різнотравні луки	Заплавно-ставковий	Ставки, водосховища, меліоративні канали, окультурені луки та пасовища, вербняки, городи, дачні ділянки
	Верхній	Надзаплавно-терасовий	Дубові, дубово-соснові ліси, різнотравні луки, очеретяно-рогізні та осокові болота, зрідка яри та балки	Терасово-сільсько-господарський	Польові сівозміни, пасовища окультурені, населені пункти, транспортні системи переважно місцевого значення
«Типовий» аккумулятивно-денудаційний	Нижній	Схилловий	Дубові, букові, буково-дубові, грабово-дубові ліси, степові угруповання з переважанням ковили пірчастої	Схилово-кар'єрно-пасовищний	Дубово-грабові і грабові ліси, сади, пасовища, населені пункти, кар'єри, автомобільні дороги місцевого значення, лісокультурні посадки, зрідка польові сівозміни
		Каньйоноподібний	Дубові (з дуба скельного і черешчатого) ліси субсередземноморського типу, ковилові степи, яри та балки, урочища «стінки»	Каньйонно-подібний лісокультурно-пасовищний	Похідні грабово-дубові ліси, урочища «стінки», лісокультурні посадки, пасовища, зрідка сади
	Верхній	Плакорний	Улоговини стоку з дубовими лісами, ковилово-типчакові степи, заболочені степові блюдця	Плакорно-польовий	Польові сівозміни, населені пункти, автомобільні і залізничні дороги загальнодержавного значення, лісокультурні посадки, сади
«Старий» денудаційний		Товтровий	Дубові і букові ліси, степові ділянки на найбільш крутих схилах та міжтовтрових улоговинах	Товтрово-гірничо-промислово-лісокультурний	Похідні ліси, лісокультурні посадки, кар'єри і відвали, польові сівозміни, пасовища, населені пункти, зрідка дороги
		Останцево-вододільний	Дубові, букові та зрідка соснові ліси, різнотравні степи по міжгорбових улоговинах, малозадерновані вапнякові скелі, яри та балки	Останцево-пасовищний	Похідні ліси (переважно грабові), лісокультурні посадки, пасовища, населені пункти, сади, дороги місцевого значення, частково – польові сівозміни
		Горбисто-грядовий	Букові, буково-дубові, грабові та соснові (на вапнякових відслоненнях) ліси, лучні степи по міжгорбових зниженнях	Горбисто-грядово-пасовищний та сільсько-господарський	Пасовища, польові сівозміни, похідні ліси (переважно грабові), населені пункти, лісокультурні посадки, дороги місцевого значення

стіканню дощових і талих вод, перешкоджає процесу засолення. Ці особливості крутих схилів створюють різноманітні екологічні умови, які є причиною поселення лісової рослинності. Цьому ж сприяють мікрокліматичні особливості правого схилу. У першу чергу це мікрокліматична диференціація, що зумовлена розчленованістю території: схили різної крутизни та експозиції, можливість формування місцевих вітрів тощо. Також велике значення має і такий фактор, як неможливість затримування холодного повітря у перехідні пори року на крутих схилах. У результаті цього тут більша тривалість вегетаційного періоду, менша тривалість заморозків.

Зовсім інший вигляд має лівий схил річок. Він складається з низки плоских надзаплавних терас, які непомітно переходять у вододіли. Тут майже немає умов для яроутворення. Переважає площинний змив, у результаті чого утворюються суфозійні западини. Ґрунти характеризуються незначною змитістю і значною потужністю ґрунтового профілю. У зв'язку з цим ландшафт лівобережної частини України здебільшого степовий і не відзначається значною строкатістю (Корнус, 2003; Удовиченко, 2016). Основні його риси залежать від висоти надзаплавних терас, їх віку, а також від складу четвертинних порід. Для терас річкових долин України є характерним два типи відкладів: леси з лесоподібними суглинками та піски. Якщо на першому типі переважно поселяються лучно-степові рослини, то до другого – приурочені, як правило, деревні. Серед них домінують хвойні породи, які є характерними для ландшафтів смуги мішаних лісів і тайги.

На вододілах формуються зачатки висотної диференціації ландшафтів. Якщо вододіли достатньо широкі, то рельєф їх малорозчленований неглибокими балками. Ці території покриті незмитими чорноземами середньої потужності і в минулому були зайняті переважно степами та луками. Якщо вододіли стають вузькими, то одразу ж посилюється їх розчленованість. Ґрунти більш змиті і на них відбувається чергування степових і лісових ділянок. Останні переважають поблизу річкових та балкових схилів, а також на найбільш підвищених ділянках вододілів.

Дещо інша асиметрія річкових долин лівих (подільських) приток Дністра. Тут правий берег більш пологий в порівнянні з лівим. Але завдяки тому, що річкові долини гли-

боко врізані у поверхню, їх долини вузькі, місцями каньйоноподібні. Це сприяло значному розчленуванню схилів долин. Для них характерне поширення усіх тих геоморфологічних процесів, що на інших територіях проявляються лише на правобережжі. А тому на лівих притоках Дністра лісові ландшафти поширені на обох схилах. Але й тут на лівих схилах спостерігаються значні домішки степових асоціацій.

Більшість дослідників сходяться до думки, що на височинах півдня Східно-Європейської рівнини і зокрема лісостепу України чітко виокремлюються 3 висотно-ландшафтні рівні. Перший рівень займають молоді гідrogenні ландшафти, абсолютні висоти яких на більшості територій підносяться до 150–180 м. Другий рівень піднімається до висоти 180–250 м і зайнятий типовими для цієї смуги ландшафтами. Йому на зміну приходить третій рівень, абсолютні висоти якого понад 250 м. Він зайнятий своєрідними для цієї смуги ландшафтами.

Детальний аналіз літератури з цього питання, а також особисті польові дослідження привели нас до визначення особливостей висотно-ландшафтних рівнів високих сильнорозчленованих височин України. На нашу думку, на цих височинах є всі три висотно-ландшафтні рівні (рис. 1). Їх межі ми проводимо значно вище, ніж це пропонує Ф. М. Мільков, і акцентуємо увагу на тому, що для них характерною рисою є ярусність ландшафтів. Пояснимо це більш детально.

На підвищених височинах перший висотно-ландшафтний рівень, який пропонуємо називати «молодим» акумулятивним, піднімається дуже часто до 200–250 м. Нижня межа рівня може опускатися до 1 м. Загальною особливістю цього рівня є те, що він постійно розширюється за рахунок «типового» і «старого» висотно-ландшафтних рівнів. Тут процеси акумуляції переважають над денудацією. Найбільше поширення серед них має бічна ерозія, яка частково ослаблена значною зарегульованістю більшості річок. Крім того, для акумулятивного рівня характерним є наявність молодих, четвертинного віку заплав і надзаплавних терас, які складені піщаними та суглинними відкладами, значна заболоченість і часткова засоленість. Переважають лучно-болотні та дерново-підзолисті ґрунти. Рослинний світ представлений луками, вільшняками та дубово-сосновими лісами.

У межах, «молодого» акумулятивного висотно-ландшафтного рівня виокремлю-

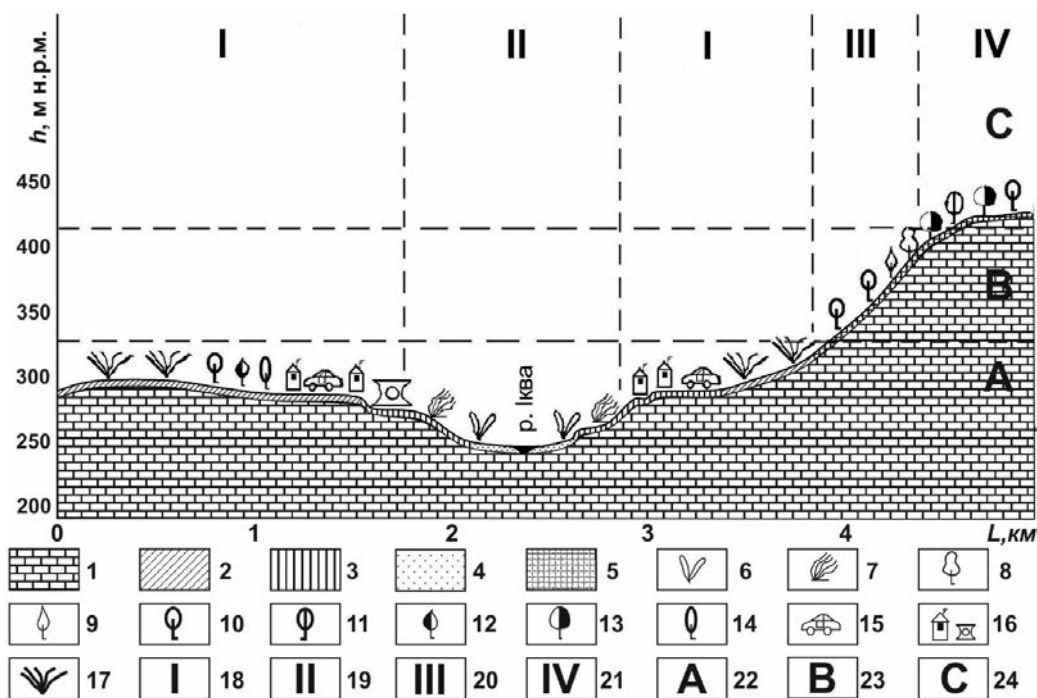


Рис. 1. Схематичний ландшафтний профіль натурної ділянки у межах с. Дунайв Тернопільської обл. За даними (Кирилюк, 2007) з правками і доповненнями

**Гірські породи:** 1 – вапняки.

**Ґрунти:** 2 – сірі і світло-сірі опідзолени; 3 – дерново-карбонатні оглеєні; 4 – лучно-болотні; 5 – темно-сірі опідзолени.

**Натуральна рослинність.** Лучна: 6 – очеретяно-рогозові асоціації; 7 – лучно-злакові асоціації. Лісова: 8 – береза бородавчаста; 9 – ясен звичайний; 10 – дуб черешчатий; 11 – граб звичайний; 12 – липа серцелиста; 13 – бук лісовий.

**Антропогенна рослинність.** Деревна: 14 – яблуня домашня.

**Антропогенні ландшафти:** 15 – дорожні; 16 – селитебні; 17 – сільськогосподарські.

**Типи місцевостей:** I – терасово-сільськогосподарський; II – заплавно-ставковий; III – схилово-пасовищний; IV – останцево-вододільний.

**Висотно-ландшафтні рівні:** A – «молодий» акумулятивний; B – «типовий» акумулятивно-денудаційний; C – «старий» денудаційний.

ються два яруси. На першому (нижньому) панівним є заплавний тип місцевостей. Друга складова цього ярусу – руслові (річищні) місцевості. У минулому в заплавах, на лучно-болотних ґрунтах, які були значно заболоченими, зростали заплавні луки, чорновільхові ліси та вербняки. Тепер домінуючими урочищами тут є водосховища, ставки, перехідні водно-болотні комплекси. Значно рідше зустрічаються окультурені луки, які використовуються, в основному, як пасовища.

Для другого (верхнього) ярусу характерне переважання надзаплавно-терасового типу місцевостей. Він підноситься над заплавою до висоти 30–40 м. Материнську основу

ґрунтів у більшості випадків формують піщані та суглинисті відклади. Ґрунти світло-сірі лісові, дерново-підзолисті та лучні. Кількість надзаплавних терас залежить від величини річки та гірських порід, що утворюють річкову долину. На нижній терасі часто зустрічаються суфозійні воронки та проявляється значна заболоченість.

Рослинний світ у минулому був представлений дубово-сосновими лісами із значною кількістю трав'янистих рослин поліського типу та різнотравними луками. Тепер переважають штучні посадки сосни звичайної із значною домішкою дуба черешчатого і сільськогосподарські угіддя. Особливо чітко цей ярусвиражений на Поділлі в місцях прадавніх

водно-льодовикових прохідних долин. Цей ярус поширений хоч і значними за площею, але окремими ділянками.

Другий «типовий» акумулятивно-денудаційний висотно-ландшафтний рівень піднімається до 250–320 м над рівнем моря. Він також представлений двома ярусами. Перший з них – прирічковий. Він складається із схилового і каньйоноподібного («низькогірного» за Ф. М. Мілковим) типів місцевостей. Головними елементами схилових місцевостей є схили різної крутизни, яри та балки, які ускладнені зсувами, а у місцях близького залягання вапняків і процесами карстування. Тут є значна кількість джерел і невеликих струмків. Для ґрунтів характерна значна різноманітність типів та підтипів, високий відсоток змитості і вилуговування. Переважають сірі лісові ґрунти та чорноземи опідзолені. Усе це сприяло тому, що тут швидко формувалися ліси. Тепер до цього ярусу приурочені найбільші масиви лісів лісостепу. Схиловий тип місцевостей є пануючим на правобережжі річок, а у Придністеррі однаково поширений на обох берегах.

До прирічкового ярусу належить каньйоноподібний («низькогірний») тип місцевостей. Він є найменш поширеним серед усіх типів місцевостей. Окремі його приклади можна спостерігати на Приволзькій височині, Кодрах Молдови та у Придністеррі. Каньйоноподібний тип місцевостей характеризується значним перепадом відносних висот, які досягають значень 150–200 м, а місцями й більше. Територія розчленована ярами та балками. Схили бувають майже прямовисними, через що у низці публікацій ці місцевості віднесені до каньйоноподібних (Денисик і Чиж, 2007). Тут частіше ніж в інших типах місцевостей на денну поверхню виходять гірські породи. Ґрунтовий покрив сильнозмитий. Між підніжжями схилів та їх вершинами спостерігаються значні мікрокліматичні відмінності, які посилюються схилами різної експозиції. Рослинний покрив також своєрідний. Значного поширення набули тут урочища «стілки» (Денисик і Кирилюк, 2010). Поряд із лісовими та степовими ділянками широко представлені сади та виноградники. У загальному відбувається різка зміна ландшафтів від степових до лісових, що свідчить про наявність уже не висотної диференціації, а зачатків висотної зональності рівнинних ландшафтів. Висотна зональність характерна лише для незначних за площею ділянок Жигулів і Придністерр'я.

Другий ярус «типового» акумулятивно-денудаційного висотно-ландшафтного рівня – вододільний. У ньому переважає плакорний тип місцевостей. Рельєф відносно спокійний незважаючи на значну кількість балок та улоговин стоку. На недренованих плакорах переважають процеси площинного змиву, у результаті чого тут часто зустрічаються степові блюдця. У місцях поширення порід, які легко карстуються (наприклад, у Придністеррі) поширені також карстові воронки та колодязі. Ґрунти вододілів представлені зональними типами: від сірих лісових до чорноземів типових. Натуральна рослинність, яка у минулому була сформована великими ділянками дубових лісів із степовими «озерами» між ними на вузьких вододілах і великими степовими ділянками з невеликими лісовими масивами на широкіх вододілах, збереглася мало. Тепер тут широко розповсюджені сільськогосподарські ландшафти.

Третій, «старий», денудаційний висотно-ландшафтний рівень знаходиться на висотах понад 300 м. Переважають процеси денудації. Панівним типом місцевостей є останцево-вододільний. На Поділлі зустрічаються також і товтровий та горбисто-пасмовий типи місцевостей (Денисик і Кирилюк, 2010). Особливістю денудаційного висотно-ландшафтного рівня є його острівне поширення, через що він може бути названий також «острівним». Іншою характерною його ознакою є відсутність ярусів. З геоморфологічного погляду для денудаційного рівня властивим є наявність горбів, окремих гряд, міжгорбових і міжгрядових улоговин. Гірські породи, які представлені щільними породами (пісковиками, вапняками, мергелями, писальною крейдою) у багатьох місцях виходять на денну поверхню і підносяться над нею на десятки метрів, утворюючи мальовничі скелі. Ґрунтовий покрив денудаційного рівня також відзначається значною різноманітністю. Схили та вершини горбів покриті змитими опідзоленими, грубими за механічним складом ґрунтами, у яких значний домішок ґрунтовірних порід, тоді як улоговини зайняті або малозмитими чорноземами, або темно- і світло-сірими ґрунтами.

Рослинний світ характеризується значною різноманітністю. Здебільшого схили північної та північно-східної експозицій зайняті лісовою рослинністю, а схили південних експозицій – розрідженою степовою. Цей висотно-ландшафтний рівень

є одним із найменш змінених в антропогенному відношенні через низьку придатність для ведення сільського господарства, хоча й він зазнав певної трансформації.

Такі загальні риси та особливості висотної диференціації ландшафтів лісостепу України. Для порівняння розглянемо як проявляється це явище у смузі мішаних лісів та лісотундри Східноєвропейської рівнини.

На відміну від лісостепової смуги України, де висотна диференціація є прямою, в середній та північній частинах Східноєвропейської рівнини висотна диференціація «обернена», тобто височини є провідниками південних ландшафтів далі на північ. Крім того, у цих регіонах висотна диференціація не так чітко виражена як в лісостепу України. Але вона існує. Приклад – смуга мішаних лісів, зокрема Українське Полісся. Рівнинність та значна кількість опадів поряд із близьким заляганням водотривких порід призводить до її значного заболочення. Материнською породою дерново-підзолистих ґрунтів є піски та супіски. Як результат – у рослинному покриві переважає сосна звичайна. Листяні породи, за виключенням дуба черешчатого, берези бородавчастої, осики та чорної вільхи зустрічаються як незначна домішка. Але за наявності у рельєфі незначних підвищень («опіль») таких як, наприклад, Волинське Пасмо або Словечансько-Овруцький кряж та низки менших, властивості та структура ландшафтних комплексів змінюються. На цих височинах переважають степові ділянки з фрагментами дубових лісів. Незважаючи на те, що названі височини отримують ще більшу кількість опадів, ніж навколишня територія, а температура нижча, тут створюються сприятливі умови для поселення дубових лісів і степових рослин. Це стало можливим завдяки значній розчленованості височини ярами та балками, що у свою чергу сприяло швидкому стоку талих й дощових вод із схилів і, як наслідок, – відсутності процесів заболочування. Крім того, круті схили весною швидше прогріваються і не дають можливості холодному повітрю у перехідні пори року застоюватися, що призводить до більшої тривалості вегетаційного періоду, а також до більшої його сухості. Ще однією особливістю є те, що ґрунтотвірною породою тут є лесоподібні суглинки. Загалом ґрунти, як і на височинах лісостепової смуги, відзначаються значною змитістю. Усі ці мікрокліматичні і, у першу чергу, геоморфологічні особливості терито-

рії і призводять до утворення лісостепових островів.

Також явище висотної диференціації ландшафтів характерне і для лісотундри. Тут першопричиною цього явища є геоморфологічні умови, а уже потім – мікрокліматичні. Крацій дренаж, менша глибина поширення вічної мерзлоти, менша заболоченість, більша розчленованість території разом з мікрокліматичними особливостями сприяють проникненню далі на північ височинами лісових ландшафтів.

### Висновки

Усі наведені факти свідчать про широке поширення явища висотної диференціації рівнинних ландшафтів. Зміни основних чинників ландшафтогенезу і ландшафтних комплексів від абсолютної і відносної висоти дають можливість визначити основні географічні закономірності прояву висотної диференціації ландшафтів:

1. Таксономічний ранг ландшафтів, на котрі впливає висотна диференціація, або розвиток та властивості яких залежать від неї, визначається коливанням абсолютних і відносних висот. Для рівнинної частини Подільської височини, з абсолютними відмітками до 320–360 м, характерна внутрішньозональна висотна диференціація ландшафтів на рівні підзон. Для «гірської» (Кременецькі гори, Подільські Товтри), з абсолютними висотами до 460 м, висотна диференціація має ознаки висотної поясності. Тут типові для Поділля лісостепові ландшафти переходять у широколистолисові. Такі ж зміни зональних ландшафтних комплексів на невеликих (1–3 км) відстанях характерні й для північних районів Поділля, де мішанолісові ландшафти Малого Полісся різко переходить у лісостепові Поділля. Проте тут, крім висот, визначальним є і водний режим (гідрологічний чинник).

Схожа ситуація простежується й на Донецькій височині, де на висотах до 300 м характерні ковилові степи на чорноземах південних, а на абсолютних висотах до 370 м (Донецький кряж) – вододільні діброви на чорноземах типових (лісостеп).

2. Кожній природній зоні та підзоні характерні свої специфічні риси висотної диференціації ландшафтів. Це дуже добре спостерігається на висотних відмінах мікрозон і урочищ схилів місцевостей північного типового (центрального) та південного лісостепу і було детально досліджено на прикладі Середньоросійської височини. Тут зміст і внутрішня структура ландшафтних

комплексів підпорядковані так званому «закону географічної ковзаючої міграції». Під часу руху з півночі на південь відбувається переміщення ландшафтних комплексів (мікрозон) схилом.

3. Висотна диференціація ландшафтних комплексів залежить від експозиційного розташування. У межах Подільської височини відрізняються між собою не лише схили західної, північної та південної експозицій, але й набір ландшафтних комплексів (фацій, урочищ), їх структура, розташування за профілем, хід процесів, парадинамічні зв'язки тощо.

4. Висотна диференціація ландшафтів залежить від особливостей палеогеографіч-

ного розвитку регіону. За даними палеогеографів, історія розвитку наземного варіанту ландшафтної сфери Подільської височини починається з міоцену. З цього часу утворилися три поверхні вирівнювання: міоцен-пліоценова, пліоценова й пліоцен-плейстоценова. Вони стали основою існування сучасної диференціації рельєфу і ландшафтів. На противагу Подільській височині, на Придніпровській низовині наземний варіант ландшафтної сфери сформувався лише в антропогеновому періоді, після відступу Дніпровського льодовика. Висотна диференціація рельєфу і ландшафтів у межах Придніпровської низовини виражена значно менше.

### Список використаної літератури

- Война І.М. Висотна диференціація та різноманіття антропогенних ландшафтів (на прикладі Вінницької області) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11. Чернівці, 2010. 20 с.
- Денисик Г.І. Антропогенне ландшафтознавство : навч. посіб. : в 2 ч. Вінниця : Вінницька обласна друкарня, 2014. Ч. 1: Загальне антропогенне ландшафтознавство. 332с.
- Денисик Г.І., Кирилюк А. М. Висотна диференціація рівнинних ландшафтів України : монографія. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2010. 236 с.
- Денисик Г.І., Кирилюк А.М., Чиж О.П., Война І.М. Висотна диференціація рівнинних ландшафтів. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Географія.* 2006. Вип. 1. С. 5–11.
- Денисик Г.І., Чиж О.П. Лісостепові Полісся : монографія. Вінниця : Теза, 2007. 210 с.
- Кирилюк А.М. Висотна диференціація ландшафтів Поділля : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.01. Львів, 2007. 20 с.
- Кирилюк А., Коринний В., Кравець Ю. Висотна диференціація сучасних ландшафтів Полонського району. *Вісник Львівського університету. Серія географічна.* 2014. Вип. 48. С. 95–99.
- Коптева Т.С. Висотна диференціація та різноманіття гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя : дис. ... д-ра філософії : 103. Вінниця, 2021. 163 с.
- Корнус А.Ю. Ландшафтне різноманіття та вертикальна диференціація рівнинних ландшафтів. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Географія.* 2003. Вип. 6. С. 98–103.
- Лаврик О.Д. Висотна диференціація долинно-річкових ландшафтно-технічних систем. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Географія.* 2016. Вип. 28, № 3–4. С. 18–26.
- Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України : підручник. Київ : Знання, 2005. 511 с.
- Удовиченко В. Висотно-ландшафтна диференціація території Лівобережної України: регіональний аспект. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія.* 2016. № 2. С. 56–64.
- Bu X., Wang Y., Wu J. Effect of Landform on Landscape Pattern Vertical Differentiation in Rapidly Urbanized Shenzhen City. *Acta Geographica Sinica.* 2008. Vol. 63, Is. 1. P. 75–82. <https://doi.org/10.11821/xb200801008>.
- Lavryk O., Korinnyi V., Kyryliuk L., Tsymbaliuk V. Height differentiation of valley-river landscapes of the right-bank Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university. Series : Geology. Geography. Ecology.* 2022. Vol. 56. P. 122–131. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-08>.
- Peng B., Pu L., Bao H., Higgitt D.L. Vertical Zonation of Landscape Characteristics in the Namjagbarwa Massif of Tibet, China. *Mountain Research and Development.* 1997. Vol. 17, No. 1. P. 43–48. <https://doi.org/10.2307/3673912>.
- Stadel C. Horizontal and Vertical Archipelagoes of Agriculture and Rural Development in the Andean Realm. *Sustainable Rural Development.* 2019. P. 1–21. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86841>.
- Sun R.H., Chen L.D., Zhang B.P., Fu B.J. Vertical zonation of mountain landscape: a review. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* 2009. Vol. 20, Is. 7. P. 1617–1624.

**References (translated & transliterated)**

- Voina, I.M. (2010). Vysotna dyferentsiatsiia ta riznomanittia antropohennykh landshaftiv (na prykladi Vinnytskoi oblasti) [Height differentiation and diversity of anthropogenic landscapes (on the example of Vinnytsia region)]. (Extended abstract of candidate's thesis). Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Denysyk, H.I. (2014). Antropohenne landshaftoznavstvo. Ch. 1: Zahalne antropohenne landshaftoznavstvo [Anthropogenic landscape science. Part 1: General anthropogenic landscape science]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- Denysyk, H.I., & Kyryliuk, L.M. (2010). Vysotna dyferentsiatsiia rivnynnykh landshaftiv Ukrainy [High differentiation of plain landscapes of Ukraine]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- Denysyk, H.I., Kyryliuk, L.M., Chyzh, O.P., & Voina, I.M. (2006). Vysotna dyferentsiatsiia rivnynnykh landshaftiv [Height differentiation of plain landscapes]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Serii: Heohrafiia [Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyyi. Series: Geography]*, 1, 5–11 [in Ukrainian].
- Denysyk, H.I., & Chyzh, O.P. (2007). Lisostepovi Polissia [Forest-steppe Polissia]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- Kyryliuk, L.M. (2007). Vysotna dyferentsiatsiia landshaftiv Podillia [Height differentiation of Podillia landscapes]. (Extended abstract of candidate's thesis). Ivan Franko National University of Lviv. Lviv [in Ukrainian].
- Kyryliuk, L., Korinnyi, V., & Kravets, Yu. (2014). Vysotna dyferentsiatsiia suchasnykh landshaftiv Polonskoho raionu [Height differentiation of modern landscapes of the Polonne Raion]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii heohrafichna [Bulletin of Lviv University. The series is geographical]*, 48, 95–99 [in Ukrainian].
- Koptieva, T.S. (2021). Vysotna dyferentsiatsiia ta riznomanittia hirnychopromyslovykh landshaftiv Kryvorizhzhia [Height differentiation and diversity of mining landscapes of Kryvyi Rih region]. (Doctor of Science thesis). Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyyi State Pedagogical University. Vinnytsia [in Ukrainian].
- Kornus, A.Yu. (2003). Landshaftne riznomanittia ta vertykalna dyferentsiatsiia rivnynnykh landshaftiv [Landscape diversity and vertical differentiation of flat landscapes]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Serii: Heohrafiia [Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyyi. Series: Geography]*, 6, 98–103 [in Ukrainian].
- Lavryk, O.D. (2016). Vysotna dyferentsiatsiia dolynno-richkovykh landshaftno-tekhnichnykh system [Height differentiation of valley-river landscape-technical systems]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Serii: Heohrafiia [Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyyi. Series: Geography]*, 28(3–4), 18–26 [in Ukrainian].
- Marynych, O.M., & Shyshchenko, P.H. (2005). Fizychna heohrafiia Ukrainy [Physical geography of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
- Udovychenko, V. (2016). Vysotno-landshaftna dyferentsiatsiia terytorii Livoberezhnoi Ukrainy: rehionalnyi aspekt [Height -landscape differentiation of the territory of the Left Bank of Ukraine: regional aspect]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Heohrafiia [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Series: Geography]*, 2, 56–64 [in Ukrainian].
- Bu, X., Wang, Y., & Wu, J. (2008). Effect of Landform on Landscape Pattern Vertical Differentiation in Rapidly Urbanized Shenzhen City. *Acta Geographica Sinica*, 63(1), 75–82. <https://doi.org/10.11821/xb200801008> [in English].
- Lavryk, O., Korinnyi, V., Kyryliuk, L., & Tymbaliuk, V. (2022). Height differentiation of valley-river landscapes of the right-bank Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university. Series: Geology. Geography. Ecology*, 56, 122–131. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-08> [in English].
- Peng, B., Pu, L., Bao, H., & Higgitt, D.L. (1997). Vertical Zonation of Landscape Characteristics in the Namjagbarwa Massif of Tibet, China. *Mountain Research and Development*, 17(1), 43–48. <https://doi.org/10.2307/3673912> [in English].
- Stadel, C. (2019). Horizontal and Vertical Archipelagoes of Agriculture and Rural Development in the Andean Realm. *Sustainable Rural Development*, 1–21. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86841> [in English].
- Sun, R.-H., Chen, L.-D., Zhang, B.-P., Fu, B.-J. (2009). Vertical zonation of mountain landscape: a review. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 20(7), 1617–1624 [in English].

Отримано: 19.01.2024  
Прийнято: 13.02.2024



УДК 911.3 (477)+352.07  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.10>

## ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ІЗ ЦЕНТРАМИ У СЕРЕДНІХ МІСТАХ (КЕЙС ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ)

Р. Д. Федорець<sup>1</sup>

*Мета представленої дослідження полягає у визначенні рівня фінансової спроможності територіальних громад з центрами у середніх містах, як теоретично найбільш розвинутих і перспективних. Розрахунок інтегрального показника спроможності для цієї категорії громад не здійснювався раніше, що і зумовлює високу актуальність даної роботи.*

*На основі офіційних Методичних рекомендацій щодо оцінки рівня фінансової спроможності територіальних громад, з авторським доопрацюванням, було визначено перелік із восьми основних показників фінансової спроможності. Обчислено інтегральний коефіцієнт фінансової спроможності, методом розрахунку проміжних коефіцієнтів за відповідною формулою. На основі відхилення розрахованих інтегральних показників відносно пересічного для регіонів Українського Полісся значення було проведено класифікацію територіальних громад за рівнем спроможності. Так, високий рівень фінансової спроможності мають Ковельська, Звягельська, Бердичівська та Прилуцька територіальні громади. Помірний рівень спроможності має Ніжинська громада. Задовільний рівень спроможності – Коростенська громада. Низьким рівнем спроможності володіє Нововолинська територіальна громада. Виявилось, що навіть всередині групи найбільш спроможних громад існує значний рівень диспропорцій за окремими показниками. Найсуттєвіші диспропорції між громадами виникають за показниками доходів та дотаційності бюджету.*

*За методом кореляційного аналізу визначено залежність між показниками спроможності та особливостями територіальної концентрації населення громад. Так, вищі значення показників-стимуляторів спроможності зумовлюють вищу концентрацію населення всередині центру громади.*

*Натомість високий рівень показників-дестимуляторів сприяє вищій концентрації населення у найближчій зоні впливу навколо центру громади. Чим вищий інтегральний показник фінансової спроможності громад загалом, тим більша кількість населення зосереджена у їх центрах.*

*Отримані в ході дослідження результати можуть бути використані як основа для проведення подальших регіональних соціально-економічних досліджень.*

**Ключові слова:** територіальна громада, спроможність, інтегральний показник, середні міста, зона впливу, Українське Полісся.

<sup>1</sup> аспірант кафедри географії, туризму та спорту  
(Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин)  
e-mail: fedorets\_roman@ukr.net  
ORCID: 0009-0005-6637-2944



## DETERMINATION OF THE FINANCIAL CAPACITY OF TERRITORIAL COMMUNITIES WITH CENTERS IN MEDIUM-SIZED TOWNS (CASE OF REGIONS IN THE UKRAINIAN POLISSIA)

R. D. Fedorets

*The purpose of the presented research is to determine the level of financial capacity of territorial communities with centers in medium-sized towns, which are theoretically the most developed and perspective. Calculation of the integral indicator of capacity for such category of communities has not been carried out before, which makes this work highly relevant. Based on the official Methodological recommendations for assessing the level of financial capacity of territorial communities, with the author's corrections, a list of eight main indicators of the financial capacity was determined. The integral coefficient of financial capacity calculated by the method of calculating intermediate coefficients according to the appropriate formula. Based on the deviation of the calculated integral indicators with regard to the average value for the regions of Ukrainian Polissia, the classification of territorial communities carried out by the level of its capacity. As follows, the Kovel, Novohrad-Volyn, Berdychiv and Pryluky territorial communities have a high level of financial capacity. The Nizhyn territorial community has a moderate level of capacity. Satisfactory level of capacity has the Korosten territorial community. The Novovolyn territorial community has a low level of capacity. There is a significant level of disparities according to individual indicators, which are present even within the group of the most capable communities. The most significant disparities between territorial communities arise in terms of budget revenues and budget subsidies. Using the method of correlation analysis, the dependence between indicators of financial capacity and features of the territorial concentration of the population of territorial communities was determined. In this way, higher values of financial capacity stimulators result in a higher population concentration within the center of the community. On the other hand, higher level of disincentive indicators contributes to a higher population concentration in the nearest zone of influence around the center of the territorial community. The higher level of the integral indicator of the financial capacity of territorial communities in general, the larger number of population is concentrated in their centers. The results, which obtained during this research, may be used for further regional socio-economic researches.*

**Key words:** territorial community, capacity, integral indicator, medium-sized towns, zone of influence, Ukrainian Polissia.

### Вступ

Хоча проведення адміністративно-територіальної реформи було завершено у 2020 році, питання оцінки спроможності територіальних громад досі лишається актуальним. Оскільки вони є первинною ланкою у структурі сучасного децентралізованого управлінського апарату, від їх здатності продукувати необхідні товари та послуги залежить функціонування систем розселення вищих рангів.

Теоретичні та окремі прикладні аспекти даного питання викладені в багатьох публікаціях. Ще на етапі проведення відповідних реформ було затверджено Методику формування спроможних територіальних громад (Методика ..., 2015). Вона покликана визначити насамперед інституційний та економічний потенціал території для забезпечення базових потреб населення на місцевому рівні. З огляду на важливість висвітлення окремо фінансової складової, було розроблено Методичні рекомендації щодо оцінки рівня фінансової спроможності територіальних громад

(Методичні ..., 2021). Широкий теоретичний аналіз поняття спроможності, її різновидів та елементів із врахуванням досвіду великої кількості вітчизняних науковців представлений І. М. Гринчишиним (Гринчишин, 2018). Порівняльний аналіз наявних у науковій літературі підходів до визначення спроможності територіальних громад з акцентом на можливості їх подальшого розвитку розробив Л. А. Мельник (Мельник, 2020). М. О. Барановським було запропоновано вдосконалити методику відбору та оцінки показників спроможності територіальних громад, включно із докладним обґрунтуванням її ефективності (Барановський, 2022).

Серед практичних досліджень із добре сформованою методологічною базою варто виділити роботи М. О. Барановського (Барановський, 2023), І. М. Пріхно та Л. В. Проданової (Пріхно і Проданова, 2022). Ґрунтовне дослідження, присвячене оцінюванню та порівняльному аналізу рівня спроможності територіальних громад у розрізі областей України, проведене під керівництвом Центру політико-правових реформ

(Казюк, 2023). Окремо варто звернути увагу і на результати оцінки показників спроможності 25 пілотних громад, проведеної в рамках Проєкту USAID «Говерла» (Показники ..., 2022).

Попри значну кількість публікацій з проблематики спроможності громад, практичні дослідження з оцінки ролі їх центрів у розвитку цих базових елементів адміністративно-територіального устрою досі відсутні. Необхідно розуміти, який вплив має центр громади на її соціально-економічний потенціал та поселенську мережу прилеглої території. З огляду на широкий спектр функцій, які покладені на територіальні громади, роль їх центру найбільш ефективно мають виконувати міські населені пункти. Особливо це стосується колишніх міст обласного підпорядкування. Найчастіше це поселення, у яких проживає понад 50 тисяч мешканців (середні міста), з вигідним географічним положенням, зручним транспортним сполученням та диверсифікованою виробничою базою.

Найчастіше, об'єктом уваги дослідників є найбільш депресивні сільські громади, або найбільш розвинуті територіальні громади із центрами у великих містах. Велика кількість робіт, що існують сьогодні, присвячена також окремим аспектам розвитку середніх міст. Натомість питання ролі, яку середні міста відіграють у процесах регіонального розвитку, все ще залишається недостатньо вивченим. Представлене дослідження присвячено саме питанням фінансово-економічного розвитку територіальних громад, центри яких знаходяться у середніх містах.

Оскільки проведення подібного дослідження в масштабах країни неминуче призведе до генералізації фінальних результатів, доцільно розкрити це питання на прикладі окремого регіону. У цьому дослідженні полігоном для аналізу обрано Українське Полісся у складі Волинської, Рівненської, Житомирської та Чернігівської областей. Усього на території досліджуваного регіону розміщується сім громад з центрами у середніх містах. Це Ковельська, Нововолинська, Бердичівська, Коростенська, Звягельська, Ніжинська та Прилуцька територіальні громади.

Проведення представленого дослідження передбачає виконання наступних завдань:

– відбір переліку основних показників, які характеризують фінансову складову спроможності територіальних громад;

– визначення інтегрального показника рівня спроможності територіальних громад регіону Українського Полісся, центрами яких є середні міста;

– проведення порівняльного аналізу відібраних громад за отриманим інтегральним показником та окремими складовими їх спроможності;

– дослідження поселенської мережі навколо міст-центрів громад і визначення можливих залежностей між територіальною концентрацією населення та рівнем спроможності громади.

### **Матеріал і методи**

Законодавчим і методологічним підґрунтям для визначення рівня спроможності територіальних громад обрано Методику формування спроможних територіальних громад та Методичні рекомендації щодо оцінки рівня фінансової спроможності територіальних громад. Теоретико-методологічну базу дослідження було суттєво розширено завдяки роботам вітчизняних науковців, зокрема М. О. Барановського (Барановський, 2022), І. М. Гринчишина (Гринчишин, 2018), І. М. Грищенко та М. М. Кулаєць (Грищенко і Кулаєць, 2018), Л. А. Мельник (Мельник, 2020). Додаткова інформація для розрахунку спроможності наявних громад була отримана з матеріалів інтернет-порталу [decentralization.gov.ua](http://decentralization.gov.ua) (Остапенко, 2021). Відбір, аналіз та обрахунок показників, необхідних для отримання інтегрального значення рівня спроможності територіальних громад, здійснювався на основі даних отриманих від інтернет-порталу [datatowel.in.ua](http://datatowel.in.ua) (Візуалізація ..., 2022) та інтернет-порталу [public.tableau.com](http://public.tableau.com) (Бюджети ..., 2022).

На різних етапах дослідження широко застосовувались як загальнонаукові (аналіз, синтез, узагальнення і т. д.), так і спеціальні методи дослідження. Оцінка рівня фінансової спроможності громад здійснювалась на основі розрахунку інтегрального індексу за відібраними фінансово-економічними показниками. Класифікація громад проводилась на основі відсоткового відхилення інтегрального індексу їх фінансової спроможності відносно пересічного для регіону дослідження показника. Залежність між рівнем спроможності територіальних громад та особливостями просторової концентрації населення на їх території оцінювалась методом кореляційного аналізу. Визначення коефіцієнтів парної кореляції здійснювалось за допомогою табличного процесора Microsoft Excel.

### Результати та обговорення

З метою детального вивчення територіальних громад виникла необхідність відібрати низку показників, які б найбільш повно характеризували всі можливі елементи їх фінансової спроможності. Найвни у відкритому доступі дослідження спираються переважно на перелік показників, наведених у Методиці формування спроможних територіальних громад та Методичних рекомендаціях щодо оцінки рівня фінансової спроможності територіальних громад (далі Методичні рекомендації).

У межах представленого дослідження за основу було взято перелік показників, що наведений у Методичних рекомендаціях. Однак такий перелік не можна вважати вичерпним. Окремі його пункти потребують правок і доповнень. Так, доцільно включити до цього переліку частку видатків на освіту в загальній структурі видатків бюджету гро-

мади. Освітня складова, разом із культурою та спортом, є важливим елементом збалансованого розвитку громади. Водночас важливо розуміти ефективність використання бюджетних коштів. Саме тому доречно було ввести показник видатків бюджету громади у розрахунку на одного учня. Також можна знехтувати показником частки доходів громадян коштом трансфертів з державного бюджету. У цьому випадку для повноцінного аналізу буде цілком достатньо показників дотаційності бюджету та частки видатків на заробітну плату. Також можна виключити показник частки місцевих податків і зборів у дохідній частині бюджету. Натомість до переліку варто включити індекс податкоспроможності, як показник, що дасть змогу більш точно визначити фінансову спроможність конкретних громад відносно загальнодержавного рівня. Повний перелік відібраних показників наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники рівня фінансової спроможності територіальних громад за 2022 рік

№ з/п	Назва громади	Показники спроможності						
		Ковельська	Новолинська	Бердичівська	Коростенська	Звягельська	Ніжинська	Прилуцька
1	Доходи загального фонду бюджету у розрахунку на 1 жителя громади, грн	8220	5042	10007	6710	19869	8805	10106
2	Частка видатків на утримання апарату ради територіальної громади та її виконавчих органів у бюджеті територіальної громади без трансфертів, %	10,41	11,43	9,11	11,41	9,04	13,41	9,25
3	Капітальні видатки з розрахунку на 1 жителя, грн	933	743	1014	323	1042	858	846
4	Рівень дотаційності бюджету територіальної громади, %	2,78	13,65	1,69	0	-0,11	0,49	-0,36
5	Індекс податкоспроможності, одиниць	0,81	0,62	0,84	0,97	1,19	0,88	1,25
6	Питома вага заробітної плати у видатках загального фонду бюджету територіальної громади, %	66,40	66,55	66,79	71,63	60,09	58,91	63,14
7	Видатки на культуру, освіту, фізичну культуру та спорт на 1 жителя, грн	6115	4955	5329	5861	5529	4768	6077
8	Видатки бюджету громади на 1 учня, грн	27108	29028	26934	31212	30254	31228	33560

Джерело: Складено автором на основі даних (Бюджету ..., 2022)

Нині найбільш дискусійним залишається питання способів обчислення інтегрального показника спроможності на основі відібраних фактичних значень. В офіційних Методичних рекомендаціях пропонується введення критеріїв оцінювання для кожного окремого показника. На основі зіставлення конкретних значень з відповідними до них критеріями проводиться бальна оцінка у визначеному діапазоні. Інтегральний показник, за таких умов, обчислюється як середнє арифметичне отриманих у результаті оцінки значень. Цей підхід уже неодноразово визнавався невдалим і таким, що потребує доопрацювання (Барановський, 2022; Казюк, 2023). З метою зменшення рівня суб'єктивізму та збільшення точності розрахунків було використано методику оцінки рівня спроможності громад за авторством М. О. Барановського (Барановський, 2023). Вона передбачає переведення відібраних фактичних показників у часткові індекси за відповідною формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}} \right) + \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right),$$

де  $x_{max}$  та  $x_{min}$  – максимальні та мінімальні значення вихідних показників,  $x_{ij}$  – фактичні значення вихідних показників. За допомогою першої частини формули проводились обрахунки показників-дестимуляторів (регресивних показників), за допомогою другої – показників-стимуляторів (прогресивних показників). До першої групи нале-

жать показники з номерами 2, 4, 6, 8; до другої групи – 1, 3, 5, 7. За результатами обчислень було отримано інтегральний індекс фінансової спроможності для кожної громади.

Класифікація громад за рівнем спроможності проводилась на основі загальноприйнятих критеріїв делімітації депресивних територій різного типу (Барановський, 2023). Вони сформовані на основі відхилення інтегрального індексу спроможності кожної громади відносно середнього значення аналогічно показника для всього досліджуваного регіону і мають такий вигляд:

- Високий рівень спроможності – понад +25%;
- Оптимальний рівень – від +10 до +25%;
- Помірний – від -10% до +10%;
- Задовільний – від -10% до -25%;
- Низький рівень – менше -25%.

Результати проведеної класифікації представлено на рисунку 1.

Пересічне значення рівня спроможності територіальних громад Українського Полісся знаходиться на рівні 4,03 одиниць. Отже, високий рівень фінансової спроможності у регіоні мають Звягельська, Прилуцька, Бердичівська та Ковельська територіальна громади. Суттєві диспропорції за представленим показником починають простежуватись вже на цьому етапі дослідження. Особливо виділяється Звягельська громада. Інтегральний показник її фінансової спро-

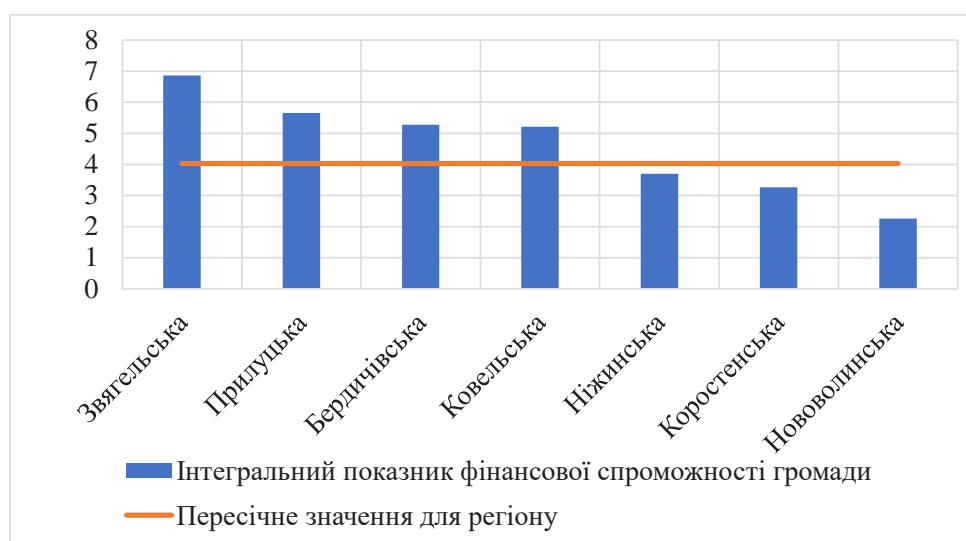


Рис. 1. Інтегральні показники фінансової спроможності територіальних громад областей Українського Полісся відносно пересічного значення для регіону (за даними станом на 2022 рік)

можності перевищує аналогічний показник для Ковельської громади в 1,32 раза.

Ніжинська територіальна громада володіє помірним рівнем фінансової спроможності. Задовільний рівень цього показника демонструє Коростенська громада. Найскладніша ситуація спостерігається з Нововолинською територіальною громадою. Рівень її фінансової спроможності утричі менший від громади з максимальним значенням цього показника. Досить суттєві диспропорції спостерігаються і відносно окремих показників фінансової спроможності. Так, якщо найбільший (Звягельська громада) та найменший (Нововолинська громада) показники доходів бюджету відрізняються у 3,9 раза, то найвищий (Нововолинська громада) показник дотаційності бюджету перевищує найменший (Прилуцька громада) у 23 рази.

Водночас простежується відповідність між окремими областями та громадами. Так, найвище пересічне значення фінансової спроможності громад, серед всього регіону, продемонструвала Житомирська область (4,9 одиниці). Дві із трьох досліджуваних громад даної області (Звягельська та Бердичівська) належать до рангу з високою фінансовою спроможністю. На другому місці знаходиться Чернігівська область (4,7 одиниці). На її території розташована

Прилуцька громада, яка також має високий показник спроможності. У Рівненській області такі громади відсутні взагалі. Волинська область, яка демонструє найнижчий показник спроможності (2,98 одиниці), хоча і має у своєму складі громаду з високим рівнем такого показника (Ковельська), вирізняється наявністю і найменш спроможною територіальною громадою (Нововолинська).

У зв'язку з тим, що існує велика кількість методичних підходів до визначення рівня спроможності громад, не буде зайвим порівняти отримані результати з результатами інших досліджень подібної тематики (табл. 2).

Варто зазначити, що усі розглянуті методики не можна вважати повністю співмірними. Вони відрізняються не лише за набором даних, на основі яких проводився розрахунок інтегрального індексу спроможності, але й за кількістю окремих показників спроможності та підходами до їх виділення. Насамперед потрібно звернути увагу на результати оцінки рівня фінансової спроможності громад, яка була проведена на основі методики, розробленої Центром політико-правових реформ. Вона включала 11 показників та складний і багатокomпонентний підхід до реалізації процесу оцінювання. На особливу увагу заслуговує

Таблиця 2

Класифікація територіальних громад за рівнем спроможності відповідно до різних методик

<b>Методика оцінки рівня спроможності громад</b>	<b>Методика Центру політико-правових реформ (по всій сукупності територіальних громад)</b>	<b>Методика Центру політико-правових реформ (по територіальним громадам із населенням від 50 до 100 тис. мешканців)</b>	<b>Методика Барановського М. О. (по всій сукупності територіальних громад)</b>	<b>Методичні рекомендації оцінки фінансової спроможності територіальних громад (по всій сукупності територіальних громад)</b>	<b>Методика автора (по територіальним громадам областей Українського Полісся)</b>
<b>Територіальні громади</b>					
Ковельська	високий	високий	оптимальний	задовільний	високий
Нововолинська	оптимальний	низький	помірний	задовільний	низький
Бердичівська	оптимальний	оптимальний	оптимальний	задовільний	високий
Коростенська	високий	високий	оптимальний	задовільний	задовільний
Звягельська	високий	високий	оптимальний	задовільний	високий
Ніжинська	високий	оптимальний	оптимальний	задовільний	помірний
Прилуцька	високий	високий	оптимальний	задовільний	високий

Джерело: Складено автором на основі даних (Оцінювання ..., 2023; Барановський, 2023; Казюк, 2023)

група територіальних громад із населенням від 50 до 100 тис. мешканців, адже центрами цих громад найчастіше є середні міста. Такий підхід можна назвати більш точним у порівнянні із розрахунком по всій сукупності громад. Також його результати дещо подібні результатам розрахунків що наведені у цій роботі.

Найбільше запитань викликають офіційні Методичні рекомендації. Представлений у них алгоритм оцінки спроможності територіальних громад провокує певні проблеми на етапі проведення класифікації. Так, всі розглянуті в цій роботі громади, згідно з Методичними рекомендаціями, віднесені до рангу із задовільною спроможністю. Також, серед всіх територіальних громад України, згідно з даними рекомендаціями, лише 10 мають високий рівень спроможності. Отже, в одній категорії можуть опинитися абсолютно різні за розміром, кількістю населення та рівнем розвитку громади.

Згідно з усіма розглянутими вище методиками, високими та оптимальними показниками спроможності володіють однакові громади – Ковельська, Звягельська та Прилуцька. Найменш спроможною завжди опиняється Нововолинська громада. Також варто зауважити, що жодна із громад Українського Полісся з центрами у середніх містах не володіє рівнем спроможності, який би можна було назвати критично низьким. Навіть Нововолинська територіальна громада за окремими методиками класифікується як помірно чи оптимально спро-

можна. Це частково підтверджує тезу про те, що найбільш розвинуті громади формуються саме навколо міських поселень.

Територіальні громади є багатокомпонентними утвореннями. Вони можуть складатись із декількох населених пунктів, які пов'язані між собою соціально-економічними та інфраструктурними зв'язками. У цьому контексті виникає логічне запитання – чи існує залежність між особливостями просторового розміщення населення громади та рівнем її фінансової спроможності? Щоби відповісти на нього, за допомогою інтернет-порталу datatowel.in.ua було визначено найближчу зону впливу навколо центрів територіальних громад (радіусом 10 км), кількість населених пунктів і жителів у них. Задля зручності та більшої об'єктивності підчас проведення кореляційного аналізу, окремі абсолютні значення було переведено у відносні (табл. 3).

Результати обчислень дали змогу виявити, що існує лише нечітка залежність між рівнем фінансової спроможності громади та територіальною концентрацією її населення. Найбільш суттєві значення коефіцієнта кореляції мають показники концентрації населення у зоні впливу центру громади (-0,564) та концентрації населення у центрі територіальної громади (0,416). Натомість вдалось визначити більш стійкі кореляційні зв'язки між окремими показниками спроможності громад і особливостями розподілу населення на їх території. Так, більший рівень дотаційності бюджету

Таблиця 3

Показники територіальної концентрації населення об'єднаних територіальних громад за 2022 рік

Показники територіальної концентрації населення	Територіальні громади						
	Ковельська	Нововолинська	Бердичівська	Коростенська	Звягельська	Ніжинська	Прилуцька
Населених пунктів у зоні впливу центру громади, %	35,71	100	100	32,56	50	50	0
Населення у зоні впливу центру громади, %	3,97	13,28	1,63	5,17	4,86	0,59	0
Населення у центрі громади, %	92,8	86,72	98,37	86,01	90,15	98,81	100
Населення на периферії громади, %	3,23	0	0	8,82	4,99	0,6	0
Загальна кількість населення громади, осіб	72820	57394	74257	71498	61105	66626	51637

Джерело: Створено автором на основі даних (Візуалізація ..., 2022)

громади, зумовляє вищу концентрацію населення навколо центру громади (0,877). Чим вищий індекс податкоспроможності громади, тим меншою є концентрація населених пунктів навколо її центру (-0,728). Чим вищий рівень видатків на освіту, культуру та спорт, тим меншою є концентрація населених пунктів навколо центру громади (-0,688). Рівень видатків бюджету на одного учня тим вищий, чим меншою є загальна людність громади (-0,667).

Результати проведеного аналізу дозволяють дійти висновку про те, що населення найбільш спроможних і розвинутих громад зосереджено переважно в їхніх центрах, якими у цьому випадку є середні міста. Варто зазначити, що до зони впливу середніх міст входить також велика кількість населених пунктів із сусідніх територіальних громад. Дослідження, присвячені впливу рівня розвитку середніх міст на демографічну ситуацію у сільських поселеннях, загалом збігаються з результатами представленого у роботі аналізу (Федорець, 2022). Середні за розміром міські населені пункти мають високий рівень привабливості, чим зумовлюють значний міграційний відтік населення із прилеглих сільських територій. Високі показники соціально-економічного потенціалу середніх міст лише пришвидшують подібні процеси. Отож можна припустити, що високий рівень розвитку центрів територіальних

громад буде збільшувати їх загальну спроможність і водночас зумовить більший міграційний відтік населення із прилеглої території до центру громади.

### **Висновки**

Оцінка рівня фінансової спроможності громад показала значний рівень диспропорцій уже на рівні окремих показників їх економічного розвитку. Навіть всередині окремого регіону, громади з однаковим типом міста-центру мають суттєві відмінності рівня спроможності, просторової конфігурації та територіальної концентрації населення.

Наявність значної кількості методичних підходів до визначення рівня фінансової спроможності громад зумовляє високу диференціацію результатів, отриманих за кожним із них. Офіційні Методичні рекомендації не допомагають розв'язати проблему, а через низку недоліків лише ускладнюють цей процес. Представлена автором методика також може бути вдосконалена. Зокрема, існує необхідність врахування значно більшої кількості показників, які дали б можливість всебічно розглянути питання спроможності наявних територіальних громад. Однак, в умовах воєнного стану й обмеженості статистичних даних, наявних у вільному доступі, збір необхідної інформації значно ускладнений, а в окремих випадках – взагалі неможливий.

### **Список використаної літератури**

Барановський М.О. Особливості та методичні підходи до визначення показників і рівня спроможності територіальних громад України. *Часопис соціально-економічної географії*. 2022. № 33. С. 7–14.

Барановський М.О. Спроможність територіальних громад України: підходи до оцінки, регіональні відмінності, типізація. *Науковий вісник Чернівецького університету: Географія*. 2023. № 845. С. 77–87.

Бюджети територіальних громад України за 2022 рік [Електронний ресурс]. URL: [https://public.tableau.com/app/profile/ulead/viz/\\_16360623127390/sheet0](https://public.tableau.com/app/profile/ulead/viz/_16360623127390/sheet0) (дата звернення: 11.01.2024).

Візуалізація статистичних даних [Електронний ресурс]. URL: <https://datatowel.in.ua/> (дата звернення: 15.01.2024).

Гринчишин І.М. Спроможність територіальних громад: теоретичний дискурс. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2018. № 6 (134). С. 51–56.

Грищенко І.М., Кулаєць М.М. Розвиток спроможності територіальних громад. *Науковий вісник Полісся*. 2018. № 2 (14), ч. 1. С. 98–104.

Казюк Я. Аналіз методик оцінювання спроможності територіальних громад, висновки, пропозиції. [Електронний ресурс]. URL: <https://pravo.org.ua/blogs/analiz-metodyk-otsinyuvannya-spromozhnosti-terytorialnyh-gromad-vysnovku-propozytsiyi/> (дата звернення: 11.01.2024).

Мельник Л.А. Теоретичні засади формування спроможності територіальних громад в Україні. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2020. № 9. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=1854> (дата звернення: 05.12.2023).

Методика формування спроможних територіальних громад: постанова Кабінету Міністрів України від 08.04.2015 №214. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/214-2015-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.12.2023).

Методичні рекомендації щодо оцінки рівня спроможності територіальних громад (проект) [Електронний ресурс]. URL: <http://surl.li/sggcu> (дата звернення: 05.12.2023).

Остапенко П. Критерії спроможної громади: досвід України. [Електронний ресурс]. URL: <https://decentralization.gov.ua/news/13922> (дата звернення: 05.12.2023).

Оцінювання фінансової спроможності територіальних громад: оновлені підходи [Електронний ресурс]. URL: <https://decentralization.gov.ua/news/17551> (дата звернення: 12.01.2024).

Показники спроможності 25 пілотних громад за даними станом на 01.01.2022 року [Електронний ресурс]. URL: <http://surl.li/sggdr> (дата звернення: 06.01.2023).

Пріхно. І., Проданова Л. Методичні підходи до оцінки рівня фінансової спроможності територіальних громад. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. №6. С. 7–14.

Федорець Р.Д. Вплив середніх міст на демографічний розвиток сільських поселень Житомирської області. *Регіон-2022: стратегія оптимального розвитку. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 24 листопада 2022 року)*. Харків, 2022. С. 102–105.

### References (translated & transliterated)

Baranovskyi, M.O. (2022). Osoblyvosti ta metodychni pidkhody do vyznachennia pokaznykiv i rivnia spromozhnosti terytorialnykh hromad Ukrainy [Features and methodological approaches to determining the indicators and the level of capacity of the territorial communities of Ukraine]. *Chasopys sotsialno-ekonomichnoi heohrafii [Human Geography Journal]*, 32, 7–14. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2022-33-01> [in Ukrainian].

Baranovskyi, M.O. (2023). Spromozhnist terytorialnykh hromad Ukrainy: pidkhody do otsinky, rehionalni vidminnosti, typizatsiia [The capacity of territorial communities of Ukraine: approaches to assessment, regional differences, typification]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: Heohrafiia [Scientific Herald of Chernivtsi University: Geography]*, 845, 77–87. <https://doi.org/10.31861/geo.2023.845.77-87> [in Ukrainian].

Biudzhety terytorialnykh hromad Ukrainy za 2022 rik [Budgets of territorial communities of Ukraine for 2022]. [Electronic resource] URL: [https://public.tableau.com/app/profile/ulead/viz/\\_16360623127390/sheet0](https://public.tableau.com/app/profile/ulead/viz/_16360623127390/sheet0) (access date 11.01.2024) [in Ukrainian].

Fedorets, R.D. (2022). Vplyv serednykh mist na demohrafichni rozvytok silskykh poselen Zhytomyrskoi oblasti [The impact of medium-sized towns on the demographic development of rural settlements in Zhytomyr region]. *Rehion-2022: stratehiia optymalnoho rozvytku. Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Kharkiv, 24 lystopada 2022 roku) [Region-2022: optimal development strategy. Materials of the International Scientific and Practical Conference (Kharkiv, November 24, 2022)]*, 102–105 [in Ukrainian].

Hrynchyshyn, I.M. (2018). Spromozhnist terytorialnykh gromad: teoretychnyi dyskurs [Capacity of territorial communities: theoretical discourse]. *Sotsialno-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrainy [Socio-economic problems of the modern period of Ukraine]*, 6 (134), 51–56 [in Ukrainian].

Hryshchenko, I.M., & Kulaiets, M.M. (2018). Rozvytok spromozhnosti terytorialnykh hromad [Development of the capacity of territorial communities]. *Naukovyi visnyk Polissia [Scientific bulletin of Polissia]*, 2 (14), P. 1, 98–104. [https://doi.org/10.25140/2410-9576-2018-1-2\(14\)-98-104](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2018-1-2(14)-98-104) [in Ukrainian].

Kaziuk, Ya. (2023). Analiz metodyk otsiniuvannia spromozhnosti terytorialnykh hromad, vysnovky, propozyzii [Analysis of methods for assessing the capacity of territorial communities, conclusions, proposals]. [Electronic resource] URL: <https://pravo.org.ua/blogs/analiz-metodyk-otsiniuvannya-spromozhnosti-terytorialnykh-gromad-vysnovky-propozytsiy/> (access date 11.01.2024) [in Ukrainian].

Melnyk, L.A. (2020). Teoretychni zasady formuvannia spromozhnosti terytorialnykh hromad v Ukraini [Theoretical principles of capacity building of territorial communities in Ukraine]. *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok [Public administration: improvement and development]*, 9. [Electronic resource] URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1854> (access date 05.12.2023). <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2020.9.54> [in Ukrainian].

Metodychni rekomendatsii shchodo otsinky rivnia spromozhnosti terytorialnykh hromad (proiekt) [Methodological recommendations for assessing the level of capacity of territorial communities (project)]. [Electronic resource] URL: <http://surl.li/sggcu> (access date 05.12.2023) [in Ukrainian].

Metodyka formuvannia spromozhnosti terytorialnykh hromad: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 08.04.2015 №214 [Methodology of the formation of capable territorial communities: resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 8, 2015 No. 214]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/214-2015-%D0%BF#Text> (access date 05.12.2023) [in Ukrainian].



Ostapenko, P. (2021). Kryterii spromozhnoi hromady: dosvid Ukrainy [Criteria of a capable community: the experience of Ukraine]. [Electronic resource] URL: <https://decentralization.gov.ua/news/13922> (access date 05.12.2023) [in Ukrainian].

Otsiniuvannia finansovoi spromozhnosti terytorialnykh hromad: onovleni pidkhody [Assessment of the financial capacity of territorial communities: updated approaches]. [Electronic resource] URL: <https://decentralization.gov.ua/news/17551> (access date 12.01.2024) [in Ukrainian].

Pokaznyky spromozhnosti 25 pilotnykh hromad za danymy stanom na 01.01.2022 roku [Capacity indicators of 25 pilot territorial communities according to data as of January 1, 2022]. [Electronic resource] URL: <http://surl.li/sggcu> (access date 06.12.2023) [in Ukrainian].

Prihno, I., Prodanova, L. (2022). Methodychni pidkhody do otsinky rivnia finansovoi spromozhnosti terytorialnykh hromad [Methodical approaches to assessing the level of financial capacity of territorial communities]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu [Scientific Herald of Khmelnytskyi National University]*, 6, 7–14. [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6\(1\)-1](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6(1)-1) [in Ukrainian].

Vizualizatsiia statystychnykh danykh [Statistical data visualization]. [Electronic resource] URL: <https://datatowel.in.ua/> (access date 15.01.2024) [in Ukrainian].

Отримано: 28.01.2024  
Прийнято: 12.02.2024



## ХІМІЯ

УДК 54.5: 54.04

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.11>

### XXI-Е СТОЛІТТЯ: ХІМІЯ НА РОЗДОРІЖЖІ

В. О. Віленський<sup>1</sup>

Стаття присвячена аналізу становленню хімії, як одного з важливіших напрямків науки: від її філософського сприйняття у раннє науковому періоду (25 рік до н.е.) до 1800 року, коли хімію стали ототожнювати з атомною будовою світу. Показано, як накопичення емоційно-емпіричних знань у галузі медицини (терапії, хірургії, фармакології) і алхімії сприяло становленню хімії як науки, яка об'єднує і розширює знання про людину і її діяльність у найбільш затребуваних сферах діяльності, від захисту від хвороб та господарювання до мілітарного захисту. Визначна роль у становленні хімічної науки належить Дж. Далтону, який виконав хімічні дослідження оксидів та сульфідів не лише всіх відомих речовин, але ще створив двомірні моделі сплавів 2-го, 3-х, 4-х ... 7-и елементних сполук, а також 3-х вимірні моделі води і льоду. Дж. Далтон заклав підвалини хімічної термодинаміки, хімічного синтезу неорганічної хімії, які можуть бути залучені до органічної хімії. Його хімічний аналіз більше оперує філософськими категоріями, але при переході на атомні маси речовин є цілком придатним. Треба лише пам'ятати, що це часи з 1808 до 1827 років, а до встановлення структури атому ще більше 100 років. Поява полімерів в трактовці Германа Штаудінгера у 20-х роках ХХ-го сторіччя з її поліконденсаційним методом синтезу, сприяла тренду пошуку ефективного методу синтезу нових полімерів, який завершився у 60-х роках унікальним методом стерео-специфічної полімеризації Циглера-Натта. Цей період синтезів гомополімерів завершився і настав час композитів і масового забруднення навколишнього середовища відходами полімерів. І тепер можна відкрито стверджувати «пластик загрожує планеті, тому що пластик вбиває океан». Науковці та хіміки як творці полімерів усвідомлюють свою відповідальність за результати досліджень і шукають змін в хімічних технологіях.

**Ключові слова:** хімія, система, наука, атом, поліконденсація, полімери, загроза, планета.

### XXI CENTURY: CHEMISTRY AT A CROSSROADS

V. O. Vilenskyi

The article is devoted to the analysis of the formation of one of the most important directions of the science of Chemistry from its philosophical perceptions in the early scientific period from 25 years BC till 1800, when chemistry began to be identified with the atomic structure of the world. It is shown how the accumulation of emotional and empirical knowledge in the field of medicine (therapy, surgery, pharmacology) and alchemy contributed to the formation of chemistry as a science that unifies

<sup>1</sup> доктор хімічних наук, професор,  
професор кафедри хімії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: vilensky@zu.edu.ua  
ORCID: 0009-0007-3249-9423

and expands knowledge about man and his activities in the most sought-after spheres of activity, from protection against diseases, management to military protection. A significant role in the formation of chemical science belongs to J. Dalton, who performed chemical studies of oxides and sulfides not only of all known substances, but also created two-dimensional models of alloys of 2-, 3-, 4-, ... 7-element compounds. Laid 3-dimensional models of water and ice. Chemist Dalton laid the foundations of chemical thermodynamics, chemical synthesis of inorganic chemistry, which can be involved in organic chemistry. His chemical analysis operates more with philosophical categories, but when moving to the atomic masses of substances, it is quite suitable. We only need to remember that these are the times from 1808 to 1827, and it was more than 100 years before the structure of the atom was established. The appearance of polymers in the interpretation of Hermann Staudinger in the 20s of the 20th century with its polycondensation method of synthesis contributed to the trend of searching for an effective method of synthesis of new polymers, which ended in the 60s with the unique method of stereo-specific polymerization of Ziegler-Natta. This period of homopolymer syntheses has ended and the time has come for composites and mass pollution of the environment with polymer waste. And now it is possible to openly claim that "plastic threatens the planet because plastic kills the ocean." Scientists and chemists as creators of polymers are aware of their responsibility for research results and look for changes in chemical technologies.

**Key words:** chemistry, system, science, atom, polycondensation, polymers, threat, planet.

### Вступ

Читач, якій побачить цю статтю, задасть собі питання: а до чого тут хімія? І чи може один з напрямків науки сьогодення бути об'єктом турботи сучасної цивілізації людей, яку роздирають міжнародні війни з метою захоплення територій з ознаками геноциду, вірусні пандемії, зокрема віруси СНІДу та COVID-19 з інтервалом в 30 років. Нестача харчових ресурсів в глобальному півдні планети, відсутність волі міжнародних організацій, що наділені повноваженнями бути центрами прийняття рішень для примушування до порядку відомих авторитарних та агресивних країн. Цього цілком достатньо для вирішення глобальних рішень людства. Аби тільки знайти методи, що б дозволили об'єднати великі суверенні держави, кожна з яких має свій світогляд на їх вирішення. Це є глобальною проблемою сьогодення.

### Обговорення

Це все вірно, але як казали латиняни, подивимось *Ab ovo*, або є інша пропозиція, *Ab initio*, яка зараз багатьом знайома. І ще одна фраза, яка мені подобається: *Ancient times*, що перекладається як «в давні часи», як у нас прийнято казати «доісторичні часи». На мій погляд, це некоректно, бо якщо це доісторичний час, то не мало б бути відомостей про події тих часів. Але джерело проблеми, яку я вважаю глобальною для виживання цивілізації людей, є саме *хімія*. Я прийшов до такої думки в останні 5-6 років, а йшов до неї майже 50. Це розуміння, я так думаю, розділяють всі практикуючі хіміки. Проте, один з визначних вчених впорядкувачей знань про хімію на початку XIX-го сто-

ліття Джон Дальтон працював над монографією "A new System of Chemical Philosophy" (Dalton, 1808), яка охоплювала дослідження температурних параметрів майже всіх відомих на той час речовини, зокрема оксиди, сульфіді (бінарні, потрійні і послідовно до семи компонентних сполук). Цікаво, що Дж. Дальтон вперше створив об'ємні моделі ряду сполук, і це було у 1808 р. Повертаючись до сьогодення, хочу зосередити увагу на розвиткові хімічної науки на прикладі України. У складі Академії наук України присутні 13 Інститутів з різних напрямків хімічної науки і ще 8 наукових установ з напрямку біохімії і ще багато медичних установ, які у своїй діяльності використовують, мабуть, десятки сотень фармакологічних препаратів. Я не маю сумніву, що не знайдеться хіміка, який би заперечив, що всі названі інституції не використовують суто хімічні методи екстракції, розчинення, створення композитів ліків, вітамінів, захисту їх поверхні похідними целюлози і так далі.

Повертаючись до витоків, ми спокійно можемо стверджувати, що генезис саме хімії, виник в ті далекі часи на зорі цивілізації людей, коли до рани, щоб зупинити кровотечу прикладали «ліпіди» впольованої дичини, а володіючи певними знаннями з цілющих властивостей рослин, отримували настої чи узвари, які сприяли подоланню застуд чи недугів. З іншого боку, люди, які володіли подібними знаннями піддавались переслідуванню, як такі, що мали зв'язок із «темними силами». Але цей фрагмент, на мою думку, відображає початок, коли людина розумна почала взаємодіяти з природою і накопичувати знання,

які були зародком медицини та фармакології, а пізніше пропонувати правлячій еліті засоби догляду за тілом, ліки, мазі, парфуми, а далі кераміку, сплави металів для прикрас та побутового начиння.

Згадаємо ще два прізвища, які, на мою думку, є взірцем не лише служіння хімії, медицині, формації, алхімії і, зрозуміло, науці. Головне, ці люди надавали допомогу хворим, не звертаючи увагу на соціальний і расовий статус, національність, стать та вік хворої людини. По-перше, це Ава Корнелій Цельс (25 до н.е. - 50 н.е.) зі Нарбонської Галії (сучасна Франція). Його діяльність охоплювала такі галузі, як медицина, фармація, алхімія. Він також був натуралістом, письменником та філософом. Людина, яка накопичила, за історичними даними, 20 томів універсальних знань (праця «Мистецтво»), 8 з яких були «Про медицину».

Майже через півтора тисячоліття в Німеччині в вересні 1493 народився хлопчик на ім'я Філіп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгайм. Я певен, що рід фон Гогенгаймів подібним довгим переліком імен, наданих юному фон Гогенгайму, намагався вберегти його долю таким поширеним на той час оберегом від відьом, колдунів і заздрісних очей. Батько майбутнього реформатора медицини був лікарем, але викладав сину не лише філософію, яка в той час вже була обов'язковим предметом в університетах, але й знання з алхімії і хірургії. Але коли молодий Філіп фон Гогенгайм обрав свій власний шлях, практикуючого медика, хіміка і вченого, він обрав і нове прізвище Парацельс. Наслідування Цельсу обумовило постійне подорожування по Європі в гонитві за знаннями і викликами, як-то участь у військових компаніях, де присутня велика практика хірурга і терапевта. Він здобув освіту в Італії (Університет м. Феррара), а далі була Швейцарія, де він отримав у 1527 році посаду професора фізики і медицини (Базельський університет). Весь час Парацельс продовжував навчання. Він першим встановив і викладав в своїх лекціях з медицини, що процеси життєдіяльності людини є хімічними, а ліки, що сприяють зупинці хвороби, складаються з хімічних речовин і їх сполук. Саме комплексна взаємодія ліків і бажання пацієнта одужати є складовими успіху. І останнє, про що необхідно відзначити з життя цих геніїв еволюції науки та її складових - медицини і хімії, це те, що і Цельс і Парацельс розуміли і знали про невід'ємний зв'язок між медициною та хімією. Використовуючи рецептурне

застосування ліків і спостереження за перебігом хвороби до одужання, вони встановили, що фармакологія із залученням рослин, їх екстрактів і порошків викликають зміни в хімічних процесах в організмі людини і, як результат, одужання. Але знадобилось більше 250 років, щоб інший видатний хімік та фізик Джон Дальтон у своїй праці «Нова система хімічної філософії» довів, що «хімія» є системою філософською в самому широкому розумінні цього терміну. В третьому розділі вперше вводиться міркування «Про хімічний синтез», і в цьому загальному описі сполуки її складові - це окремі частинки. Це при тому, що на той час нічого не відомо ні про атомну будову речовини, ні атомну вагу, але Дальтон, і це зараз зрозуміло, вводить аналогію із частинками атмосфери і навіть Всесвіту. А далі в тексті терміни, які зараз відомі кожному - «хімічний аналіз і синтез». Не коментуючи текст видатного вченого початку XIX-го сторіччя, просто наведу цитату його міркування про хімічний об'єкт дослідження (Dalton, 1808):

*“...On chemical synthesis:*

*When any body exists in the elastic state, its ultimate particles are separated from each other to a much greater distance than in any other state; each particle occupies the centre of a comparatively large sphere, and supports its dignity by keeping all the rest, which by their gravity, or otherwise are disposed to encroach up it, at a respectful distance. When we attempt to conceive the number of particles in an atmosphere, it is somewhat like attempting to conceive the number of stars in the universe; we are confounded with the thought. But if we limit the subject, by taking a given volume of any gas, we seem persuaded that let the divisions be ever so minute, the number of particles must be finite; just as in a given space of the universe, the number of stars and the planets cannot be infinite.*

*Chemical analysis and synthesis go no farther than to separation of particles one from another, and to their reunion. No new creation or destruction of mater is within the reach of chemical agency. We might as well attempt to introduce a new planet into the solar system, or to annihilate one already in existence, as to create or destroy a particle of hydrogen. All the changes we can produce, consist in separating particles that are in state of cohesion or combination, and joining those that were previously at a distance.*

*In all chemical investigations, it has justly been considered an important object to*

ascertain the relative weights of the simples which constitute a compound.

If there are two bodies, **A** and **B**, which are disposed to combine, the following is the order in which the combinations may take place, beginning with the most simple: namely,

1 atom of **A** + 1 atom of **B** = 1 atom of **C**, binary.

1 atom of **A** + 2 atoms of **B** = 1 atom of **D**, ternary.

2 atoms of **A** + 1 atom of **B** = 1 atom of **E**, ternary.

1 atom of **A** + 3 atoms of **B** = 1 atom of **F**, quaternary

3 atoms of **A** + 1 atom of **B** = 1 atom of **G**, quaternary..."

Зауважу, що формула зміни властивостей кінцевих (**D**, **E**, **F** and **G**) сполук в залежності від складу компонентів **A** і **B** абсолютно коректна для синтезу в разі органічної і неорганічної хімії. При тому, що на початку XIX сторіччя ще не знали про каталіз реакцій, вплив середовища і багато методів аналізу продукту.

Ознайомлення з монографією цього видатного вченого показало, що в своїх дослідженнях він впевнено наближався до систематизації відомих хімічних елементів і намагався їх впорядкувати за «відносною атомною вагою», багато уваги приділяв впливу температури на властивості простих елементів і їх змінах при нагріванні з киснем, сіркою та азотом. На мою думку, це були основи термодинаміки речовин і сполук за сучасною термінологією. Але найбільше враження справило, те що за результатами майже двадцятирічної дослідницької праці в напрямку який він сформулював, як: "A new system of chemical **philosophy**" Джон Дальтон кардинально змінив на: "On the principles of the atomic system of chemistry". Це при тому, що на той час це був вчений, медик, філософ і есеїст, визнаний всією Європою і запрошений у члени академії і нагороджений премією Humphry DAVY - за визначний вклад в хімічну науку. Це означало, що хімія набула статусу науки, і в цьому визначний внесок належить Дж. Дальтону.

Автор так багато часу приділив Дж. Дальтону і ще з однієї важливої ідеї, яка у мене виникла і яка, на моє переконання, має відношення до появи перших полімерних сполук. Мова іде про стирол, який, як добре відомо з історії полімерів (Russel et al., 2005) у 1831 року був отриманий перегонкою бальзаму «сторокс». Отримана речо-

вина була білого кольору, тверда і нерозчинна. Але ніде не акцентувалась увага на самому досліднику, меті його роботи та методи перегонки. Працюючи з монографією Дж. Далтона повсякчас зустрічаєш такі терміни, як «нагрівання», «поглинання рідиною речовин» і так далі. Оскільки професор хімії багато викладав в університетах, то виникла думка, що знання про методи дослідження різних речовин і сполук міг опанувати інший хімік, яким міг бути француз М. Бонастр. Оскільки продукт перегонки виявився не цікавим, то М.Бонастр більше не повертався до цього синтезу. Подібний випадок «невдалого» синтезу у 1835 році відомий з Г. Регнальтом при синтезі  $n[\text{CH}_2=\text{CHCl}]$  (продукт білий, твердий і нерозчинний). Слід зазначити, що інші хіміки, зокрема американський хімік У.Семон у 1935 р., знайшли шляхи застосування ПВХ шляхом залученням пластифікаторів та наповнювачів.

Дослідження К. Рассела та Г. Робертса (Vilensky, 2023) з історії полімерної науки свідчать, що першим зразком у сучасному розумінні полімерного дослідження була робота Г. Браконнота у 1830-х, коли він одночасно з К. Щобейном та іншими хіміками, відкрив похідні натурального полімеру целюлози, зокрема, таких, які були частково кристалічними матеріалами (мова іде про целулоїд та ацетат целюлози). У 1840-х роках Ф. Людерсдорф та Н. Хайворт незалежно відкрили, що додавання сірки до сирової натуральної гуми (відомої ще з 1490 року як «молоко бразильської гевеї») допомагає прибрати її липкість і надає твердість. Зараз багатьом водіям відомі шини Гудієра для авто. Ця назва пов'язана із Ч. Гудіром та Т. Хенкоком, які у 1844 р. отримали патент США на вулканізацію натуральної гуми шляхом залученням сірки, чорного пігменту та тепла, внаслідок чого матеріал ставав твердим, пружним і неплавким. Першою синтетичною сполукою, отриманою шляхом обробки камфорою волокон целюлози був целулоїд, отриманий у 1869 році Д. Гаятом, яку і визнали першим полімером. У 1907 році Л. Бекеланд винайшов перший синтетичний пластик, який було одержано взаємодією терморективного фенолу та формальдегіду і названо «бакелітом».

Хрестоматійним є твердження про появу терміну «полімер», яке належить хіміку Й. Берцеліусу, який вважав, наприклад, бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) полімером етину ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Пізніше

це визначення зазнало певної модифікації (Nicholson, 1991). Але концепцію полімерної науки, як одного з глобальних відкриттів людства, сформулював та доклав багато сил до її сприйняття у 20-х роках ХХ-го сторіччя вчений Г. Штаудінгер. За що і був визнаний Нобелівським лауреатом 1953 року з хімії (Feldman, 2008).

Варто відмітити, що за весь час існування цивілізації людей не було винайдено сполуки, яка б конкурувала з полімерами по всеосяжному виробництву, застосуванню, розповсюдженню, беззастережному використанню по всьому світу, незалежно від раси і релігії, яку було б прийнято і використано людьми, що живуть і на смітниках, і людьми з палаців.

На думку автора цієї статті (Vilensky, 2023): «Ніхто не міг уявити, що синтезом перших полімерів у 40-х роках ХІХ сторіччя (1838  $-(CH_2-CHCl)_n-$  ПВХ) і 1839  $-(CH_2-CH(C_6H_5))_n-$  ПС) людство відкрило «скриню Пандори». На сьогодні виробництво полімерних продуктів, пакувальних та будівельних матеріалів, предметів побуту та їх деталей становлять мільярди тон, а вторинна їх переробка та утилізація складають майже в 1000 разів менше. І ця індустрія сконцентрована головним чином в США, Канаді, Австралії та ЄС.»

Решта країн переймаються проблемами сьогодення і відкладають боротьбу з засміченням власних територій «на завтра», не помічаючи, що «завтра» вже далеко позаду і може бути запізно, хоча деякі країни, наприклад, Індія (MoEFCC, 2018) розуміють загрози.

Останні дані свідчать, що в океанах формуються сміттєві плями (The ocean clean up), природа яких - змивання з суші залишків інфраструктури та зруйнованих будівель приливними хвилями землетрусів у Японії та інших країнах південної Азії та Америки. Загальна маса сміття однієї з таких плям становить 25 млрд. тон, а площа 1,6 млн. км<sup>2</sup>. Крім того, небезпека зростає тому, що ці плями заселені тваринами, які віднесені від територій, де вони мешкали, і це інвазійна небезпека для тварин інших континентів. Окрім того, вчені США встановили, що у світовому океані є щонайменше п'ять «сміттєвих плям», у яких накопичилась величезна кількість пластику. І тепер можна відкрито стверджувати «Пластик загрожує планеті, тому що пластик вбиває океан». Потрібно діяти, вчені. Це було сказано у квітні 2019. Але через рік, у квітні 2020 ми вже жили

у ері пандемії «coronavirus COVID-19», жертвами якої стало більше 160 тис. людей; через рік пандемія продовжує збирати жертви і вже загинуло 3,150 млн. наших співпланетян. В серпні 2021 збирається G-20 самих потужних держав світу під егідою ООН, щоб обговорити, як зупинити катастрофу потепління на планеті. Тому що, якщо нічого не міняти, то через 30-50 років настане біологічна катастрофа з вимирання тварин, людей і цілих країн через голод і посуху. А в листопаді 2021, на мою e-mail адресу прийшов лист, в якому шість геніїв людства викладають проєкт «How to create an artificial magnetosphere for Mars».... Може виникнути питання, що спільного у всіх цих подіях, які перелічені вище? Відповідь однозначна: головними діючими особами є ми, шановні колеги-науковці. Ми виконуємо «замовлення» цивілізації людей, але за рідким виключенням відмовляємось від їх виконання з етично-моральних застережень. Ми з вами знаємо про ці приклади, але ми також і знаємо, що є причину виникнення «ідей колонізації Марсу».

Що ми, науковці, як хіміки і творці полімерів, які усвідомлюють свою відповідальність за результати досліджень та їх наслідки, маємо робити?

По-перше, ми маємо мислити креативно, тобто, якщо високомолекулярні сполуки потрібні людині сьогодні і ми знаємо, як їх створити і як застосувати; ми маємо вже сьогодні мати алгоритм, як завтра їх вивести зі сфери використання. І суспільство має знати, якщо когось з нас не буде після завтра, як ця речовина має стати корисною для ґрунту нашої планети і не нашкодити їй. Перша думка, яка приходить, це те, що кожна нова високомолекулярна сполука повинна мати «паспорт про сферу та умови використання» кожного нового матеріалу. Термін первинного виконання функціональних завдань; заохочення до утилізації і наступного вторинного використання без безпосереднього контакту з людиною і заохочення для кінцевої утилізації в якості конструкційної складової відповідно до потреб даної територіальної спільноти чи суспільства. Головне, щоб матеріал став корисним для ґрунту, ландшафту планети і їй не нашкодив.

По-друге, до продуктів технології із синтезу полімерів, прищеплених полімерів, гомо- чи гетеро-кополімерів, які зараз виробляються, входять мономерні, розчинники, каталізатори, інгібітори, пластифікатори,

а часом і барвники, є високомолекулярна сполука (ВМС). Цей продукт містить в собі всі перелічені складові синтезу. Подальша пурифікація ВМС - продукту не може сягнути вище 90-95% чистоти без додаткового забруднення оточуючого середовища. Куди вже більше, коли промислове завантаження реактора становить 100-150 кг ? Тому висновок: у 21-му столітті всі засоби синтезу, ініційовані за радикальними та іонними механізмами, мають бути виключені з промислового використання, окрім наукових досліджень. Це саме стосується ступінчастої полімеризації і поліконденсації, за вищеведеним виключенням. Найімовірніше, синтез полімерів у 21-му столітті має відбуватись виключно із залученням стереоспецифічної полімеризації і лише в газовій фазі. Процеси з отримання гетерополімерів за механізмом стереоспецифічної полімеризації, як композитів з певною функціональністю, мають проводитись також у газовій фазі, а певні етапи росту макроланцюгу, відмінного від вуглеводневого фрагменту - із заміною газового середовища. Я думаю, що генії, подібні до К. Ціглера та Д. Натта, вже є. Треба лише окреслити цивілізаційну важливість таких розробок та завдання.

*По-третє*, на що потрібно звернути увагу молодих хіміків та фізиків, що експерименти зі зміни конфігурації макроланцюга можна отримувати молекулярним дизайном, використовуючи квантову хімію. Це також дозволяє встановлювати конформацію і певні властивості полімерів на різних етапах стану створеної олігомерної структури чи навіть рою таких структур. Цей напрямок молекулярного дизайну оліго- і макромолекул із залученням квантового синтезу активно розвивається, про що свідчать численні публікації в таких журналах як *Journal of Computational Chemistry*, *Journal of Molecular Modeling*, *Computational and Theoretical Polymer Science* та багатьох інших. Напрямок квантового синтезу насправді чудовий і відкриває в кожному з нас «частинку Бога»: ми створюємо нову матерію, яку неможливо створити відомими науковими методами, окрім хімічних. Основа напрямку *комп'ютерна хімія* → *квантова механіка* → *квантова хімія*. Автор почав моделювати фрагменти поліуретанів (ПУ) різної будови з метою визначення певних їх характеристик ще у 1995 р., потім були моделі композитів «ПУ + складні естери целюлози, сформовані у магнітних полях» (2001-2003) рік. Розуміння, що структуру та властивості

створеної композиції можна дослідити і зберегти, якщо зразком є терморектопласт, прийшло у 2005 році і було розвинуто в роботах з аспірантами. Використання постійного магнітного/електричного полів передбачало надання анізотропії епоксидіановим смолам, наповнених оксидами металів – природних лігандів. Частково ці результати наведені в дослідженнях з В. А. Демченко та Ю. В. Бардадимом, яким автор щиро вдячний за співпрацю і задоволення від отриманих наукових результатів.

Комп'ютерний дизайн і квантовий синтез нових полімерів необхідно розглядати як аналіз придатності нових синтетичних матеріалів, які мають замінити полімери чи подібні до них матеріали 21 - 25-го століть, які будуть створювати nD-принтери в умовах космічних хабів. Це не фантазія. Такі ідеї були озвучені Д. Безосом, Б. Гейтсом та М. Цукербергом через їхні розуміння, що цивілізацію землян, у яких нема запасної планети, не можна зберегти при теперішніх темпах забруднення світового океану та потеплінням планетного клімату. Зрозуміло, що реалізація таких проєктів сприятиме не лише новій технологічній революції на планеті Земля, але і здобутку нових знань і подальшого розвитку нашої цивілізації.

Закінчуючи цю статтю, я вважав, що висвітлив один із шляхів подальшого розвитку науки, служінню якій присвятив більше 56-ти років (Vilensky, 2023) і раптово розум підказав, що ми живимо зараз в апокаліптичний час. За вікном війна, і тисячі моїх співвітчизників зараз гинуть, захищаючи нас, країну, наше загалом існування. Країна зі 140 млн. людиноподібними істотами 24 лютого 2022 пішла війною на нас, щоб знищити нашу націю, нашу Україну, бо ми їй «... не подобаємось?!..» і потрібно знищити націю українців, які, як вони вважають, заважають їм існувати. Наукові ідеї і розробки, джерелом яких на початку є гуманні потреби людини, в подальшому цією ж людиною свідомо чи не свідомо використовуються для знищення іншої людини, всієї цивілізації... Напевно, прийшов час шукати загублену «частинку Бога»...

#### **Висновки**

Сучасні наукові дослідження є фундаментальним продовженням «хімічної філософії» як до Р.Х., так і після Р.Х. (в н.е.). Історія створення, розробки та розповсюдження високомолекулярних сполук є наглядним прикладом, коли позитивні та благі наміри створення нових матеріалів для

потреб людства обертаються проти самого людства. Але ще не пізно потенціал сучасної полімерної науки спрямувати на вирішення цієї цивілізаційної проблеми шляхом: виведенням зі сфери використання ВМС, які шкодять середовищу, залученням стере-

оспецифічної полімеризації в газовій фазі, розвитком молекулярного дизайну оліго- і макромолекул із залученням прямого квантового синтезу за механізмами які, на мою думку, скриті в елементах з радіоактивними властивостями.

### Список використаної літератури

- MoEFCC. Beat plastic pollution: good news from India; Ministry of environment, forest and climate change, government of India: New Delhi, India, 2018. 78 p.
- Dalton J. A new system of chemical philosophy. England: Executors of S. Russell, 1808. 372 p.
- Feldman D. Polymer History. *Des. Monomers Polym.* 2008. Vol. 11. № 1. P. 1–15. <https://doi.org/10.1163/156855508X292383>
- Nicholson J.W. Etymology of «polymers». *Educ. Chem.* 1991. № 28. P. 70–71.
- Russel C.A., Roberts G.K. Chemical History: Reviews of the Recent Literature. Royal Society of Chemical, 2005. 247 p. <https://doi.org/10.1039/9781847552631>
- The Ocean Clean Up. [Електронний ресурс]. URL: <https://theoceancleanup.com/> (дата звернення 10.09.2023).
- Vilensky V.O. Warnings regarding the development of scientific, technical and technological processes involving synthetic polymers, which the chemist addresses to colleagues. *Scientific research in the modern world: Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference.* Toronto, Canada. 2023. P. 156–162.
- If I have an idea – I have prevailed! [Електронний ресурс] URL: [www.vilensky.info](http://www.vilensky.info) (дата звернення 12.12.2023).

### References (translated & transliterated)

- MoEFCC (2018). Beat plastic pollution: good news from India; Ministry of environment, forest and climate change, government of India. New Delhi [in English].
- Dalton, J. (1808). A new system of chemical philosophy. London: Executors of S. Russell [in English].
- Feldman, D. (2008). Polymer History. *Des. Monomers Polym.* 11 (1). 1–15. <https://doi.org/10.1163/156855508X292383> [in English].
- Nicholson, J.W. (1991). Etymology of «polymers». *Educ. Chem.* 28. 70–71 [in English].
- Russel, C.A., & Roberts, G.K. (2005). Chemical History: Reviews of the Recent Literature. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781847552631> [in English].
- The Ocean Clean Up. [Electronic resource] URL: <https://theoceancleanup.com/> (access date 10.09.2023) [in English].
- Vilensky, V.O. (2023). Warnings regarding the development of scientific, technical and technological processes involving synthetic polymers, which the chemist addresses to colleagues. *Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference “Scientific research in the modern world”.* Toronto, pp. 156–162 [in English].
- If I have an idea – I have prevailed! [Electronic resource] URL: [www.vilensky.info](http://www.vilensky.info) (access date 12.12.2023) [in English].

Отримано: 15.01.2024  
Прийнято: 06.02.2024





## АГРОНОМІЯ

UDC 631.527.86:633.11:631.097,3:631,523  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.12>

### INHERITANCE OF RESISTANCE TO LEAF RUST BY COMBINING DIFFERENT GENETIC CONTROL SYSTEMS FOR THE TRAIT

Ye. I. Kirchuk<sup>1</sup>, Ye. V. Aliksieienko<sup>2</sup>, Ye. A. Holub<sup>3</sup>, N. O. Honcharuk<sup>4</sup>

*Resistance to leaf rust is one of the crucial factors in successful wheat production. The disease causes significant yield losses and reduces grain quality. Research related to resistance inheritance is helping to identify genetic factors that provide resistance to leaf rust. This allows breeders to create new wheat varieties with increased resistance to the disease. Using the material of F<sub>2</sub> hybrid populations created by crossing parental components contrasting in leaf rust resistance, the patterns of inheritance of this trait were studied, depending on the combination of various genetic systems for resistance control in a single genotype. The genetic analysis identified the number of genes that control this trait and the types of their interaction. The possibility of obtaining positive transgressions for resistance to leaf rust, depending on the contrast of the parental pairs involved in crossing, was shown. It is assumed that the cytoplasm influences the effect of inheritance of resistance to leaf rust.*

**Key words:** winter bread wheat, leaf rust, resistance, segregation, hybrid population, second generation, genetic analysis.

<sup>1</sup> PhD student

Junior Researcher at the Department of Wheat Breeding and Seed Production  
(The Plant Breeding and Genetics Institute - National Centre of Seed and Cultivar Investigation  
the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa)  
e-mail: [jeka390pro@gmail.com](mailto:jeka390pro@gmail.com)  
ORCID: 0000-0003-1681-9160

<sup>2</sup> Candidate of Agricultural Sciences,

Leading Researcher at the Department of Wheat Breeding and Seed Production  
(The Plant Breeding and Genetics Institute - National Centre of Seed and Cultivar Investigation  
the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa)  
e-mail: [aev-11@ukr.net](mailto:aev-11@ukr.net)  
ORCID: 0000-0002-3415-4193

<sup>3</sup> Candidate of Agricultural Sciences,

Leading Researcher at the Department of Wheat Breeding and Seed Production  
(The Plant Breeding and Genetics Institute - National Centre of Seed and Cultivar Investigation  
the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa)  
e-mail: [eva.golub.1979@ukr.net](mailto:eva.golub.1979@ukr.net)  
ORCID: 0000-0002-3415-4193

<sup>4</sup> Candidate of Agricultural Sciences,

Leading Researcher at the Department of Wheat Breeding and Seed Production  
(The Plant Breeding and Genetics Institute - National Centre of Seed and Cultivar Investigation  
the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa)  
e-mail: [ninagoncharuk@yahoo.com](mailto:ninagoncharuk@yahoo.com)  
ORCID: 0009-0007-8118-5607

## ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАКИ СТІЙКОСТІ ДО БУРОЇ ІРЖІ ПРИ КОМБІНУВАННІ РІЗНИХ ГЕНЕТИЧНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ОЗНАКИ

Є. І. Кірчук, Є. В. Алексєєнко, Є. А. Голуб, Н. О. Гончарук

*Стійкість до бурої іржі є одним із ключових факторів в успішному вирощуванні пшениці. Хвороба спричиняє значні втрати врожаю та знижує якість зерна. Дослідження щодо успадкування стійкості дають змогу виявити генетичні фактори, які забезпечують опірність до бурої іржі. Це дає змогу селекціонерам розробляти нові сорти пшениці з підвищеною стійкістю до цієї хвороби. На матеріалі гібридних популяцій F<sub>2</sub> створених у результаті гібридизації контрастних за ознакою стійкості до бурої іржі батьківських компонентів було проведено дослідження закономірностей успадкування зазначеної ознаки в залежності від комбінування в одному генотипі окремих генетичних систем контролю стійкості. У результаті генетичного аналізу було визначено кількість генів, які контролюють дану ознаку та типи їх взаємодії. Показана можливість отримання позитивних трансресій за ознакою стійкості до бурої іржі в залежності від контрастності батьківських пар залучених до гібридизації. Висказано припущення, щодо впливу цитоплазми на характер успадкування стійкості до бурої іржі.*

**Ключові слова:** *бура іржа, стійкість, розщеплення, гібридна популяція, друге покоління, генетичний аналіз, гібридизація.*

### Introduction

Among the many means of protection, the most effective and environmentally friendly is the creation and implementation of varieties with genetically determined resistance to the main diseases in combination with other useful traits and properties (Бурденюк-Тарасевич і Лозінський, 2014; Моргун і Гаврилюк, 2014), which will allow to keep the development of the disease without the use of chemical protection means (Ковалишина та ін., 2017).

It is important for practical breeding for resistance to leaf rust to study the patterns of inheritance of this trait in crossing parents with different genetic systems of resistance to this disease. Such studies help to understand the mechanisms underlying the wheat immune system. This makes it possible to study the interaction between the plant and the pathogen in more depth and to develop new methods of plant protection against diseases. The results of studies on the inheritance of resistance to leaf rust can be used to develop more effective strategies for managing the disease. Based on this data, it is possible to make recommendations for selecting wheat varieties with resistance to leaf rust for specific regions and growing conditions.

The analysis of recent studies regarding the nature of inheritance of leaf rust resistance by hybrid material showed a high level of influence of the cytoplasm for inheritance of this trait. It was established that the fragmentation in F<sub>2</sub> populations when used in crosses as a maternal component of varieties

resistant to leaf rust was observed in the ratio of 9:7, 9:7, 3:1, 1:3, 13:3 and 3:13, which corresponds to the cumulative, epistatic and complementary interaction of oligogens with small resistance genes (Орлюк та ін., 2007; Karelov at all., 2011; Моргун і Топчий, 2016; Demudov at all., 2018; Хоменко і Сандецька, 2018; Базалій та ін., 2020).

Although scientists from different countries have been studying the inheritance of leaf rust resistance trait for decades, very little research has been conducted so far to determine the peculiarities of inheritance of leaf rust resistance in winter wheat by combining different genetic control systems for this trait, and such research is at the beginning stage in Ukraine. Therefore, the aim of the study was to investigate the patterns of inheritance of the resistance trait and to identify the peculiarities of fragmentation when combining different genetic systems that control this trait in F<sub>2</sub> populations obtained by crossing parental components of different ecological and geographical origin.

### Material and methods

The material for the study was F<sub>2</sub> generation of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) obtained by crossing parental components with different genetic systems (control) of resistance to leaf rust, different in terms of resistance. A study of 15 combinations of genetic resistance systems was conducted, which can be divided into 3 groups: 1) (Serbia-Odesa+Lr34)+Phito; (Serbia-Odesa+Lr34)+1AL/1RS; (Serbia-Odesa+Lr34)+1BL/1RS; (Serbia-Odesa+Lr34)+Western Europe; (Serbia-

Odesa+Lr34)+Wild relatives (Aeg. CL); 2) Wild relatives (Aeg. CL)+ Phito; Wild relatives (Aeg. CL)+1AL/1RS; Wild relatives (Aeg. CL)+1BL/1RS; Wild relatives (Aeg. CL)+Western Europe; Wild relatives (Aeg. CL)+(Serbia-Odesa+Lr34); Serbia-Odesa+Fito; 3) Serbia-Odesa+1AL/1RS; Serbia-Odesa+1BL/1RS; Serbia-Odesa+Western Europe; Serbia-Odesa+(Serbia-Odesa+Lr34). The experiment was carried out in the laboratory of the Department of Phytopathology and Entomology of the PBGI-NCSCI of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, during the juvenile period of development. Each combination was sown separately, 100 seeds per pot. stage, inoculation with leaf rust was carried out, after pre-drying the spores in a thermostat for 15 minutes at 45°C to bring them out of anabiosis and mixed with talcum powder to a homogeneous consistency. Before inoculation, drip moisture was created for pathogen development (Кірчук і Алексеєнко, 2022). The Odesca polucarlucova variety served as a standard for susceptibility.

Calculations were performed using Excel software. The reliability of the segregation was checked using Pearson's  $\chi^2$  according to the formula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F}$$

**F** – theoretically expected.

**f** – obtained in the experiment.

To study the nature of inheritance of leaf rust resistance trait in F2 generation of winter wheat, the index of dominance (hp) was used. The value of hp was determined by the conventional method, according to the formula:

$$hp = (XF - Xmp) / (Xp - Xmp)$$

XF – the mean value of the hybrid.

Xmp – the mean value of the value of both parental forms.

Xp – the value of the parent form with the highest resistance rate.

The dominance index (hp) can vary from  $-\infty$  to  $+\infty$  (Frey & Horner, 1957). We used the following gradation:

1)  $hp < -1$  – negative superdominance, НД- (negative heterosis, or depression);

2)  $-1 \leq hp < -0,5$  – negative dominance, Д-;

3)  $-0,5 \leq hp \leq +0,5$  – intermediate inheritance, ПУ;

4)  $+0,5 < hp \leq +1$  – positive dominance, Д+;

5)  $hp > +1$  – positive superdominance, НД+ (positive heterosis).

### Results and discussion

An important step in breeding is to study the inheritance of leaf rust resistance in

F2 generation, which makes it possible to determine which genes are responsible for this trait and the nature of its inheritance. This increases the efficiency of breeders in choosing parental pairs with desirable genetic characteristics, including disease resistance, and allows for effective selection for this trait in early hybrid generations (Darwish at all., 2018; Ansari at all., 2018)

The main aim of these studies was to establish the pattern of inheritance of the leaf rust resistance trait in F2 populations obtained from crossing parental components with different genetic systems for this trait. In the studied hybrid combinations, the parental forms had contrast in this trait: medium-resistant (MR), medium-susceptible (MS) and susceptible (S). To determine the influence of the mother form on the trait of resistance to leaf rust, several crosses were carried out according to the following scheme: "susceptible x susceptible" (S x S), "susceptible x medium susceptible" (S x MS), "susceptible x medium resistant" (S x MR). It should also be noted that the maternal line was based on breeding material in whose genotype some genes were identified in previous studies and their combinations were obtained from sources of different ecological and geographical origin (L18716 (Serbia-Odesa + Lr34), L15914 (Aeg. SL), L22016 (Serbia-Odesa). Each of these lines was crossed with local varieties and lines carrying resistance genes from different genetic sources - Peremoha od. containing the 1AL/1RS translocation in its genotype, Shchedrist' od. with the 1BL/1RS translocation, Vidpovid' od., which carries effective leaf rust resistance genes - Lr26, Lr34, and lines obtained from the Phytopathology Department Ph.177 and Ph.142. A total of 15 combinations of crosses were made according to this scheme.

Data showing the pattern of inheritance of leaf rust resistance trait by bread winter wheat hybrids are presented in Table 1. The genetic analysis of F2 hybrid populations obtained from crossing parental components with different genetic systems for controlling resistance to leaf rust revealed that the presented crossing combinations showed polygenic inheritance of resistance to leaf rust, which corresponded to different types of gene interaction depending on their combination in a particular genetic system. In particular, in such combinations as: L18716 (S) × Peremoga od. (MS), L18716 (S) × Vidpovid' od (MR) and L22016 (S) × Shchedrist' od. (MR), a 3:1:3:9, 3:3:1:9,

3:3:1:9, 3:3:1:9 segregations from resistant to medium-resistant, medium-susceptible and susceptible was observed, which corresponds to complementary gene interaction. In the combinations of crossing L15914 (MR) × ph.142 (S), L15914 (MR) × 16918 (S) and L15914 (MR) × Peremoga od. (MS) showed a 3:1:12 and 13:3 segregation from resistant to susceptible, medium susceptible and susceptible, respectively, which corresponds to epistatic gene interaction.

The combinations L18716(S) × Ph.177(S), L15914(MR) × Vidpovid' od. (MR) and L22016(S) × Ph.177(S) with segregation 1:6:9; 9:1:6 from resistant to medium resistant and susceptible, which are complementary and polymeric. In the combinations L18716 (S) × Shchedrist' od. (MR), L15914 (MR) × Shchedrist' od. (MR) and L22016 (S) × Peremoha od.(MS) - and L22016 (S) × L16918 (S) with a segregation of 1:15 15:1, 1:15 from resistant to susceptible, the type of segregation corresponded to non-cumulative polymerisation (double dominant).

The degree of phenotypic dominance in F2 populations varied within a fairly wide range from negative dominance (D-) to positive superdominance (HD+) (Fig. 1).

Analysing the F2 generation by the degree of phenotypic dominance, it was found that

the highest efficiency of obtaining resistant lines was achieved by combining the following genetic systems: Serbia-Odesa+Lr34) + Phyto, (Aeg. CL) +Phyto, (Aeg. CL) + (Serbia-Odesa+Lr34) and (Serbia-Odesa+Phyto) in which inheritance was based on the pattern of positive heterosis (HD+), in two groups of combinations of genetic systems - (Serbia-Odesa+Lr34) +1AL/1RS and (Serbia-Odesa+Lr34) + (Aeg. CL) inheritance was observed according to the pattern of absolute dominance (D+).

The combination of other genes and genetic systems was also quite effective and had an intermediate inheritance of resistance to leaf rust, except for the combination of crossing L15914 (Aeg. CL) with the variety Peremoha od. (1AL/1RS), in which the genes of susceptibility to leaf rust were dominant (D-).

In order to completely understand the pattern of inheritance of the leaf rust resistance trait in F2 populations, the analysis of transgressive segregation of this trait was carried out (Table 2)

The data in Table 2. shows that the most effective donor of resistance to leaf rust, among the presented combinations, is the line L15914, which originates from Ae. Cylindrica. from Ae. Cylindrica. When used

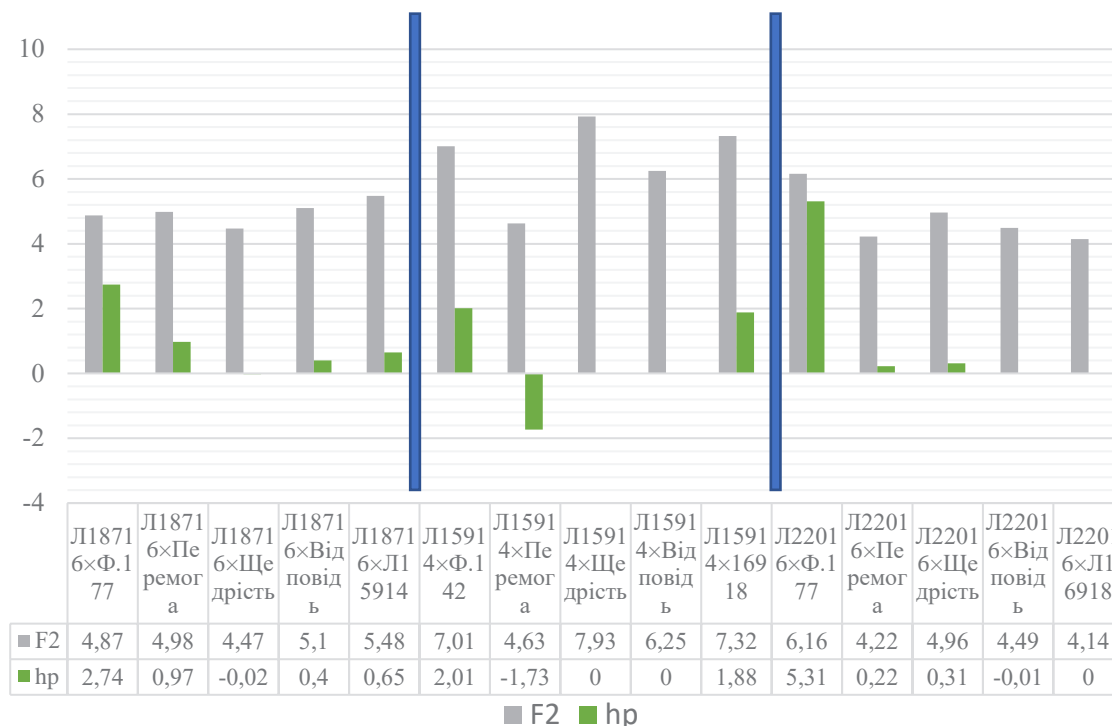


Fig. 1. The degree of phenotypic dominance in F2 populations depending on the combination of different leaf rust resistance control systems

Table 1  
Pattern of inheritance of leaf rust resistance in F2 generation with different genetic control systems for this trait

№ of group	№ in/ord.	Crossing		P1	P2	F2	ratio		x <sup>2</sup>	dominance class
		system	combination				received	expected		
1	1	(Serbia-Odesa+Lr34)+Phyto	Λ18716(S)×Ph.177(S)	3	4	4,87	1,0:4,9: 10,0	1:6:9	1,82	HD+
	2	(Serbia-Odesa+Lr34)+1AL/1RS	Λ18716(S)×Peremoha(MS)	3	5	4,98	2,4:1,6:2,8:9,2	3:1:3:9	1,24	D+
	3	(Serbia-Odesa+Lr34)+1BL/1RS	Λ18716(S)×Shchedrist'(MR)	3	6	4,47	1,8:14,1	1:15	3,88	ΠУ
	4	(Serbia-Odesa+Lr34)+Western Europe	Λ18716(S)×Vidpovid'(MR)	3	6	5,1	2,2:3,9:0,9:8,9	3:3:1:9	2,56	ΠУ
	5	(Serbia-Odesa+Lr34)+Wild relatives (Aeg. CL)	Λ18716(S)×Λ15914(MR)	3	6	5,48	5,9:10,1	7:9	1,61	D+
2	6	Wild relatives (Aeg. SL)+Phyto	Λ15914(MR)×Ph.142(S)	6	4	7,01	12,1:3,9	13:3	1,77	HD+
	7	Wild relatives (Aeg. CL)+1AL/1RS	Λ15914(MR)×Peremoha(MS)	6	5	4,63	2,3:1,0:12,7	3:1:12	0,83	HD-
	8	Wild relatives (Aeg. CL)+1BL/1RS	Λ15914(MR)×Shchedrist'(MR)	6	6	7,93	15,7:0,3	15:1	1,78	-
	9	Wild relatives (Aeg. CL)+Western Europe	Λ15914(MR)×Vidpovid'(MR)	6	6	6,25	8,6:1,6:5,8	9:1:6	1,92	-
	10	Wild relatives (Aeg. SL)+(Serbia-Odesa+Lr34)	Λ15914(MR)×16918(S)	6	3	7,32	13,3:2,7	13:3	0,09	HD+
3	11	Serbia-Odesa+Phyto	Λ22016(S)×Ph.177(S)	3	4	6,16	8,3:1,1:6,6	9:1:6	0,59	HD+
	12	Serbia-Odesa+1AL/1RS	Λ22016(S)×Peremoha(MS)	3	5	4,22	0,8:15,1	1:15	0,09	ΠУ
	13	Serbia-Odesa+1BL/1RS	Λ22016(S)×Shchedrist'(MR)	3	6	4,96	2,1:2,7:1,5:9,7	3:3:1:9	2,69	ΠУ
	14	Serbia-Odesa+Western Europe	Λ22016(S)×Vidpovid'(MR)	3	6	4,49	6,7:9,3	7:9	2,72	ΠУ
	15	Serbia-Odesa+(Serbia-Odesa+Lr34)	Λ22016(S)×Λ16918(S)	3	3	4,14	0,5:15,5	1:15	1,16	-

Table 2

Transgressive segregation of brown rust resistance in F2 populations

№ of group	Crossbreeding combination	Number of plants studied	Intraspecific variability of F2 plants by the rate of resistance to leaf rust								Ts,%
			Resistant (R)		Medium-resistant (MR)		Medium-susceptible (MS)		Susceptible (S)		
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
1	Λ18716×Ph.177	94	6	6,38	29	30,85	-	-	59	62,77	37,23
	Λ18716×Peremoha	40	6	15,00	4	10,00	7	17,5	23	57,50	25
	Λ18716×Shchedrist'	77	9	11,69	-	-	-	-	68	88,31	11,69
	Λ18716×Vidpovid'	86	12	13,95	21	24,42	5	5,81	48	55,81	13,95
	Λ18716×Λ15914	89	33	37,08	-	-	-	-	56	62,92	37,08
2	Λ15914× Ph.142	77	58	75,32	-	-	-	-	19	24,68	75,32
	Λ15914×Peremoha'	63	9	14,29	-	-	4	6,35	50	79,37	14,28
	Λ15914×Shchedrist'	54	53	98,15	-	-	-	-	1	1,85	98,15
	Λ15914×Vidpovid'	80	43	53,75	-	-	8	10,0	29	36,25	53,75
	Λ15914×Λ16918	47	39	82,98	-	-	-	-	8	17,02	82,98
3	Λ22016× Ph.177	90	47	52,22	-	-	6	6,67	37	41,11	58,89
	Λ22016×Peremoha	74	4	5,41	-	-	-	-	70	94,59	5,4
	Λ22016×Shchedrist'	76	10	13,16	13	17,11	7	9,21	46	60,53	13,16
	Λ22016×Vidpovid'	98	12	12,24	-	-	-	-	86	87,76	12,24
	Λ22016×Λ16918	87	3	3,45	-	-	-	-	84	96,55	3,45

as a maternal component, the frequency of positive transgressions was the highest (from 53.7% when crossed with the variety Vidpovid' od., which has effective leaf rust resistance genes in its genotype, to 98.15% when crossed with the variety Shchedrist' od. with the 1BL/1RS translocation. The exception was the combination of crosses with Peremoha od. variety where the percentage of resistant forms was 14.29 and the frequency of transgression was 14.28. It is likely that the Peremoha od. variety has genes in its genotype that interact with each other to cause the dominance of susceptible forms over resistant ones. Another effective combination was L22016×Ph.177, in which the percentage of resistant forms was 52.22 and the frequency of transgression reached 58.89.

In the populations of second-generation hybrids, segregation for leaf rust resistance was observed. Most often (14.29-98.15 %) resistant forms were recorded in the second group of crossing combinations with the highest percentage of resistant forms in the crossing combination L15914×Shchedrist' od. (98.15 %). The exception was the combination of crosses L15914×Peremoha od. (14.29% of resistant forms) where the dominance of susceptible forms (79.37%) was observed. In the other two groups, susceptible forms of plants were most common (41.11-96.55%), except for one combination of crosses

L22016×Ph.177 where resistant forms were 52.22% and susceptible forms 41.11%.

**Conclusions.** In order to increase the efficiency and accelerate the breeding work on creating genotypes resistant to leaf rust, it is important to know the patterns of inheritance of this trait by crossing parental components with different genetic resistance systems.

As a result of the study of the leaf rust resistance trait inheritance patterns in crossing parental components with different genetic resistance systems in F2 generation, it was found that in the presented crossing combinations, polygenic inheritance of leaf rust resistance was observed, with different types of gene interaction depending on their combination in a particular genetic system.

Thus, in such combinations of crosses as L18716 (S) × Peremoha od. (MS), L18716 (S) × Vidpovid' od. (MR) and L22016 (S) × Shchedrist' od. (MR), a split from resistant to medium-resistant, medium-susceptible and susceptible was observed with a ratio of 3:1:3:9, 3:3:1:9, 3:3:1:9, which corresponds to complementary gene interaction. Some of the combinations - L15914 (MR)×Ph.142 (S), L15914 (MR)×16918 (S) and L15914 (MR)×Peremoha od. (MS) - showed epistatic gene interaction with a segregation from resistant to susceptible, moderately susceptible and susceptible in the ratio of 13:3 and 12:3:1.

In combinations of Wild relatives + 1BL/1RS and Serbia-Odesa + Lr34 systems, a 1:15

segregatio was observed, which corresponds to a non-cumulative polymer.

The degree of phenotypic dominance in F2 populations varied within a quite wide range from negative dominance (Д-) to positive superdominance (HD+). It was found that the most effective for getting resistant genotypes are combinations of genetic systems - (Serbia-Odesa+Lr34)+Phyto, (Aeg. CL)+Phyto, (Aeg. SL)+ (Serbia-Odesa+Lr34) and Serbia-Odesa+Fito in which inheritance was observed according to the scheme of positive superdominance (HD+) and (Serbia-Odesa+Lr34) +1AL/1RS and (Serbia-Odesa+Lr34) + (Aeg. SL) where inheritance was observed according to the scheme of positive dominance (Д+).

The combination of other genes and genetic systems was also quite effective and had an intermediate inheritance of leaf rust resistance.

The analysis of transgressive variability of leaf rust resistance trait in F2 populations showed that the effective donor of leaf rust resistance could be the line L15914, which originates from Ae. Cylindrica, when used as a maternal component, the frequency of positive transgressions was the highest (from 53.7% when crossed with the variety Vidpovid' od., which has effective leaf rust resistance genes in its genotype, to 98.15% when crossed with the variety Shchedrist' od. with 1BL/1RS translocation.

### Список використаної літератури

- Ansari, B.A., Khushik A.M., K.A. Ansari. Heritability and genetic advance of yield traits in the hybrids of spring wheat. *Pak J Agril Engg Vet Sci.* 2002 № 18(1-2). P. 5–9.
- Darwish, M.A.H., W.Z.E Farhat, A. El Sabagh. Inheritance of some agronomic characters and rusts resistance in fifteen F2 wheat populations. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 2018. Vol. 51 № 1. P. 5–28. <https://doi.org/10.2478/cerce-2018-0001>.
- Demydov O.A., Kyrylenko V.V., Humeniuk O.V., Blyzniuk, B.V., Melnyk S.I. Stages of eating the new high-yielding bread winter wheat variety 'MIP Valensia'. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2018, Vol. 14 № 1, P. 5–13. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126483>.
- Frey K. J., Horner, T. Heritability in standard units. *Agronomy Journal.* 1957. Vol. 49 № 2. P. 59–62.
- Karelov A.V., Pirko Ya.V., Kozub N.A. et al. Identification of the allelic state of the Lr34 leaf rust resistance gene in soft winter wheat cultivars developed in Ukraine. *Cytology and Genetics.* 2011. Vol. 45, № 5. P. 271–276. <https://doi.org/10.3103/S0095452711050069>.
- Базалий Г.Г., Усик Л.О., Жупина А.Ю., Лаври-ненко Ю.О. Успадкування стійкості до фітопатогенів гібридами пшениці м'якої озимої в умовах зрошення півдня України. *Аграрні інновації.* 2020. № 2. С. 5–11.
- Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Зернова продуктивність ліній пшениці м'якої озимої отриманих від схрещування батьківських форм різного еколого-географічного походження. *Агробіологія: збірник наукових праць.* 2014. № 1 (109). С. 11–16.
- Кірчук Є. І., Алексеєнко Є. В. Генетичні джерела стійкості пшениці м'якої озимої до бурої іржі та їх цінність в ювенільний період розвитку. *Зернові культури.* 2022. Т. 6. № 2. С. 30–34. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0228>.
- Ковалишина Г. М., Дмитренко Ю. М., Демидов О. А., Муха Т. І., & Мурашко Л. А. Селекція пшениці озимої на стійкість проти хвороб. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Серія: Агронімія. 2017. 269. С. 99–110.
- Моргун В.В., Гаврилюк М.М., Оксьом В.П. та ін. Впровадження у виробництво нових, стійких до стресових факторів, високопродуктивних сортів озимої пшениці, створених на основі використання хромосомної інженерії та маркер-допоміжної селекції. *Наука та інновація.* 2014. Т. 10. № 5. С. 40–48.
- Моргун В.В., Топчій Т.В. Пошук нових джерел стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб. *Фізіологія рослин та генетика.* 2016. Т. 48, № 5. С. 393–400.
- Орлюк А. П., Базалий Г. Г., Біляєва І. М. Особливості успадкування до фітопатогенів гібридами озимої пшениці при зрошенні. *Зрошуване землеробство: міжвід. темат. науковий збірник – Херсон: Айлант.* 2007. С. 134–139.
- Хоменко Л.О., Сандецька Н.В. Джерела комплексної стійкості пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у селекції на адаптивність. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2018. Т. 14 № 3. С. 270–276. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289>.

**References (translated & transliterated)**

- Ansari, B.A., Khushik, A.M., & Ansari, K.A. (2002). Heritability and genetic advance of yield traits in the hybrids of spring wheat. *Pak J Agril Engg Vet Sci.* 18(1-2). P. 5–9 [in English].
- Darwish, M.A.H., Farhat W.Z.E., & Sabagh, A. El. (2018). Inheritance of some agronomic characters and rusts resistance in fifteen F2 wheat populations. *Cercetări Agronomice în Moldova.* Vol. 51 № 1. P. 5-28. <https://doi.org/10.2478/cerce-2018-0001> [in English].
- Demydov, O.A., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., Blyzniuk, B.V., & Melnyk, S.I. (2018). Stages of eating the new high-yielding bread winter wheat variety 'MIP Valensia'. *Plant Varieties Studying and Protection.* Vol. 14 № 1, P. 5–13. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126483> [in English].
- Frey K. J., & Horner, T. (1957). Heritability in standard units. *Agronomy Journal.* Vol. 49 № 2. P. 59-62 [in English].
- Karelov A.V., Pirko Ya.V., & Kozub N.A. et al. (2011). Identification of the allelic state of the Lr34 leaf rust resistance gene in soft winter wheat cultivars developed in Ukraine. *Cytology and Genetics.* Vol. 45, № 5. P. 271–276. <https://doi.org/10.3103/S0095452711050069> [in English].
- Bazalii, H.H., Usyk, L.O., Zhupyna, A.Iu., & Lavrynenko, Yu.O. (2020). Uspadkuvannia stiikosti do fitopatoheniiv hibrydamy pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh zroshennia pivdnia ukraïny [Inheritance of resistance to phytopathogens in winter bread wheat hybrids under irrigated conditions in southern Ukraine]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations].* 2. 5–11 [in Ukrainian].
- Burdeniuk-Tarasevych L.A., Lozinskyi M.V. (2014) Zernova produktyvnist linii pshenytsi miakoi ozymoi otrymanykh vid skhreshchuvannia batkivskykh form riznoho ekoloĥo-heohrafichnoho pokhodzhennia [Grain productivity of bread winter wheat lines obtained by crossing parental forms of different ecological and geographical origin]. *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats – 2014 [Agribiology: a collection of scientific papers – 2014].* 1 (109). 11–16 [in Ukrainian].
- Kirchuk Ye.I., & Aliexsieienko, Ye.V. (2022). Henetychni dzherela stiikosti pshenytsi miakoi ozymoi do buroi irzhi ta yikhtsinnist v yuvenilnyi period rozvytku [Genetic sources of resistance bread winter wheat to leaf (brown) rust and their value in juvenile stage of growing]. *Zernovi kultury [Cereal crops].* 6(2). 30–34. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0228> [in Ukrainian].
- Kovalyshyna, H.M., Dmytrenko, Yu.M., Demydov, O.A., Mukha, T.I., & Murashko, L.A. (2017). Seleksiia pshenytsi ozymoi na stiikist proty khvorob [Breeding of winter wheat for disease resistance]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: Ahronomiia – 2017 [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Agronomy – 2017].* 269. 99–110 [in Ukrainian].
- Morhun, V.V., Havryliuk, M.M., & Oksom, V.P., et al. (2014). Vprovadzhennia u vyrobnytstvo novykh, stiikykh do stresovykh faktoriv, vysokoproduktyvnykh sortiv ozymoi pshenytsi, stvorenykh na osnovi vykorystannia khromosomnoi inzhenerii ta marker-dopomizhnoi seleksii [Introduction of new, stress-resistant, high-yielding winter wheat varieties based on chromosomal engineering and marker-assisted selection]. *Nauka ta innovatsiia [Science and innovation].* T. 10. № 5. 40–48 [in Ukrainian].
- Morhun, V.V., & Topchyi, T.V. (2016). Poshuk novykh dzherel stiikosti pshenytsi ozymoi do osnovnykh zbudnykiv hrybnykh khvorob [Search for new sources of winter wheat resistance to major fungal pathogens]. *Fyzyolohiia rastenyi y henetyka [Plant physiology and genetics].* T. 48, № 5. 393–400 [in Ukrainian].
- Orliuk, A.P., Bazalyi, H.H., & Biliaieva, I.M. (2007). Osoblyvosti uspadkuvannia do fitopatoheniiv hibrydamy ozymoi pshenytsi pry zrosheni [Peculiarities of inheritance to phytopathogens by winter wheat hybrids under irrigation]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvid. temat. naukovyi zbirnyk.* Kherson: Ailant. 134–139 [in Ukrainian].
- Khomenko, L.O., & Sandetska, N.V. (2018). Dzherela kompleksnoi stiikosti pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) u seleksii na adaptivnist [Sources of complex resistance in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in breeding for adaptability]. *Plant Varieties Studying and Protection.* T. 14 № 3. 270–276. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289> [in Ukrainian].

Отримано: 25.01.2024  
Прийнято: 15.02.2024





UDC 577.4:631.44:572.1/.4  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.13>

## SOME AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOILS OF THE VOLYN' POLISSYA ECOSYSTEMS

A. V. Lysytsya<sup>1</sup>, H. D. Krupko<sup>2</sup>

*The results of the study and analysis of the chemical composition of the soils of the Volyn' Polissya of Ukraine are presented in this work. This region includes the northern regions of Rivne and Volyn' regions. We characterized the geographical and ecological features of Western Polissya. Changes in the chemical composition of the soil were analyzed under the influence of climatic changes and changes in the structure of crops. The analysis was made over the last three decades. Changes in humus content in soils were also analyzed. The dynamics of the content of the main chemical elements in the soil is determined. These are nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, manganese, copper, cobalt, boron. Prospects are defined for the further development of the field of crop production. The possible consequences are analyzed in relation to disturbances in the exchange of such an important biogenic element as nitrogen for ecosystems, in particular aquatic ones. These are, in particular, eutrophication, changes in species biodiversity, toxicity to aquatic organisms, impact on food chains in aquatic ecosystems, acidification of water bodies. The obtained results are important both for the planning and further development of agricultural production, and for the preservation of natural ecosystems.*

**Key words:** Volyn' Polissya, soil, agroecological assessment, chemical elements, nitrogen, environmental monitoring, agricultural production, hydroecosystems.

## ДЕЯКІ АГРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТІВ ЕКОСИСТЕМ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

А. В. Лисиця, Г. Д. Крупко

*У роботі наведено результати вивчення та аналізу хімічного складу ґрунтів Волинського Полісся України. До складу цього регіону входять північні райони Рівненської та Волинської областей. Цей унікальний регіон має певні особливості які вимагають свого висвітлення і більш детального дослідження. Дано характеристику географічним та екологічним особливостям Волинського*

<sup>1</sup> Professor of the Department of Ecology, Geography and Chemistry  
(Rivne State University of Humanities, Faculty of Natural Sciences and Psychology, Rivne)  
e-mail: andriy.lysytsya@rshu.edu.ua  
ORCID: 0000-0001-9028-8412

<sup>2</sup> candidate of agricultural sciences, acting director  
(Rivne branch of the state institution "Institute of Soil Protection of Ukraine", Rivnenska oblast)  
e-mail: krupko\_gd@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-1506-1258

Полісся. Проаналізовано зміни хімічного складу ґрунту під впливом кліматичних факторів та особливостей структури посівів. Аналіз проводився за останні три десятиліття. Досліджено також зміни вмісту гумусу в ґрунтах сільгоспугідь. Визначено динаміку вмісту основних хімічних елементів у ґрунті. Це Нітроген, Фосфор, Калій, Цинк, Манган, Купрум, Кобальт, Бор. Визначено перспективи подальшого розвитку галузі рослинництва. Проаналізовані можливі наслідки порушень обміну для екосистем, зокрема водних, такого важливого біогенного елементу як Нітроген. Це зокрема евтрофікація, зміни видового біорізноманіття, токсичність для водних організмів, вплив на харчові ланцюги у водних екосистемах, підкислення водою. Отримані результати мають значення як для планування та подальшого розвитку агровиробництва, так і для збереження природних екосистем.

**Ключові слова:** Волинське Полісся, ґрунт, агроекологічна оцінка, хімічні елементи, Нітроген, екологічний моніторинг, сільськогосподарське виробництво, гідроекосистеми.

## Introduction

Volyn' Polissya of Ukraine is a complex of biocenoses, unique both for Europe and for the whole world. We include the northern districts of Rivne and Volyn' regions in Western Polissya, or another name is Volyn' Polissya. This unique region has its own characteristics that require their coverage and more detailed research. A noticeable expansion over the past 50 years of the scale of agricultural production on the territory of Volyn' Polissya has largely influenced its natural complexes and flora, as their integral component. Growing of cultivated plants on large areas that were previously occupied by natural phytocenoses, and the use of grasslands for grazing animals or haymaking cause significant negative changes in the species composition of the spontaneous flora of the region (Oitsius et al., 2020). Monitoring of the agro-ecological condition of the soils of the Volyn' Polissya (Krupko et al., 2023) and the impact of agricultural production on hydro-ecosystems also remain important issues.

The purpose of our research is to analyze the impact of agricultural production and climatic changes on the agrochemical properties of the soils of the region and to determine the prospects for the further development of the field of crop production, and also determine the possible consequences of nitrogen exchange violations on aquatic ecosystems.

## Analysis of Recent Research and Discussion

The region is characterized by a flat relief, a temperate climate, a zone of mixed forests, and a large number of wetlands. The tectonic and geo-logical structure determines a significant variety of agrosol conditions. On the territory of Polissya, acidic soils with low humus content prevail: turf-gleied, turf-hidden-podzolized sandy (brown sands), low-lying and peat-boggy peatlands, in the lowlands

of rivers there are meadow and meadow-chernozem soils (Korotun & Korotun, 1996; Dolzhenchuk & Krupko, 2015). Over the past 30 years, the average annual air temperature has increased by 1.0-1.5 °C. The sums of active temperatures increase, the amount of precipitation decreases, and the conditions for atmospheric humidification deteriorate. At the same time, there is an increase in conditions and phenomena dangerous for agriculture: the frequency of occurrence of atmospheric drought, the number of days with dry wind, the number of days with frost, the duration of the frost-free period and the frequency of years with freezing of winter crops. Proceeding from economic feasibility and climatic possibilities for the period after 1991 there have been changes in the structure of cultivated areas. The range of cultivated crops has expanded, namely, significant areas of industrial crops – corn, rapeseed, sunflower and soybeans have appeared. The production of grain and leguminous crops has decreased by 2 times; sugar beet by 140 times, the cultivation of flax has completely stopped. Potato production has increased by 80% and vegetable production by 130%. The main trends of the last three decades: an increase in the sown area of industrial crops, which, in turn, displace traditional crops, attempts to intensify farming, a decrease in the number of mineral fertilizers applied by 2.0 times, organic fertilizers by 15.0 times, a decrease in the number of cattle by 6.0 times, pigs by 2.2 times, sheep and goats by 9.3 times. All this increases the imbalance of the agroecosystems of the region, as a result of which their self-reproduction and self-regulation is disrupted (Sobko & Voznyuk, 2018).

Sufficient humidification and the increase in the supply of heat contributed to the production of technical crops in the territory of the Rivne region commensurate with the

indicators of the southern regions of Ukraine (Odesa, Mykolaiv, Kherson and Zaporizhzhya). These cultures are typical for these regions. The yield of rapeseed in the Rivne region is on average 28% higher than in the south of Ukraine. Sunflower yield is 50% higher. The yield of soybeans is similar to the indicators of the south of Ukraine (Sobko & Voznyuk, 2018).

In recent years, with scientific and technical development, significant transformations have been observed in the structure and technological processes of various branches of production, including agriculture. Of course, such changes affect the natural properties of soils, changing their condition and functions.

A significant part of the soil cover of the Volyn' Polissya consists of sod-podzolic soils of various granulometric composition, degrees of gley and podzolicity, which were formed mainly on non-carbonate sandy and sandy loam deposits of light granulometric composition, in conditions of increased moisture, under mixed forests with a dense grassy cover.

Turf-podzolic gley soils have a sandy and light loam granulometric composition. They are characterized by low moisture content and water permeability, very low hygroscopicity, they have low indicators of the number of absorbed bases and buffering, low supply of humus and nutrients. Therefore, these soils require anthropogenic regulation in the process of agricultural use. In the Polissya zone, annual losses of humus amount to 0.7-0.8 tons/ha. The reason for this is also the insufficient compensation of humus losses with organic fertilizers and plant residues of sideral crops. Therefore, agrotechnical measures for the cultivation of sod-podzolic soils should be aimed at maintaining the optimal level of the quantitative and qualitative composition of humus (Skrypchuk et al., 2020).

The output of humus from one ton of organic fertilizers is 42 kg in the Polissya zone.

The study area is located in the North Atlantic-Continental climatic region. The climate is moderately continental: mild winters with frequent thaws, warm summers, average annual precipitation is 650-700 mm.

The soil cover of the Volyn' Polissya is heterogeneous, it is characterized by a large variety of soil-forming rocks. They contributed to the formation of a significant number of agricultural soil groups. Samples of various agricultural production groups were selected to determine the physical, physicochemical, agrochemical and ecological condition of sod-

podzolic soils of the Volyn' Polissya zone (Lyko et al., 2018). These are samples: 5b of sod-podzolic and sod unglazed and silty clay-sandy soils on sandy deposits, used under hayfields and pastures in the Berezne district (Yarynivka village) and Goshchan district (Zhalyanka village) districts; 27b of sod-podzolic gley drained clay-sand – under arable land in Dubrovytskyi district (Lyudin village); 14b of sod-podzolic and podzolic-sod clay loamy-sandy – under hayfields in the Rokytynivskiy (Rokytne village) district. The main criteria for soil sampling locations were the differences in agricultural production groups based on different methods of use.

The greatest thickness of the humus layer is observed on the sod-podzolic soil of agro-production group 14b under the hayloft and is 30 cm. The thickness of the humus layer is slightly lower for 5b under the pasture and hayloft – 22 cm; the lowest thickness is for agricultural production group 27b under arable land – 15 cm (Lyko et al., 2018; Krupko, 2020).

Therefore, for the creation of special raw material territories, according to the capacity of the humus layer, the sod-podzolic soil 14b under hayfield is suitable, limitedly suitable (22-15 cm) – 27b under arable land, 5b under pasture and hayfield.

Turf-podzolic soils in the studied areas are characterized by a low and medium degree of calcium supply: 27b low degree of supply (3.3 mg-eq/100g), 14b (5.3 mg-eq/100g) and 5b (8.0-10.5 mg-eq/100g) – average; a very low level of magnesium supply (<0.6 mg-eq/100g); low content of mobile sulfur (3.1-6.0 mg/kg), with the exception of the arable layer (0-30 cm) of arable land, where it is 7.8 mg/kg, this indicates an average degree of security (6.1-12.0 mg/kg). The indicated indicators decrease with depth.

Sod-podzolic soils of various agricultural production groups in the studied areas are characterized by an average (14b – 2.3 %) and low (27b, 5b – 1.7-1.9 %) degree of humus provision, which decreases with depth. According to this indicator, 14b is suitable for creating special raw material zones, all others are limited.

Agricultural production groups have a very low content of nitrogen, which is easily hydrolyzed (<101 mg/kg). With the depth of the soil profile, similarly to the previously considered indicators, a decrease in its content is observed.

According to the indicator of the content of mobile phosphorus compounds, 14b are

characterized by a very high degree of supply (311 mg/kg), 5b under pasture is high (101-150 mg/kg), and the others are average (51-100 mg/kg of soil). 14b and 5b under pasture are suitable for creating special raw material zones, the others are of limited use.

Plots 14b and 5b under haymaking are characterized by a very low degree of availability of mobile potassium compounds (<41 mg/kg of soil). Areas under pasture have a low potassium content of 27b (48 mg/kg) and 5b (60 mg/kg). According to this indicator, the land is not suitable for the creation of special raw material zones.

Plots 14b and 5b have a very low degree of security in terms of the content of mobile zinc compounds (<1.1 mg/kg), 27b – low (1.3 mg/kg). According to the zinc content, the land is not suitable for the creation of special raw material zones.

Plot 5b under the pasture is characterized by the content of mobile manganese compounds with a high degree of supply (group V, 15.98 mg/kg), other sites have a higher degree (group IV, 10.1-15.0 mg/kg). According to this indicator, the lands are limitedly suitable for the creation of special raw material zones (20-10 mg/kg).

All agro-production groups of sod-podzolic soils are included in the II group with a low degree of security in terms of the content of mobile copper compounds (0.11-0.15 mg/kg). According to this indicator, the lands are not suitable for the creation of special raw material zones.

According to the indicator of the content of mobile cobalt compounds, agricultural production groups 14b and 5b are included in the VI group, which is characterized by a very high degree of availability (0.30-0.49 mg/kg), 27b – in the V group with a high degree of availability (0.21-0.30 mg/kg). According to this indicator, arable land is limitedly suitable (0.30-0.15 mg/kg) for creating special raw material zones, other types of land are suitable (>0.30 mg/kg).

Agricultural production groups 27b and 14b belong to the V group with a high degree of security in terms of the content of mobile boron compounds (0.51-0.70 mg/kg), 5b belongs to the IV group with an increased boron content. According to this indicator, the studied lands are suitable for the creation of special raw material zones (0.70-0.33 mg/kg), with the exception of 5b under the pasture, this area is limitedly suitable (Lyko et al., 2018; Krupko, 2020; Lysytsya, 2023).

The dynamics of the humus balance in different regions indicates the strengthening of the dehumification processes. The negative balance of humus in the agriculture of the Polissya zone is observed during all periods of research. Starting from 1981-1985, the negative balance of humus continued to grow. Its deficit increases by 2.5 times and amounts to -0.73 tons/ha (2006-2010). At the same time, it should be noted that the most significant difference in the negative balance of humus is observed in the Rokytniv and Volodymyretska districts of the Rivne region. According to the data of 2006-2010, it decreased in Rokytniv district by 0.40 tons/ha, and decreased in Volodymyretska district by 1.05 tons/ha. In the period 2011-2015, the humus balance deficit decreased in the Polissya zone to -0.29 tons/ha (Dolzhynchuk & Krupko, 2015).

Separately, we should dwell on the issue of nitrogen balance in the soil. How can excess nitrogen affect ecosystems, particularly hydroecosystems? It is known that nitrogen fertilizers can be washed off fields located in catchment areas and enter lakes and other aquatic ecosystems. Increased inputs of reactive nitrogen (N) by fertiliser production cause adverse effects on terrestrial and aquatic ecosystems as well as human health, through impacts on air, soil and water quality. The best quantified adverse impacts include: the loss of plant diversity in terrestrial ecosystems and excess algal growth in aquatic ecosystems, leading to oxygen-deficient 'dead zones', by N-induced eutrophication and acidification and human health impacts due to increased concentrations of nitrogen dioxide, NO<sub>x</sub>-induced ozone and N-induced particulate matter (Wim de Vries, 2021).

Changes in nitrogen concentration in water can significantly impact aquatic ecosystems (Rabalais, 2002; Trommer et al., 2019; Trommer et al., 2020). Nitrogen is an essential nutrient for plant growth, but excessive amounts can lead to various ecological issues. This is, for example, eutrophication, which is an important environmental problem for various regions of the world (Conci et al., 2022). Elevated nitrogen levels, often from agricultural runoff or sewage, can cause eutrophication. This excess nitrogen acts as a fertilizer, promoting the rapid growth of algae and aquatic plants. When these organisms die, they are decomposed by bacteria, consuming oxygen in the process. Consequently, oxygen levels in the water decrease, leading to hypoxic (low-oxygen) or anoxic (no oxygen) conditions,

harming fish and other organisms that require oxygen to survive.

Changes in nitrogen levels can favor the growth of certain species over others. Some species may thrive in nutrient-rich environments, while others may struggle or die off. This imbalance can disrupt the natural balance of the ecosystem, potentially reducing overall biodiversity. It is clear that the form in which nitrogen is contained is also important (Britto & Kronzucker, 2013).

High levels of nitrogen can also be toxic to aquatic organisms (Collos & Harrison, 2014; Glibert et al., 2016). For instance, elevated levels of ammonium, a form of nitrogen, can directly harm fish and other aquatic animals, affecting their reproduction, growth, and overall health.

Altered nitrogen levels can impact the food chain in aquatic ecosystems. Excessive nitrogen can lead to algal blooms, which, when they die and decompose, can disrupt the food web. This can lead to a decrease in certain species, affecting predators that rely on them for food. Elevated nitrogen concentrations can contribute to acidification in water bodies.

Acidification can affect the physiology of aquatic organisms, particularly those with shells or skeletons made of calcium carbonate, such as certain shellfish.

### Conclusions

The soil cover of the Volyn' Polissya is heterogeneous, it is characterized by a large variety of soil-forming rocks. Calculations of average losses and inputs of organic and nutrient substances during the cultivation of agricultural crops in the territory of the Rivne region for the period 2000-2020 prove that agroecosystems are losing their dynamic balance.

One of the features of this region is also the large number of water ecosystems (rivers, lakes, marshes, reclamation canals). A large number of biogenic chemical elements get here from agrocenoses. For example, change of nitrogen concentration can have cascading effects on aquatic ecosystems, impacting the water quality, biodiversity, and overall health of these environments. Managing nitrogen inputs into water systems is crucial to maintaining a balanced and healthy aquatic ecosystem.

### References (translated & transliterated)

- Britto, D.T., & Kronzucker, H.J. (2013). Ecological significance and complexity of N-source preference in plants. *Annals of botany*. 112. 957–963. <https://doi.org/10.1093/aob/mct157> [in English].
- Collos, Y., & Harrison, P.J. (2014). Acclimation and toxicity of high ammonium concentrations to unicellular algae. *Marine pollution bulletin*. 80(1). 8–23. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.006> [in English].
- Conci, E., Becker, A.R., Arena, A.P., & Civit, B.M. (2022). A literature review of eutrophication in Life Cycle Assessment. Relevance for pampean agroecosystems in Argentina. *South Florida Journal of Development*. 3(1). 618–643. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-046> [in English].
- Dolzhenchuk, V.I., & Krupko, G.D. (2015). Monitorynh protsesiv dehradatsiyi ta opustelyuvannya zemel' Rivnens'koyi oblasti [Monitoring the processes of land degradation and desertification of the Rivne region]. *Ahroekolohichniy zhurnal [Agroecological journal]*, 10(1). 67–73 [in Ukrainian].
- Glibert, P.M., Wilkerson, F.P., Dugdale, R.C., Raven, J.A., Dupont, C.L., Leavitt, P.R., Parker, A.E., Burkholder, J.M., & Kana, T.M. (2016). Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition, with emphasis on nitrogen-enriched conditions. *Limnology and Oceanography*. 61(1). 165–197. <https://doi.org/10.1002/lno.10203> [in English].
- Korotun, I. M., Korotun, L. K. (1996). Heohrafiya Rivnens'koyi oblasti [Geography of the Rivne region]. Institute of Advanced Training of Pedagogical Staff, Rivne [in Ukrainian].
- Krupko, H.D. (2020). Balans pozhyvnykh elementiv u zemlerobstvi Rivnens'koyi oblasti ta zakhody shchodo okhorony rodyuchosti gruntiv. Stratehiya staloho rozvytku Ukrainy: s'ohodennya ta perspektyvy [Nutrient balance in agriculture of the Rivne region and measures to protect soil fertility. Sustainable development strategy of Ukraine: present and prospects]. *Materialy Vseukrayins'koyi internet konferentsiyi, prysvyachenoyi 75-richchyu Klymenka M. O. [Materials of the All-Ukrainian Internet conference dedicated to the 75th anniversary of M. O. Klymenko]*. Rivne: NUWEE, 90–93 [in Ukrainian].
- Krupko, H.D., Lysytsya, A.V., Tolochyk, I.L., & Portukhay, O.I. (2023). Monitorynh ahroekolohichnoho stanu gruntiv okremykh terytorial'nykh hromad Volyns'koho Polissya [Monitoring of the agro-ecological condition of the soils of individual territorial communities of the

Volyn' Polissya] *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 4. 104–114. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.12> [in Ukrainian].

Lyko, D.V., Lyko, S.M., Portukhay, O.I., Savchuk, R.I., & Krupko, H.D. (2018). Ahrokhimichnyy stan dernovo-pidzolystrykh gruntiv Zakhidnoho Polissya v umovakh antropohenezu [The agrochemical state of sod-podzolic soils of Western Polissya in the conditions of anthropogenesis]. *Agrology*. 1(3). 247–253. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.13003> [in Ukrainian].

Lysytsya, A. (2023). Some features of the agrochemical composition of the soils of the Western Polissya of Ukraine. *Scientific World Journal (Bulgaria)*. 18(2). 61–65. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-068> [in English].

Oitsius, L.V., Volovyk, H.P., Doletskiy, S.P., & Lysytsya, A.V. (2020). Distribution of adventives *Solidago canadensis*, *Phalacrolooma annuum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Heracleum sosnowskyi* species in phytocenoses of Volyn' Polissya of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 28(4). 343–349. <https://doi.org/10.15421/012043> [in English].

Rabalais, N.N. (2002). Nitrogen in Aquatic Ecosystems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 31(2). 102–112. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.102> [in English].

Skrypchuk, P., Zhukovskyy, V., Shpak, H., Zhukovska, N., & Krupko, H. (2020). Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 21(6). 42–52. [Electronic resource]. URL: <http://www.jeeng.net/Autor-Halyna-Krupko/144420> (access date 14.04.2023) [in English].

Sobko, Z.Z., & Voznyuk, N.M. (2018). Monitorynh vyrobnytstva sil's'kohospodars'kykh kul'tur na terytoriyi Rivnens'koyi oblasti [Monitoring of production of agricultural crops in the territory of the Rivne region]. *Tavriiskyyi naukovyi visnyk [Taurian scientific bulletin]*, 100(2), 68–75 [in Ukrainian].

Trommer, G., Lorenz, P., Lentz, A., Fink, P., & Stibor, H. (2019). Nitrogen enrichment leads to changing fatty acid composition of phytoplankton and negatively affects zooplankton in a natural lake community. *Scientific Reports*. 9, 16805. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53250-x> [in English].

Trommer, G., Poxleitner, M., & Stibor, H. (2020). Responses of lake phytoplankton communities to changing inorganic nitrogen supply forms. *Aquatic Sciences*. 82, 22. <https://doi.org/10.1007/s00027-020-0696-2> [in English].

Wim de Vries (2021). Impacts of nitrogen emissions on ecosystems and human health: A mini review. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 21. 100249. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100249> [in English].

Отримано: 29.01.2024

Прийнято: 12.02.2024



## АГРОНОМІЯ

УДК 631.85:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.14>

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКОЛОГО-БЕЗПЕЧНИХ ПРЕПАРАТІВ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ *HELIANTHUS ANNUUS* L. ЗА РІЗНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ЦЕНОЗУ

Є. О. Домарацький<sup>1</sup>, В. І. Пічура<sup>2</sup>, О. П. Козлова<sup>3</sup>, М. О. Бойко<sup>4</sup>, А. В. Панфілова<sup>5</sup>

*Мета статті полягає у встановленні ефективності позакореневих обробіток рослин еколого-безпечними препаратами комбінованої дії на продуктивність нових гібридів соняшнику за умов природного зволоження зони Степу України. Проведення польових дослідів виконували впродовж 2021-2022 років на чорноземах південних (з вмістом гумусу 2,9%) дослідного поля Миколаївської ДСДС ІКОСГ НААН. Глибина гумусового шару 0-30 см, перехідного – 30-60 см. Кліматичні умови місця постановки польового дослідів – континентальні. Вони характеризуються істотними і частими коливаннями температур повітря впродовж нетривалих часових періодів, жорстким гідро-термічним коефіцієнтом зони проведення спостережень. За час весняно-літ-*

<sup>1</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
заступник директора з науково-інноваційної діяльності  
(Селекційно-генетичний інститут НЦНС НААН України, м. Одеса)  
e-mail: [jdomar1981@gmail.com](mailto:jdomar1981@gmail.com)  
ORCID: 0000-0003-3912-1611

<sup>2</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю. В. Пилипенка  
(Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)  
e-mail: [jdomar1981@gmail.com](mailto:jdomar1981@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-0358-1889

<sup>3</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри рослинництва та агроінженерії  
(Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)  
e-mail: [kozlova.olga.zikova@gmail.com](mailto:kozlova.olga.zikova@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-9062-598

<sup>4</sup> кандидат сільськогосподарських наук,  
старший викладач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю. В. Пилипенка  
(Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)  
e-mail: [jdomar1981@gmail.com](mailto:jdomar1981@gmail.com)  
ORCID: 0009-0001-2291-3164

<sup>5</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства  
(Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв)  
e-mail: [panfilovaantonina@ukr.net](mailto:panfilovaantonina@ukr.net)  
ORCID: 0000-0003-0006-4090

ньої вегетації озимих випадає близько 170 мм, при середньорічній кількості опадів до 380 мм. Дослідження відбувалася шляхом закладення трьохфакторного польового досліду, в якому фактор А – гібриди соняшника (Ярило, Вирій, Яскравий, Блиск та Епікур), оригінатором є Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН; фактор В – різні передзбиральні густоти агроценозу (30, 40 та 50 тис. росл./га); фактор С – позакореневі обробки рослин соняшника біологічними препаратами Хелафіт Комбі, Органік Баланс та Біокомплекс БТУ на початку фази бутонізації, внесення яких відповідно схеми досліджень проводили ранцевим оприскувачем. Повторність досліду – три рази, посівна площа ділянки першого порядку 168 м<sup>2</sup>, облікова – 120 м<sup>2</sup>. Попередником в досліді виступала пшениця озима. Добрива внеслись під основний обробіток в дозі N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Сівбу проводять в останню декаду квітня, міжряддя складало 70 см. Формування густоти стояння рослин проводили вручну до заданої густоти в кожному ряду.

Облік врожайності, оцінку структури урожаю був проведений шляхом ручного обмолоту відібраних рослин з облікової площі польового досліду. Вологість насіння фактично одержаного урожаю перераховували на базисну (8%) з врахуванням наявності домішок.

З результатів спостережень встановлено, що зрідження, чи навпаки, загущення посіву не мало істотного впливу на протікання основних міжфазних періодів розвитку культури впродовж усієї вегетації рослин соняшника. Оброблення рослин соняшника біологічними препаратами посприяв пролонгації періоду вегетації усіх досліджуваних гібридів у міжфазний період цвітіння – повна стиглість. Таке подовження тривалості генеративного періоду в 2021 році було більш дієвим, що пояснюється більш сприятливими погодними умовами у вегетаційний період. Рослини соняшника, оброблені препаратами Хелафіт Комбі і Органік Баланс мали пролонгований період дозрівання насіння порівняно з контрольним варіантом на 8-10 діб в 2021 році та на 2-7 діб в 2022 році у середньому за гібридами. Дослідженнями встановлено, що гібридний склад рослин соняшника не мав істотного впливу на стійкість до збудників основних хвороб, проте гібриди Ярило та Епікур були більш стійкими до уражень рослин фомозом. Позакореневі обробки рослин біологічними препаратами знижували рівень ураження досліджуваних гібридів впродовж років спостережень. Препарати Хелафіт Комбі та Органік Баланс мали найбільшу фунгіцидну ефективність, за їх внесення відбувалося зниження майже удвічі рівня ураження рослин патогенною мікрофлорою. Аналізом результатів попередніх досліджень за 2021 рік встановлено, що зменшення передзбиральної густоти рослин соняшнику з 50 тис. шт/га до 30 тис. шт/га за умов достатнього зволоження є недоречним, це стосується усіх досліджуваних гібридів.

Різниця у врожайності соняшника різних гібридів за густот 40 та 50 тис. шт/га є малозначною. Щодо гостро посушливого 2022 року, то результатами досліджень встановлено, що усі гібриди формували найвищу врожайність за густоти 40 тис. шт/га. Загущені посіви до 50 тис. шт/га поступалися за врожайністю варіантам з густиною стояння 40 тис./га і знаходилися майже на одному рівні з варіантами 30 тис. шт/га. Досліджено, що найвища продуктивність в досліджувані роки загалом по досліді формували гібриди Вирій та Блиск. Біологічні препарати також позитивно впливали на продуктивність агроценозів, що досліджувалися.

Позакореневі обробки рослин соняшника еколого-безпечними препаратами комбінованої дії сприяли пролонгації протікання міжфазних періодів у другу половину вегетації усіх вивчаємих гібридів. Обробки рослин еколого-безпечними препаратами сприяли зниженню рівня уражень усіх гібридів патогенною мікрофлорою, найбільшу фунгіцидну ефективність мали препарати Хелафіт Комбі та Органік Баланс. Досліджувані гібриди формували найвищий рівень продуктивності за густоти 40 тис. шт/га. Збільшення густоти посіву до 50 тис. шт/га призводило до зменшення врожайності порівняно з передзбиральною густиною рослин 40 тис./га і знаходилися майже на одному рівні з варіантами 30 тис. шт/га. Гібриди Ярило, Епікур та Яскравий значно поступалися за продуктивністю, проте, їх позакореневі обробки також мали споріднену тенденцію до підвищення їх продуктивності.

**Ключові слова:** соняшник, еколого-безпечні препарати, врожайність, Хелафіт Комбі, Органік Баланс.

## THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTALLY SAFE PREPARATIONS OF COMBINED ACTION ON THE PRODUCTIVITY OF *HELIANTHUS ANNUUS* L. AT DIFFERENT DENSITIES OF THE CENOSIS

Ye. O. Domaratskiy, V. I. Pichura, O. P. Kozlova, M. O. Boiko, A. V. Panfilova

The purpose of the article is to establish the effectiveness of foliar treatment of plants with environmentally safe drugs of combined action on the productivity of new sunflower hybrids under non-irrigated conditions of the Steppe zone of Ukraine. Materials and methods. The field experiments were carried out during 2021-2022 at the experimental field of the Mykolayiv DSOS IKOSG of the National Academy of Sciences in non-irrigated conditions on southern chernozem. The content of humus in the arable layer of the soil is 2.90%, the depth of the humus layer is 0-30 cm, the depth of the transitional layer is 30-60 cm.



Climatic conditions of the place of research are continental, characterized by sharp and frequent fluctuations in annual and monthly air temperatures, the harsh GTK of the observation area. The average annual precipitation is 360-380 mm, during the period of spring-summer vegetation of winter crops - 170 mm. The study was carried out by establishing a three-factor field experiment, where factor A is the sunflower hybrids selected by the Institute of Plant Breeding. V.Ya. Yuryeva National Academy of Sciences – Yarylo, Vyriy, Bright, Blysk and Epicurus; factor B – different plant densities (30, 40 and 50 thousand/ha) and factor C – treatment of vegetative plants in the budding phase with biological preparations (Helafit Combi, Organic Balance and Biocomplex BTU). Processing of sunflower plants according to the research scheme was carried out using a knapsack sprayer.

The repetition of the experiment is three times, the sown area of the plot of the first order is 168 m<sup>2</sup>, the accounting area is 120 m<sup>2</sup>. The field experiment is located along the predecessor of winter wheat. Fertilizers were applied under the main tillage in a dose of N30P30K30. Sowing is carried out with a row spacing of 70 cm in the last decade of April. Formation of plant stand density was carried out manually to a given density in each row. Accounting for yield and assessment of crop structure was carried out by manual threshing of plants selected from the accounting area of experimental plots and conversion to 8% seed moisture. The actual yield was calculated based on the basic moisture content (8%) and taking into account the presence of impurities. The results. From the results of observations, it was established that thinning, or vice versa, thickening of sowing did not have a significant effect on the flow of the main interphase periods of culture development throughout the entire growing season of sunflower plants.

the treatment of sunflower plants with biological preparations contributed to the extension of the vegetation period of all studied hybrids in the interphase period of flowering - full maturity. This prolongation of the generative period in 2021 was more effective, which is explained by favorable weather conditions during the growing season. In the areas where foliar treatment of plants with Helafit Combi and Organic Balance was carried out, the prolongation of the seed ripening period by 8-10 days in 2021 and by 2-7 days in 2022 was recorded on average for hybrids. Research has established that the hybrids were close in terms of resistance to pathogens of the main diseases, but the Yarylo and Epicurus hybrids had a slightly lower percentage of plants affected by fomosis compared to the Blysk, Bright and Vyrii hybrids.

Biological preparations also had a positive effect on the productivity of the studied agrocenoses.

Conclusions. Foliar treatment of sunflower plants with ecologically safe drugs of combined action contributed to the prolongation of interphase periods in the second half of the growing season of all studied hybrids. Treatment of plants with environmentally safe drugs contributed to the reduction of the level of lesions of all hybrids by pathogenic microflora, the most fungicidal effectiveness was achieved by Helafit Combi and Organic Balance.

All hybrids formed the highest yield at a density of 40,000 pieces/ha. Thickened crops up to 50,000 units/ha were inferior in terms of yield to options with a stand density of 40,000 units/ha and were almost at the same level as options with 30,000 units/ha. Hybrids Yarylo, Epicurus and Bright were significantly inferior in productivity, however, their foliar treatment also had a related tendency to increase their productivity.

**Key words:** sunflower, ecologically safe preparations, productivity, Helafit Combi, Organic Balance.

## Вступ

В південній частині України переважають роки з істотним дефіцитом природного зволоження в період літньої вегетації сільськогосподарських культур. Особливо негативно впливає посуха на продуктивність польових культур саме в період формування насіння. Дефіцитом вологи в період оптимальних строків посіву характеризується кожен другий рік (46%), це явище перешкоджає отриманню дружніх сходів за короткий проміжок часу. За даними вітчизняних науковців поєднання весняної та літньої посухи в південній частині України фіксується впродовж семи із сорока чотирьох років спостережень, це зводить нанівець усі спроби рослинників з отримання якісного врожаю (Литвиненко, 2016; Пічура та ін., 2023).

Майбутня продовольча безпека України знаходиться в безпосередній залежності від

ефективності та своєчасності пристосувань до модифікованих умов сільськогосподарського виробництва, які формуються під впливом глобального потепління. Тому особливо гостро постає проблема встановлення істотності впливу кліматичних змін та їх характеру на агрокліматичні умови вирощування і продуктивність сільськогосподарських культур (Домарацький, 2022). Встановлено, що агрокліматичні умови впродовж вегетації соняшнику за незмінного сценарію кліматичних трансформацій призведуть до того, що строки сівби будуть наступати раніше, а періоди проходження фаз розвитку польових культур скоротяться у часі порівняно з сьогоднішніми. В результаті чого відбудуватиметься скорочення усього періоду вегетації польових культур на більшій частині зони Степу (Домарацький та ін., 2020). Порівняльний аналіз темпера-

турних умов та характеру природного зволоження дає змогу вважати, що прогнозовані погодні умови можуть бути в більшій мірі сприятливими для культивування соняшнику в Донецькій підзоні Північного Степу України та на Правобережжі, а також в Центральному і Західному Лісостепу (Жигайло та ін., 2016). В окремі роки найбільшого ризику зменшення валових зборів насіння соняшнику очікуватиметься на півдні України (Жигайло та ін., 2017).

Задля зменшення негативного впливу на агроценози екстремальних погодних умов, викликаних дефіцитом природного зволоження та жорстким ГТК, все частіше у технологічних схемах вирощування сільськогосподарських культур застосовують позакореневі обробки рослин різними еколого-безпечними препаратами з антистресовою дією (Добровольський та ін., 2017; Домарацький, 2018). Сьогодні широко відома ефективність проведення позакорневих обробок рослин мікроелементами, великої популярності набули препарати на комплексній основі з мікродобривами. Модифікація мікроелементів в біологічно активну форму здійснюється за участі спеціальних комплексоутворювачів. При позакореновому внесенні на рослини комплексних препаратів асимілююча поверхня листка є основним контактуючим органом рослинного організму. Дослідження впливу комплексу факторів з питань оптимізації позакореневої обробки на біохімію листа та процеси фотосинтезу викликають істотний інтерес у практиків. Окрім того, враховуючи, що рослини мають листя різного віку та освітленості (світлові та тіньові), а також листя з антоціановим пігментом, реакції на препарат можуть бути різними (Байрак, 2008).

Здатність того чи іншого гібриду до стабільності прояву ознак продуктивності за різних факторів зовнішнього середовища та бути пластичними є однією з найбільш важливих вимог в агровиробництві, що висувається до сучасного гібридного складу соняшнику (Колосок та ін., 2022). Екологічна пластичність ґрунтується на реакції генотипу на модифікації умов довкілля, які проявляються в фенотиповій мінливості. Вона обумовлює зміни сортової ознаки за результатами взаємодії систем «генотип – екологічне середовище» у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні (Шкрудь, 1999; Драгавцев, 2013).

Стабільність гібриду може бути обумовлена істотним рівнем пристосованості гено-

типу до різних умов вирощування (індивідуальна буферність), або пристосованістю кожного із групи генотипів, що складають гібрид, до визначеного середовища (популяційна буферність). Здатність генотипу підтримувати певний фенотип під впливом різних факторів довкілля обумовлює стабільність в результаті дії регуляторних механізмів організму (Димитров, 2015).

Сучасні погодно-кліматичні умови диктують вимоги до конкретного застосування у виробництві гібридного складу соняшнику. Найбільш цінними вважаються гібриди, які володіють високою стабільністю формування показників продуктивності, якості олії та є екологічно пластичними (Ревтьо та ін., 2021).

Більш повній мірі реалізації генетичного потенціалу сортів і гібридів сільськогосподарських культур сприяє застосування в позакорневих обробках рослин різних регуляторів росту. Відтак, проведення позакорневих підживлень комбінованими рістрегулюючими препаратами формує систему з проведення обов'язкових агротехнічних заходів по культивуванні посівів сільськогосподарських культур та не потребує додаткових виробничих витрат. Впровадження до технологічних схем вирощування польових культур таких препаратів сприяє не тільки підвищенню рівня виробництва продукції рослинництва, а й покращенню економічних показників господарювання за рахунок зниження собівартості готової продукції. Такі підходи набувають особливої актуальності за ринкових умов (Домарацький та ін., 2020; 2023). Застосування зазначених біологічних рістрегулюючих речовин в рослинництві слугує засобом біологізації технологій вирощування польових сільськогосподарських культур. Такий підхід сприяє істотному зниженню на агроценози хімічного навантаження (Жуйков та ін., 2020).

Мета статті полягає у встановленні ефективності позакорневих обробок рослин еколого-безпечними препаратами комбінованої дії на продуктивність нових гібридів соняшнику за незрошуваних умов зони Степу України.

#### **Матеріал і методи**

Закладення і проведення польових дослідів виконували впродовж 2021-2022 років на дослідному полі Миколаївської ДСДС ІКОСГ НААН в незрошуваних умовах на чорноземі південному. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту складає 2,90%, глибина гумусо-

вого шару 0-30 см, перехідного – 30-60 см. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,5-6,8), гідролітична кислотність в межах 2,00-2,52 мг.екв. на 100 г ґрунту. Щодо вмісту рухомих елементів ґрунт дослідної ділянки характеризується середнім вмістом азоту та фосфору і дуже високим – калію.

Кліматичні умови місця проведення досліджень – континентальні, що характеризується різкими та частими коливаннями річних і місячних температур повітря, жорстким ГТК зони проведення спостережень. Середньорічна кількість опадів – 360-380 мм, за період весняно-літньої вегетації озимих – 170 мм. Основну роль в накопиченні вологи в ґрунті відіграють осінньо-зимові опади, коли волога менше використовується рослинами та мало випаровується внаслідок високої відносної вологості повітря. Кількість опадів протягом року нерівномірна, найбільш сухим місяцем являється березень, найбільш дощовим – липень. Відносна вологість повітря в середньому за рік дорівнює 60-70%, в літні місяці – 40-60%. Щорічно спостерігаються слабкі, середні та інтенсивні суховії, а дуже інтенсивні – приблизно в 4 роках з 10. Вегетаційний період триває 230-240 днів.

Реалізація відповідного напрямку досліджень відбувалася шляхом закладення трьохфакторного польового досліду з вивчення впливу еколого-безпечних препаратів комбінованої дії та різної передзбиральної густоти стояння рослин на продуктивність нових гібридів соняшнику. Відтак, фактором А виступають гібриди соняшника селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН – Вирій, Ярило, Блиск, Яскравий та Епікур; фактором В – різні густоти стояння рослин (30, 40 та 50 тис./га) і фактором С – обробіток вегетуючих рослин у фазу початку бутонізації біологічними препаратами (Хелафіт Комбі, Органік Баланс та Біокомплекс БТУ). Обробіток рослин соняшника відповідно схеми досліджень виконували за допомогою ранцевого обприскувача.

Повторність досліду триразова, посівна площа ділянки першого порядку 168 м<sup>2</sup>, облікова – 120 м<sup>2</sup>. Польовий дослід розташований по попереднику пшениця озима. Добрива вносились під основний обробіток в дозі N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Сівбу проводять з міжряддям 70 см в останню декаду квітня. Формування густоти стояння рослин проводили вручну до заданої густоти в кожному ряду. Облік урожайності та оцінку структури урожаю проводили шляхом ручного обмолоту рослин, відібраних з обліко-

вої площі дослідних ділянок і перерахунку на 8% вологість насіння. Фактично одержаний урожай перераховували на базисну вологість (8%) та із врахуванням наявності домішок

### Результати та обговорення

Головним лімітуючим фактором реалізації генетичного потенціалу продуктивності гібридів соняшника в умовах жорсткого ГТК півдня зони Степу є нестача ґрунтової і повітряної вологи. Аналіз погодних умов 2021-2022 років досліджень, доводить те, що маємо змогу класифікувати їх як середньо-посушливими типами для даної зони вирощування. Проте, характеризуючи окремо умови вологозабезпечення 2022 року для вегетації соняшника, їх необхідно класифікувати як складними та несприятливими. Погодні умови в роки проведення польових досліджень у порівнянні із середніми багаторічними показниками наведено на рисунках 1 та 2.

Аналізуючи рівень вологозабезпечення в роки проведення досліджень необхідно зазначити, що умови зволоження весни 2021 року були сприятливими для вегетації досліджуваних гібридів соняшнику в цілому. Знижений температурний режим на фоні опадів першої половини росту і розвитку рослин позитивно позначився на продуктивності агроценозу в подальшому. Щодо запасів ґрунтової вологи орного і метрового шарів, то їх також можна кваліфікувати цілком задовільними для вирощування культури. Вони становили 34 мм в орному шарі та 134 мм – в метровому шарі відповідно. Випадіння продуктивних опадів наприкінці травня створювали умови для достатнього зволоження посівного шару ґрунту, а помірний температурний режим формував благосприятливі умови для проведення сівби та отримання дружних сходів соняшнику в подальшому.

Щодо рівня вологозабезпечення 2022 року то він навпаки, виявився достатньо незначним, порівнюючи з показниками 2021 року. Відсутність атмосферних опадів на фоні високого температурного режимів призводила до істотного дефіциту вологи в критичні періоди вегетації соняшника в подальшому. Так, в 2022 році за весь час вегетації гібридів соняшника випало 90 мм опадів, що становить лише 39% середньобаторічної норми та й розподіл їх у часі був нерівномірний. За першим визначенням вологозапасів в ґрунті, яке було відбулося 28 березня 2022 року, запаси продуктивної вологи як у метровому, так і в орному шарах ґрунту були задовільними і становили

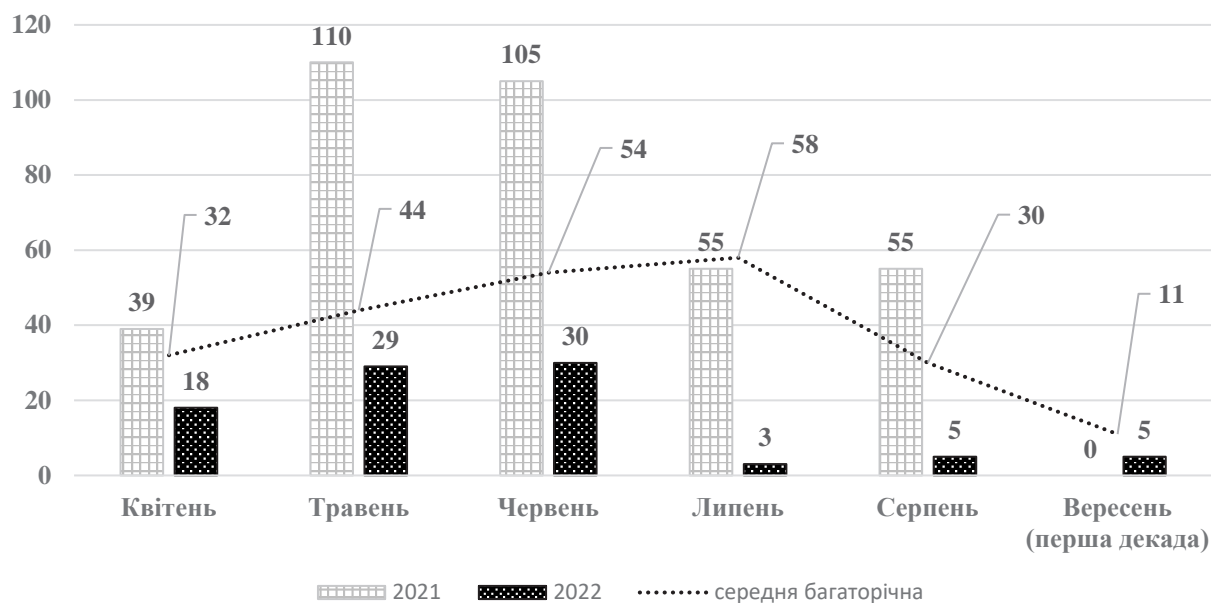


Рис. 1. Сума опадів за вегетаційний період соняшнику порівняно із середньобагаторічними даними за 2021 та 2022 рр., мм

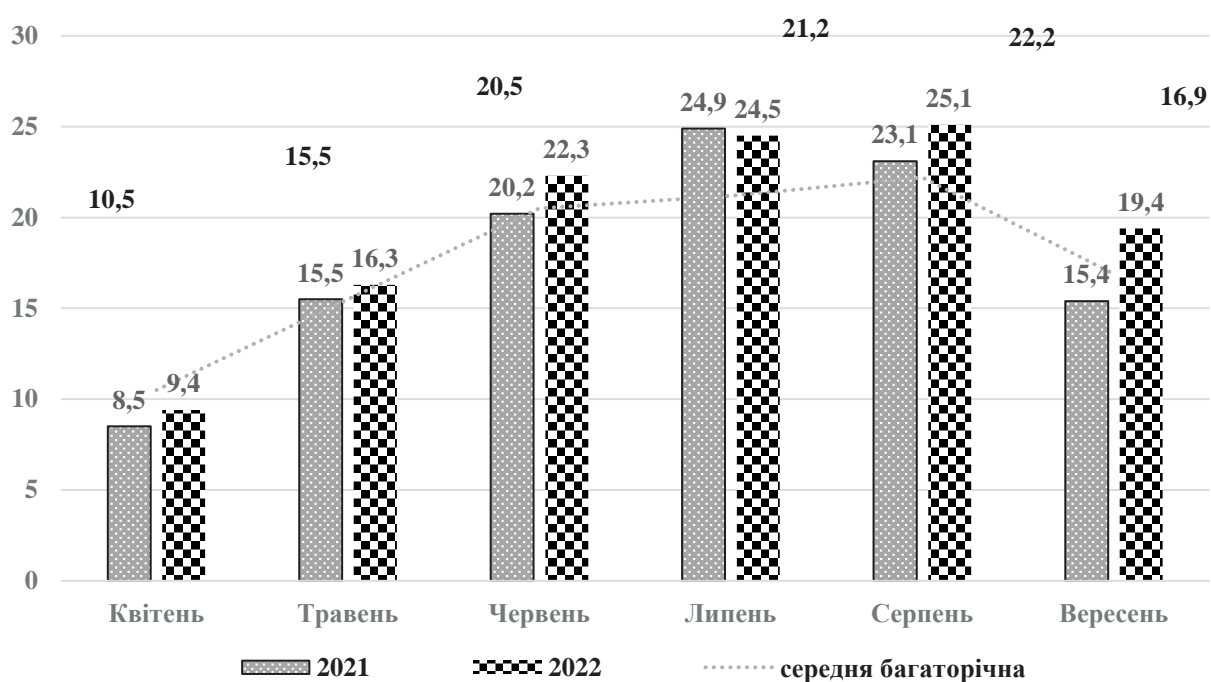


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря за вегетаційний період соняшнику порівняно із середньобагаторічними даними за 2021 та 2022 рр., °C

39 мм та 115 мм відповідно. У квітні зберігалася переважно тепла погода, за винятком II декади, коли понижений температурний режим був характерним для кінця березня, але середня температура повітря була у межах норми. Опадів за квітень

випало значно менше за норму. Внаслідок переважання у квітні сухої та часто вітряної погоди відбувалося пересихання верхніх шарів ґрунту. Посів досліді в обидва досліджувані роки проводили в першій декаді травня.

Аналізуючи температурний режим 2021 року, то його можна характеризувати як типовим для даної зони. Середньомісячні значення температури навколишнього середовища знаходилися в межах середньобогаторічних показників. Лише в липні 2021 року температура повітря перевищувала дані середньобогаторічних спостережень на 3,7°C. Проведений аналіз температурного режиму вегетаційного періоду соняшнику в 2022 році дає змогу стверджувати, що він був значно вищим в порівнянні із середньобогаторічними значеннями кожного місяця. Встановлений високий температурний режим за умов дефіциту природного зволоження формував складні передумови проходження основних фенологічних фаз розвитку культури і формування урожайності соняшника. Спекотна погода і брак опадів у липні інтенсифікували проходження фенологічних фаз соняшнику. Зазначені складні метеорологічні умови сприяли інтенсивній витраті ґрунтової вологи на випаровування та транспірацію. Встановлені суховії впродовж першої половини періоду вегетації соняшника призводили до втрати тургору рослинами в денний період і, лише в нічні часи, соняшнику вдавалося відновити свій стан.

З результатів спостережень встановлено, що зрідження, чи навпаки, загущення посіву не мало істотного впливу на протікання основних міжфазних періодів розвитку культури впродовж усієї вегетації рослин соняшника. Щодо позакореневих обробок рослин біопрепаратами встановлено, що гібриди по різному реагували на внесення біологічних агентів (табл. 1).

З результатів спостережень встановлено, що позакореневі обробки рослин соняшника біологічними препаратами спричиняли подовження вегетаційного періоду усіх вивчаємих гібридів. Така пролонгація вегетації встановлена у міжфазний період цвітіння – повна стиглість і була більш дієвою у 2021 році. Встановлений факт пояснюється більш сприятливими погодними умовами у вегетаційний період соняшника. У варіантах з проведеною позакореневою обробкою рослин Хелафітом Комбі та Органік Баланс встановлено подовження часу дозрівання насіння за всіма гібридами на 8-10 діб (2021 р.) та на 2-7 діб (2022 р.). Трохи менший вплив на пролонгацію вегетації рослин мали позакореневі обробки соняшника Біокомплексом БТУ, збільшення часу вегетації гібридів за таких умов було у межах 5-8 та 2-4 доби відпо-

відно. Особливо несприятливі умови вегетації 2022 року фактично звели нанівець позитивний вплив досліджуваних препаратів на подовження періоду росту і розвитку соняшника у генеративну фазу.

Встановлена у досліді пролонгація фотосинтетичної діяльності листя рослин соняшника обумовлена складом (формуляцією) досліджуваних біологічних агентів. Основою діючої речовини були не тільки хелатовані мікроелементи, а й біологічна складова з грибних та бактеріальних комплексів. Також зазначені препарати містили продуктами метаболізму біологічних агентів. Внесення таких препаратів сприяло зниженню інтенсивності розвитку патогенів у генеративну фазу розвитку рослин та покращувало загальний імунітет посіву.

У подальшому (серпень-вересень) умови для вегетації соняшнику були складними. Більша частина півдня України знаходилася під впливом тривалої ґрунтової та повітряної посухи. Зібрання та облік урожаю проводили наприкінці вересня. Зазначені складні метеорологічні умови спричинили майже одночасне дозрівання усіх гібридів соняшнику в 2022 році за всіма варіантами дослідів. Проте, на ділянках оброблених комплексними препаратами процеси втрати вологості насінням та завершення вегетації гібридів уповільнилося на 4-7 діб у порівнянні із варіантом без обробітку.

В першій половині вегетаційного періоду соняшника 2021 року високий рівень природного зволоження в поєднанні з низьким температурним режимом призводили до істотного ураження рослин патогенами на більш пізніх етапах органогенезу. А посушливі умови 2022 року сприяли вкрай низькому рівню уражень рослин хворобами. Аналізом результатів польового дослідів встановлено, що різні передзбиральні густоти рослин досліджуваних гібридів соняшнику не мали істотного впливу на ступінь ураження рослин патогенною мікрофлорою. Але, реакції на позакореневі обробітки біологічними препаратами вегетуючих рослин різнилися (табл. 2).

Аналізом результатів спостережень доведено, що різні гібриди проявляли майже однакову стійкість до фітопатогенів, проте два гібриди (Ярило та Епікур) в меншій мірі уражувалися фомозом порівняно із гібридами Вирій, Яскравий та Блиск. Встановлена залежність характерна обом досліджуваним періодам спостережень (2021 та 2022 р.). Аналізуючи стійкість рослин соняшника

Таблиця 1

Настання основних фенологічних фаз розвитку гібридів соняшнику  
залежно від обробітку рослин біопрепаратами в 2022 році

Фаза розвитку, види робіт	Дата			
	Контроль	Хелафіт Комбі	Органік Баланс	Біокомплекс БТУ
Блиск				
Сівба	16.05	16.05	16.05	16.05
Сходи	23.05	23.05	23.05	23.05
Поява 2-4 листків	05.06	05.06	05.06	05.06
Бутонізація	24.06	24.06	24.06	24.06
Цвітіння	22.07	22.07	22.07	22.07
Повна стиглість	12.09	19.09	19.09	16.09
Збирання	20.09	20.09	20.09	20.09
Вирій				
Сівба	16.05	16.05	16.05	16.05
Сходи	23.05	23.05	23.05	23.05
Поява 2-4 листків	05.06	05.06	05.06	05.06
Бутонізація	24.06	24.06	24.06	24.06
Цвітіння	23.07	23.07	23.07	23.07
Повна стиглість	12.09	14.09	14.09	12.09
Збирання	20.09	20.09	20.09	20.09
Ярило				
Сівба	16.05	16.05	16.05	16.05
Сходи	23.05	23.05	23.05	23.05
Поява 2-4 листків	05.06	05.06	05.06	05.06
Бутонізація	26.06	26.06	26.06	26.06
Цвітіння	24.07	24.07	24.07	24.07
Повна стиглість	14.09	18.09	18.09	17.09
Збирання	20.09	20.09	20.09	20.09
Епікур				
Сівба	16.05	16.05	16.05	16.05
Сходи	23.05	23.05	23.05	23.05
Поява 2-4 листків	05.06	05.06	05.06	05.06
Бутонізація	26.06	26.06	26.06	26.06
Цвітіння	24.07	24.07	24.07	24.07
Повна стиглість	14.09	17.09	16.09	17.09
Збирання	20.09	20.09	20.09	20.09
Яскравий				
Сівба	16.05	16.05	16.05	16.05
Сходи	23.05	23.05	23.05	23.05
Поява 2-4 листків	05.06	05.06	05.06	05.06
Бутонізація	26.06	26.06	26.06	26.06
Цвітіння	24.07	24.07	24.07	24.07
Повна стиглість	13.09	16.09	16.09	16.09
Збирання	20.09	20.09	20.09	20.09

Таблиця 2

Ступінь ураження рослин соняшника основними хворобами залежно від обробітку рослин біологічними препаратами в 2021 та 2022 рр., %

Гібрид	Препарат	Фомоз, %		НБР, %		Сіра гниль кошика, %	
		2021	2022	2021	2022	2021	2022
Блиск	Контроль	12	9	6	2	1	0
	Хелафіт Комбі	5	4	4	0	0	0
	Органік Баланс	6	5	3	1	0	0
	Біокомплекс БТУ	10	5	4	0	0	0
Вирій	Контроль	13	8	7	4	0	0
	Хелафіт Комбі	6	5	2	0	0	0
	Органік Баланс	6	5	2	1	0	0
	Біокомплекс БТУ	11	6	3	1	0	0
Ярило	Контроль	11	6	7	3	0	0
	Хелафіт Комбі	4	2	2	1	0	0
	Органік Баланс	5	3	2	1	0	0
	Біокомплекс БТУ	10	3	3	1	0	0
Епікур	Контроль	11	6	8	2	1	0
	Хелафіт Комбі	4	1	3	0	0	0
	Органік Баланс	4	2	4	0	0	0
	Біокомплекс БТУ	9	1	5	1	0	0
Яскравий	Контроль	14	7	6	2	1	0
	Хелафіт Комбі	4	4	2	0	0	0
	Органік Баланс	3	3	2	0	0	0
	Біокомплекс БТУ	10	3	3	1	0	0

до уражень несправжньою борошнистою росю та сірою гниллю необхідно зазначити, що усі досліджувані гібриди практично не мали різниці за стійкістю до аналізуємих патогенів, відтак, її рівень можна кваліфікувати як високий, оскільки ураженими були лише поодинокі рослини. Гостро-посушливі умови 2022 року не сприяли розвитку сірої гнилі кошика взагалі.

Позакореневі обробки рослин соняшника біологічними препаратами знижували рівень патогенного навантаження усіх досліджуваних гібридів впродовж вегетаційного періоду. Найбільшу фунгіцидну ефективність мали препарати Хелафіт Комбі та Органік Баланс, за їх внесення встановлено зниження рівня ураження рослин патогенною мікрофлорою майже удвічі як в гостропосушливий 2022 рік, так і в 2021 рік, що характеризувався доброю вологозабезпеченістю. Біокомплекс БТУ в цьому напрямку був менш ефективним, проте також зберігав тенденцію до зменшення кількості уражених рослин, порівняно із контрольними варіантами, де не було обробіток препаратами взагалі.

Аналізом результатів спостережень за обидва досліджувані періоди доведено, що позакореневі обробки біологічними препаратами не впливали на зміну лінійних розмірів соняшника досліджуваних гібридів. Проте, в типовий за зволоженням 2021 рік зберіглася тенденція до незначного збільшення висоти рослин майже у всіх досліджуваних гібридів під впливом біологічних комбінованих препаратів (табл. 3).

Коливання в показниках висоти рослин було спричинено формуванням різних передзбиральних густот, а також генетичними особливостями гібридів. Аналізом даних результатів спостережень встановлено, що високий рівень ґрунтових запасів вологи, продуктивні опади впродовж вегетаційного періоду та сприятливий температурний режим в 2021 році в цілому забезпечували формування достатньо високих рослин досліджуваних гібридів. Зменшення передзбиральної густоти стояння рослин соняшника до 30 тис. шт/га, у порівнянні із нормами 40 та 50 тис. шт/га, сприяло формуванню нижчих за лінійними розмірами рослини. Щодо варіантів з густотою 40 та

Таблиця 3

Висота гібридів соняшнику залежно від варіантів досліду, см

Препарати (С)	Гібрид (А)									
	Блиск		Вирій		Ярило		Епікур		Яскравий	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Густота стояння рослин – 30 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	195	171	180	168	171	155	174	156	177	160
Хелафіт Комбі	196	171	180	168	174	155	178	155	180	159
Органік баланс	198	170	183	168	173	155	177	156	181	159
Біокомплекс БТУ	198	171	182	167	176	155	181	156	180	160
Густота стояння рослин – 40 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	208	170	207	168	190	154	188	157	194	160
Хелафіт Комбі	210	171	210	167	190	155	190	156	196	160
Органік баланс	209	170	210	167	193	154	192	156	196	159
Біокомплекс БТУ	210	170	211	167	193	154	191	155	198	161
Густота стояння рослин – 50 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	210	171	209	167	191	155	187	157	195	161
Хелафіт Комбі	211	171	212	167	192	156	189	157	196	160
Органік баланс	211	170	211	168	194	154	190	157	197	161
Біокомплекс БТУ	213	171	212	168	193	156	190	156	197	161
НІР <sub>05, см</sub> (АВС)	3,1	2,8	3,2	2,7	3,1	2,4	3,4	2,7	3,3	2,6

50 тис. шт/га, то коливань у висоті рослин не встановлено. Найвищими по досліді були рослини гібридів Блиск та Вирій. Збільшення густоти рослин до 40-50 тис. шт/га формувало вищі на 8-10 см рослин, така тенденція характерна усім досліджуваним гібридам.

Щодо жорстких погодних умов 2022 року, то навпаки, дефіцит вологи на фоні високого температурного режиму сприяв формуванню низьких за лінійними розмірами рослин. Математично доведеної різниці в лінійних розмірах рослин залежно від різної густоти стояння в цілому по досліді не виявлено. Така тенденція характерна усім досліджуваним гібридам. Невелика різниця за висотою рослин мала місце лише залежно від певного гібриду, що обумовлено суто генотиповими характеристиками певного гібриду.

Аналіз результатів проведених супутніх спостережень дозволяє стверджувати, що проведення позакореневих обробіток рослин біологічними агентами є ефективним інструментарієм оптимізації умов розвитку агроценозів соняшника (табл. 4).

Аналіз результатів спостережень за 2021 рік показав, що зниження передзбиральної густоти соняшнику з 50 до 30 тис.

шт/га за умов достатнього зволоження є недоречним, оскільки різниця у врожайності соняшника за густот 40 та 50 тис. шт/га є неістотною. Це характерно для усього досліджуваного гібридного складу. Але, у гостропосушливому 2022 році усі досліджувані гібриди за густоти 40 тис. шт/га формували найвищий рівень врожайності. Збільшення рівня передзбиральної густоти рослин до 50 тис. шт/га негативно впливало на формування врожайності порівняно з варіантам 40 тис./га і знаходилися майже на одному рівні з варіантами 30 тис. шт/га. Найвищої продуктивності по досліді за обидва періоди спостережень було зафіксовано у гібридів Вирій та Блиск.

#### Обговорення

На продуктивність досліджуваних агроценозів позитивно вплинули досліджувані біопрепарати. Найвищу врожайність по досліді в 2021 році (3,61 т/га) зафіксовано на варіанті посіву гібридом Вирій за умов формування передзбиральної густоти 50 тис. шт/га та проведення позакореневих підживлень рослин Хелафітом. Ефективність препарату Біокомплекс БТУ була майже однаковою з варіантами обробітку соняшника Хелафітом, врожайність гібриду Вирій за густоти 50 тис. шт/га було



Таблиця 4

Урожайність соняшнику залежно варіантів дослідів, т/га

Препарати (С)	Гібрид (А)									
	Блиск		Вирій		Ярило		Епікур		Яскравий	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Густота стояння рослин – 30 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	2,43	1,74	2,84	1,83	1,73	1,58	1,66	1,51	1,71	1,63
Хелафіт Комбі	2,79	1,88	3,38	2,05	1,89	1,66	1,76	1,68	1,93	1,81
Органік баланс	2,71	1,80	3,07	1,99	1,91	1,70	2,01	1,61	2,09	1,78
Біокомплекс БТУ	2,68	1,81	3,31	1,94	1,88	1,69	1,93	1,63	2,00	1,77
Густота стояння рослин – 40 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	2,57	1,92	2,92	2,01	1,74	1,81	1,69	1,74	1,85	1,77
Хелафіт Комбі	2,98	2,11	3,51	2,22	1,95	1,95	1,90	1,91	2,03	1,85
Органік баланс	2,99	2,09	3,55	2,19	2,06	1,94	1,97	1,88	1,99	1,84
Біокомплекс БТУ	2,83	2,10	3,48	2,16	2,01	1,88	2,04	1,80	2,06	1,79
Густота стояння рослин – 50 тис. шт./га (В)										
Контроль (без обробітку)	2,63	1,77	3,00	1,85	1,83	1,55	1,70	1,58	1,88	1,70
Хелафіт Комбі	3,07	1,84	3,61	1,92	2,01	1,64	2,02	1,63	2,13	1,81
Органік баланс	3,02	1,80	3,54	1,88	2,03	1,65	2,11	1,64	2,15	1,76
Біокомплекс БТУ	3,04	1,81	3,60	1,90	1,99	1,60	2,08	1,63	2,09	1,75
НІР <sub>05, т/га</sub> (АВС)	0,07	0,05	0,09	0,06	0,07	0,06	0,09	0,07	0,08	0,06

сформовано на рівні 3,60 т/га. Результатами досліджень встановлено, що в 2022 році найвищою продуктивністю відзначився гібрид Вирій за формування передзбиральної густоти рослин 40 тис. шт/га та обробки препаратом Хелафітом Комбі, урожайність складала 2,22 т/га. Гібриди Яскравий, Ярило та Епікур значно поступалися в цілому по дослідів за урожайністю гібридам Блиск та Вирій. Позакореневі підживлення рослин зазначених гібридів біологічними препаратами мали подібну тенденцію до зростання їх продуктивності. В 2021 році найнижчим рівнем продуктивності по дослідів (1,66 т/га) характеризувався гібрид Епікур з передзбиральною густотою 30 тис. шт/га без проведення позакорневих підживлень. В гостро-посушливому 2022 році за незмінного сполучення факторів гібрид Епікур також встановив найнижчий рівень урожайності – 1,51 т/га, аналогічно низьку продуктивність в цьому ж році було сформовано варіантами посіву нормою 50 тис. шт/га гібридами Ярило (1,55 т/га) та Епікур (1,58 т/га).

#### Висновки

За результатами експериментальних даних польових досліджень, проведених у 2021-2022 рр. із визначення ефективності використання нових еколого-безпечних

препаратів комбінованої дії в технологіях вирощування соняшнику встановлено:

- позакореневі обробки рослин соняшника еколого-безпечними препаратами комбінованої дії сприяли пролонгації протікання міжфазних періодів у другу половину вегетації усіх вивчаємих гібридів. Навіть за складних погодних умов досягання рослин на варіантах оброблених біологічними препаратами уповільнилося на 4-7 днів порівняно із контролем.

- обробки рослин еколого-безпечними препаратами сприяли зниженню рівня уражень усіх гібридів патогенною мікрофлорою, найбільшу фунгіцидну ефективність мали препарати Хелафіт Комбі та Органік Баланс, за їх внесення ураження рослин патогенною мікрофлорою знижувалося майже удвічі.

- найвищу врожайність формували досліджувані гібриди за передзбиральної густоти 40 тис. шт/га. Підвищення рівня густоти рослин до 50 тис. шт/га призвело до зниження врожайності порівняно з варіантами в 40 тис./га та знаходилися практично на одному рівні з варіантами 30 тис. шт/га. Загалом по дослідів найвищий рівень продуктивності в обидва періоди показували гібриди Вирій та Блиск (2,25-2,89 т/га).

- обробка рослин біологічними препаратами позитивно вплинула на продуктивність досліджуваних гібридів. Так, найвищим рівнем продуктивності (2,22 т/га) в 2022 році характеризувався гібрид Вирій за умов обробітку рослин Хелафітом Комбі та густоти 40 тис. шт/га. Щодо гібридів Ярило, Епікур та Яскравий, то вони значно поступалися за урожайністю гібридам Блиск та Вирій, проте, їх позакореневі обробітки також мали аналогічну тенденцію до підвищення їх продуктивності.

### Список використаної літератури

- Байрак Н.В. та ін. Вплив позакореневої підкормки препаратом РЕАКОМ на систему фотосинтезу рослин. *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна. Серія: Біологія.* 2008. №. 8. С. 137–141.
- Димитров С.Г. Стабільність та пластичність сучасних гібридів сояшнику: збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН. Київ, 2015. №. 3. С. 117–124.
- Добровольський А.В., Домарацький Є.О. Особливості реалізації стимулюючої дії комплексних препаратів рослинами сояшника на початкових етапах органогенезу. *Аграрний вісник Причорномор'я.* 2017. Вип. 84-2. С. 39–45.
- Домарацький Є.О. Екологізація рослинницької галузі України. П'ята Міжнародна науково-практична конференція “Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку”: збірник наукових праць (27–28 жовтня 2022, м. Херсон - Кропивницький, Україна). Одеса: «Олді+», 2022. С. 85–88.
- Домарацький Є.О. Методи пом'якшення негативної дії водного стресу у рослин ріпаку озимого. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2018. Вип. 2. С. 39–45.
- Домарацький Є.О., Добровольський А.В., Домарацький О.О. Вплив багатофункціональних ристрегулюючих препаратів на формування продуктивності гібридів сояшнику високоолеїнового типу. *Таврійський науковий вісник.* 2020. Вип. 115. С. 32–41.
- Домарацький Є.О., Козлова О.П. Економічне обґрунтування використання екологобезпечних препаратів у технологічних схемах вирощування сояшника. *Таврійський науковий вісник.* 2020. Вип. 111. С. 60–68.
- Домарацький Є.О., Пічура В.І., Потравка Л.О., Домарацька Є.О. Аналіз економічної ефективності застосування екологобезпечних препаратів при вирощуванні сояшнику в незрошуваних умовах зони Степу. *Аграрні інновації.* 2023. Вип. 18. С. 169–177.
- Драгавцев В.А. Про шляхи створення теоретичної селекції та технологій еколого-генетичного підвищення продуктивності та врожайності рослин. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* К.: Логос, 2013. Т.13. С. 38–41.
- Жигайло О.Л., Жигайло Т.С. Моделювання продуктивності сояшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2017. Т. 20. С. 71–78.
- Жигайло О.Л., Жигайло Т.С. Оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сояшнику в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2016. Т. 17. С. 86–92.
- Жуйков О.Г., Бурдюг О.О. Фітосанітарний стан та продуктивність гібридів сояшнику за різних рівнів біологізації технології вирощування. *Аграрні інновації,* 2020. №3. С. 26–32.
- Колосок І.О., Yuanzhi Fu. Адаптивність середньоранніх гібридів сояшнику в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Бюлетень сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія.* 2022. №48(2). С. 96–104.
- Литвиненко М.А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*TRITICUM AESTIVUM L.*), адаптованих до змін клімату на півдні України. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС,* 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.
- Пічура В.І., Домарацький Є.О., Потравка Л.О. Застосування дистанційного зондування землі для дослідження вегетаційного розвитку гібридів сояшника за різних кліматичних умов зони Степу. *Екологічні науки.* 2023. №2 (47). С. 196–205. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32>.
- Ревтьо О.Я., Домарацький Є.О. Оптимізація продукційного процесу агроценозів сояшнику за посушливих умов Південного Степу України. *Аграрні інновації.* 2021. Вип. 5. С. 68–74
- Шкрудь Р.І. Екологізація виробництва сояшника на півдні України: збірник наукових праць Миколаївської державної сільськогосподарської станції. Київ, БМТ, 1999. С. 111–114.

### References (translated & transliterated)

- Bayrak, N.V. (2008). Vplyv pozakorenevoyi pidkormky preparatom REAKOM na systemu fotosyntezy roslyn [The effect of foliar fertilizing with the REAKOM preparation on the photosynthesis system of plants]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni VN Karazina. Seriya: Biologiya* [Bulletin of Kharkiv National University named after VN Karazin. Series: Biology], 8. P. 137–141 [in Ukrainian].
- Dimitrov, S.G. (2015). Stabil'nist' ta plastychnist' suchasnykh hibrydiv sonyashnyku [Stability and plasticity of modern sunflower hybrids]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN. [Collection of scientific works of the National Science Center, Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences]*, 3. P. 117–124 [in Ukrainian].
- Dobrovolskyi, A.V., & Domaratskyi, E.O. (2017). Osoblyvosti realizatsiyi stymulyuyuchoyi diyi kompleksnykh preparativ roslynamy sonyashnyka na pochatkovykh etapakh orhanohenezu [Peculiarities of implementing the stimulating action of complex preparations by sunflower plants at the initial stages of organogenesis.] *Visnyk aharnoyi nauky Prychornomor'ya* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Region], 84-2. P. 39–45 [in Ukrainian].
- Domaratskyi, E.O. (2022). Yekolohizatsiya roslynnyts'koyi haluzi Ukrayiny. Pyata Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiya "Ekolohichni problemy navkolyshn'oho seredovyscha ta ratsional'noho pryrodokorystuvannya v konteksti staloho rozvytku": zbirnyk materialiv [Ecological problems of the environment and rational nature management in the context of sustainable development]. October 27-28, 2022, Kherson - Kropyvnytskyi, Ukraine). Odesa: "Oldi+". P. 85–88 [in Ukrainian].
- Domaratskyi, E.O. (2018). Metody pom'yakshennya nehatyvnoyi diyi vodnoho stresu u roslyn ripaku ozymoho [Methods of mitigating the negative effects of water stress in winter rapeseed plants]. *Visnyk aharnoyi nauky Prychornomor'ya* [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region], 2. P. 39–45 [in Ukrainian].
- Domaratskyi, E.O., Dobrovolskyi, A.V., & Domaratskyi, O.O. (2020). Vplyv bahatofunktsional'nykh ristrehulyuyuchykh preparativ na formuvannya produktyvnosti hibrydiv sonyashnyku vysokooleynovoho typu [The influence of multifunctional re-regulating drugs on the formation of productivity of sunflower hybrids of the high-oleic type]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], 115. P. 32–41 [in Ukrainian].
- Domaratskyi, E.O., & Kozlova, O.P. (2020). Ekonomichne obgruntuvannya vykorystannya ekolohobezpechnykh preparativ u tekhnolohichnykh skhemakh vyroshchuvannya sonyashnyka [Economic justification of the use of environmentally safe preparations in technological schemes of sunflower cultivation]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], 111. P. 60–68 [in Ukrainian].
- Domaratskyi, E.O., Pichura, V.I., Potravka, L.O., & Domaratsky, E.O. (2023). Analiz ekonomichnoyi efektyvnosti zastosuvannya ekolohobezpechnykh preparativ pry vyroshchuvanni sonyashnyku v nezroshuvanykh umovakh zony Stepu [Analysis of the economic effectiveness of the use of environmentally safe drugs in the cultivation of sunflower in non-irrigated conditions of the Steppe zone]. *Ahrarni innovatsiyi* [Agrarian innovations], 18. P. 169–177 [in Ukrainian].
- Dragavtsev, V.A. (2013). Pro shlyakhy stvorennya teoremy selektsiyi ta tekhnolohiy ekolohohenetychnoho pidvyshchennya produktyvnosti ta vrozhaynosti roslyn [About the ways of creating the theorem of selection and technologies of ecological and genetic improvement of productivity and yield of plants]. *Faktyory eksperymental'noyi evolyutsiyi orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms]. Kyiv.: T.13. P. 38–41 [in Ukrainian].
- Zhigailo, O.L., & Zhigailo, T.S. (2017). Modelyuvannya produktyvnosti sonyashnyku v umovakh maybutnikh zmin klimatu v Ukrayini za stsenariyamy antropohennoho vplyvu RCP [Modeling of sunflower productivity under the conditions of future climate changes in Ukraine under RCP anthropogenic impact scenarios]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], Vol. 20. P. 71–78 [in Ukrainian].
- Zhigailo, O.L., & Zhigailo, T.S. (2016). Otsinka vplyvu zmin klimatu na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya sonyashnyku v Ukrayini [Assessment of the impact of climate change on the agroclimatic conditions of sunflower cultivation in Ukraine]. *Ukrayinskyi hidrometeorolohichnyy zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], Vol. 17. P. 86–92 [in Ukrainian].
- Zhuykov, O.G., & Burdyug, O.O. (2020). Fitosanitarnyy stan ta produktyvnist' hibrydiv sonyashnyku za riznykh rivniv biolohizatsiyi tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Phytosanitary status and productivity of sunflower hybrids at different levels of biologization of growing technology]. *Ahrarni innovatsiyi* [Agrarian innovations], 3. P. 26–32 [in Ukrainian].

Kolosok, I.O., & Yuanzhi, Fu. (2022). Adaptivnist' seredn'orannikh hibrydiv sonyashnyku v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrayiny [Adaptability of mid-early sunflower hybrids in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Byuleten' sumskoho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiya i biolohiya [Sumy National Agrarian University Bulletin Agronomy and biology.]* No. 48(2). P. 96–104 [in Ukrainian].

Lytvynenko, M.A. (2016). Stvorenniya sortiv pshenytsi m'yakoyi ozymoyi (TRITICUM AESTIVUM L.), adaptovanykh do zmin klimatu na pivdni Ukrayiny [Creation of varieties of soft winter wheat (TRITICUM AESTIVUM L.), adapted to climate changes in the south of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' S·HI-NTSNS, [Collection of scientific works of SGI-NCNS],* 27(67). P. 36 – 53 [in Ukrainian].

Pichura, V.I., Domaratskyi, E.O., & Potravka, L.O. (2023). Zastosuvannya dystantsiynoho zonduvannya zemli dlya doslidzhennya vehetatsiynoho rozvytku hibrydiv sonyashnyka za riznykh klimatychnykh umov zony Stepu [The application of remote sensing of the earth to study the vegetative development of sunflower hybrids under different climatic conditions of the Steppe zone]. *Ekolohichni nauky [Environmental sciences],* 2 (47). P. 196–205. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32> [in Ukrainian].

Revtyo, O.Ya., & Domaratskyi, Ye.O. (2021). Optyimizatsiya produktsiynoho protsesu ahrotsenoziv sonyashnyku za posushlyvykh umov Pivdennoho Stepu Ukrayiny [Optimizing the production process of sunflower agrocenoses under arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsiyi [Agrarian innovations],* 5. P. 68–74 [in Ukrainian].

Shkrud, R.I. (1999). Ekolohizatsiya vyrobnytstva sonyashnyka na pivdni Ukrayiny [Greening of sunflower production in the south of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' Mykolayivs'koyi derzhavnoyi sil's'kohospodars'koyi stantsiyi [Collection of scientific works of the Mykolaiiv State Agricultural Station].* Kyiv: BMT, P. 111–114 [in Ukrainian].

Отримано: 28.01.2024

Прийнято: 01.03.2024



УДК 633.854

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.15>

## ВПЛИВ СТРОКІВ ПОСІВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПРИКАРПАТТЯ

У. М. Карбівська<sup>1</sup>, Р. О. Турак<sup>2</sup>

*У статті висвітлено результати досліджень щодо впливу строків посіву на продуктивність гібридів соняшнику Український F1 та РЖТ Волльф. Дослідження проводились на полях ПФГ «Поточище» Коломийського району Івано-Франківської області.*

*Мета роботи полягала у визначенні агрономічно-обґрунтованих строків посіву гібридів соняшника, що забезпечить формування оптимальної структури продуктивності культури в умовах західного Лісостепу. Методи дослідження: польовий, лабораторний, математичний, статистичний та розрахунковий.*

*Встановлено, що гібрид РЖТ Волльф характеризувався коротшим вегетаційним терміном (102 дні) по відношенню до гібриду Український F1 (108 днів). Висота рослин за пізнього та середнього строку посіву різнилася в середньому на 5 % по відношенню до раннього терміну посіву за вирощування гібриду Український F1. Гібрид РЖТ Волльф формував кращі лінійні показники за раннього строку посіву і також мав найвищу висоту (160,8 см).*

*Аналізуючи врожайність за період досліджень відмічається перевага пізнього строку посіву гібридів, де урожайність становила в середньому від 3,0 до 3,36 тонн на гектар.*

*Гібрид РЖТ Волльф за раннього строку посіву забезпечував масу насіння з кошика 102,3 г, що було вище на 3,5% порівняно із посівами 24 квітня. За пізнього строку посіву маса насіння з кошика даного гібриду становила 112,4 г. Лузжистість насіння соняшнику була вища у варіантах за вирощування гібриду Український F1 і в середньому становила 23,3 %, гібрид РЖТ Волльф мав менший відсоток лузжистості 21,8 %. Як ми бачимо, лузжистість насіння соняшнику не залежить від строків посіву, а формується внаслідок біологічних особливостей гібриду.*

**Ключові слова:** соняшник, гібрид, елементи технології, ширина міжрядь, густина стояння, урожайність, лузжистість.

<sup>1</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
професор кафедри лісового і аграрного менеджменту  
(Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)  
e-mail: [uliana.karbivska@pnu.edu.ua](mailto:uliana.karbivska@pnu.edu.ua)  
ORCID: 0000-0002-0540-8887

<sup>2</sup> аспірант  
(Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)  
e-mail: [roman.turak.19@pnu.edu.ua](mailto:roman.turak.19@pnu.edu.ua)  
ORCID: 0009-0005-6959-6310

## THE INFLUENCE OF SOWING DATES ON SUNFLOWER PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE CARPATHIANS

U. M. Karbivska, R. O. Turak

*The article highlights the results of research on the impact of sowing dates on the productivity of Ukrainian F1 and RST Volf sunflower hybrids. The research was conducted in the fields of the Potochysche Agricultural Farm in the Kolomyia district of the Ivano-Frankivsk region. The aim of the study was to determine agronomically justified sowing dates for sunflower hybrids that would ensure the formation of an optimal productivity structure of the crop in the conditions of the western Forest-Steppe. Research methods included field, laboratory, mathematical, statistical, and computational approaches.*

*It was established that the RST Volf hybrid exhibited a shorter vegetative period of 102 days compared to the Ukrainian F1 hybrid, which had a duration of 108 days. The plant height during the late and middle sowing dates was on average 5% higher compared to the early sowing period in the cultivation of the Ukrainian F1 hybrid. The RST Volf hybrid displayed a better plant habitus during the early sowing period, and it also formed the highest height of 160.8 cm, which was 3.2 and 4.3 cm lower, respectively.*

*Summarizing the crop yields over the research period reveals a clear trend that the Ukrainian F1 sunflower hybrid produces a better yield during the late sowing period, averaging 3 tons/ha more. The RST Volf hybrid has a higher yield by 0.36 tons per hectare.*

*For the early sowing period, the RST Volf hybrid provided a seed mass of 102.3 g per head, which was 3.5% higher compared to sowings on April 24th. During the late sowing period, the seed mass from the head of this hybrid was 112.4 g. The seed looseness of sunflower was higher in variants with the cultivation of the Ukrainian F1 hybrid, averaging 23.3%, while the RST Volf hybrid had a lower percentage of seed shelling at 21.8%. As we can see, the seed looseness of sunflower is not dependent on sowing dates but is formed due to the biological characteristics of the hybrid.*

**Key words:** sunflower, hybrid, technology elements, row spacing, plant density, yield.

### Вступ

Для агропромислового комплексу України соняшник є головною олійною культурою. Йому приділяється велика увага у зв'язку із зростаючим попитом на соняшникову олію, яка використовується в харчовій і технічній промисловості, а відходи переробки – для годівлі сільськогосподарських тварин (Димитров, 2015).

На сьогоднішній день соняшник став об'єктом значного попиту в Україні: упродовж останніх двадцяти років площа, відведена під цю культуру, зросла більш ніж у три рази і досягла 5,2 мільйонів гектарів. Цей процес визначається не лише кількісним збільшенням площі та ареалу, але й якісним впровадженням технологій, що призвело до підвищення середньої врожайності в основних зонах вирощування з 9-10 до 18-19 ц/га (Ткачук та ін., 2020; Ткачук, 2023).

Соняшник є однією з важливих та економічно привабливих культур в сучасному сільському господарстві України, займаючи ключові позиції на світовому ринку виробництва та експорту. Розширення посівних площ і підвищення рівня сільського господарства сприяли збільшенню валового врожаю соняшнику (Каленська та ін., 2020; Курач та ін., 2023).

Завдяки науковим дослідженням вчених з різних регіонів України, таких як С.М. Каленська, О.І. Поляков, М.І. Федорчук, О.А. Єременко, Е.М. Горбатюк та інших, вдалося вирішити багато технологічних проблем, що дозволяють ефективно використовувати біологічний потенціал соняшнику (Єременко, 2017; Каленська та ін., 2020; Мазур та ін., 2020; Кириченко та ін., 2023). Сучасні гібриди соняшнику відрізняються за тривалістю вегетаційного періоду, стійкістю до хвороб, генетичним потенціалом продуктивності, адаптивністю до умов вирощування та стійкістю до стресових факторів. Також важливим є розроблення ключових елементів технології вирощування соняшнику, які сприяють реалізації їх генетичного потенціалу. Зокрема, до таких факторів відносяться терміни сівби соняшника в умовах конкретної зони та ширина міжрядь (Ковіхін, 2016; Пінковський, 2019).

Одним із ключових завдань на сучасному етапі сільськогосподарського виробництва є зростання валового збору соняшнику, не розширюючи при цьому посівні площі. Це має відбуватися завдяки підвищенню врожайності соняшнику та використанню енергоощадних та ґрунтозберігаючих технологій. Соняшник є перспективною та еко-

номічно вигідною культурою, що виступає основною олійною культурою в нашій країні. Регіони виробництва соняшнику відрізняються природними умовами (Міхєєв та ін, 2019).

Існують два підходи до збільшення обсягів виробництва соняшнику: екстенсивний, який передбачає розширення посівних площ та інтенсивний, який включає в себе використання сучасних технологічних методів вирощування і додаткові витрати на підвищення урожайності. Обидва підходи мають свої екологічні недоліки, тому найважливішим фактором для збільшення виробництва соняшнику є раціональне управління сільськогосподарським виробництвом (Ткачук та ін, 2020; Ткачук та ін, 2023). Один із способів підвищення ефективності вирощування соняшнику полягає у впровадженні новітніх екологічно спрямованих технологій виробництва (Ткаліч та ін., 2018; Циліурік та ін., 2022).

Метою роботи було визначення агрономічно-обґрунтованих строків посіву гібридів соняшника, що забезпечить формування оптимальної структури продуктивності культури в умовах західного Лісостепу.

#### Матеріал і методи

Вплив строків сівби на продуктивність соняшнику вивчали у виробничому досліді, який проводили в 2022-2023 рр. у ПФГ «Поточище» Коломийського району Івано-Франківської області. Площа сільськогосподарських угідь фермерського господарства на сьогодні складає 3600 га.

Дослідження строків посіву соняшнику в умовах західного регіону України було проведено на полях зерно-просапної сівозміни з наступним чергуванням культур: озима пшениця, соняшник, соя, буряк цукровий, кукурудза на зерно. Відповідно до проведених ґрунтових досліджень встановлено, що чорнозем опідзолений характеризувався наступними середньозваженими показниками (табл. 1). Вміст гумусу становив в ґрунтах дослідження в 0-30 см шарі 3,6 %.

Реакція ґрунтового середовища нейтральна з показником рН 6,2, ґрунт добре забезпечений фосфором та калієм, задовільно забезпечений азотом. Підорний горизонт даного ґрунту характеризується високим вмістом гумусу 2,3 %, нейтральною реакцією ґрунту та підвищеним вмістом калію 179 мг/кг.

Експеримент проводився за наступною схемою (табл. 2).

Таблиця 1  
Середньозважені показники чорнозему опідзоленого

Показники родючості	Шар ґрунту, см			
	0-10	10-20	20-30	30-50
Гумус, %	3,6	3,6	2,9	2,3
рН сольове	6,2	6,2	6,0	6,4
Лужногідролізований азот, мг/кг	115	99	66	47
Рухомий фосфор, мг/кг	118	116	116	80
Обмінний калій, мг/кг	120	113	113	179
Щільність складення, г/см <sup>3</sup>	1,25	1,25	1,28	1,33

Таблиця 2  
Схема дослідів

№ п/п	Фактор А – строки посіву	Фактор В – гібриди соняшнику
1	Ранній (температура ґрунту 6±2°C)	Український F <sub>1</sub> РЖТ-Вольф
2	Середній (температура ґрунту 10±2°C)	
3	Пізній (температура ґрунту 14±2°C)	

Враховуючи те, що весна 2023 року характеризувалась дуже високими активними температурами з другої декади березня ранній посів було проведено у другій декаді квітня (17.04). Прогрівання ґрунту проходило досить стрімко і температура 10°C у насінневому ложі спостерігалася уже станом на 24 квітня. Тоді було проведено другий посів. Третій посів соняшнику провели при прогріванні ґрунту на 14°C, тобто 02.05. Посів проводили відповідно до схеми дослідів сівалкою точного висіву з нормою 60 тис. насінин на гектар, ширина міжряддя 70 см, глибина загортання насіння 6 см. При посіві вносили аміачну селітру в дозі 60 кг діючої речовини на гектар.

Технологія вирощування соняшника була загальноприйнятою для умов Прикарпаття України із врахуванням високої матеріально-технічної бази господарства.

#### Результати та обговорення

Гібриди, які досліджувалися в залежності від строків посіву, формували різну висоту. Вищі лінійні розміри у варіантах з гібридом Український F<sub>1</sub> сформувалися за середнього

та пізнього строків посіву – 160,2 та 156,8 см, що було вище по відношенню до раннього строку посіву в середньому на 5% (рис. 1).

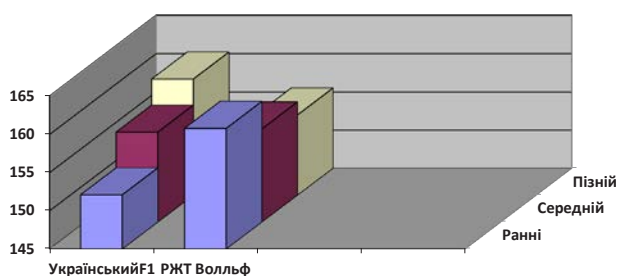


Рис. 1. Висота рослин гібридів соняшнику залежно від строків посіву

За вирощування гібриду РЖТ Волльф за ранніх строків посіву соняшник сформував найвищу висоту 160,8 см, вона була нижча відповідно на 3,2 та 4,3 см. Отже встановлено, що строки посіву по-різному впливали на формування лінійної висоти гібридів в умовах придністровської зони Івано-Франківської області. Ранні строки посіву сприяли кращому формуванню габітуса рослин сорту РЖТ Волльф, а середні та пізні строки більш позитивно сприяли розвитку гібриду Український F1.

У нашому досліді на період бутонізації найвища кількість листків сформувалася за вирощування гібриду РЖТ Волльф (табл. 3).

Рослини, які були посіяні 02 травня характеризувалися найвищою кількістю листків 15,6 на рослину, середній посів даного гібриду зумовив формування листків у межах 14,8 штук. За раннього посіву облиствленість була менша на 9 %. Гібрид Український F1 на період бутонізації характеризувався значно меншою облиствленістю, де за посіву 17 квітня кількість зелених листків становила 12,3 штук на рослину, за середнього посіву спостерігається зменшення листового апарату на 5 %, тоді як у варіанті за посіву 02 травня кількість листків зростає на 9 %.

Облиствленість рослин соняшнику на період початку та кінця цвітіння була вища у варіантах з вирощуванням гібриду РЖТ Волльф. На період початку цвітіння вона становила за середнього та пізнього строку 21,2 та 21,4 листків на рослині. На період завершення цвітіння кількість листків становила 11,6 штук. Сорт Український F1 характеризувався меншою облиствленістю як на початку, так і в кінці, цвітіння в середньому на 3 %. Загалом прослідковується чітка динаміка у формуванні листової поверхні. Так, середні та пізні строки посіву сприяють формуванню більшої листової поверхні по відношенню до ранніх посівів на 4-6 % за вирощування сорту РЖТ Волльф.

Формування продуктивності гібридів РЖТ Волльф та Український F1 в залежності від строків посіву мало свої відмінності в процесі дослідження. У 2022 році показники урожайності склали 3,06 та 2,56 т/га, за середнього та пізнього строку посівів урожайність в даному році на варіантах з вирощуванням гібриду Український F1 зростало відповідно на 6,3 та 13,7 % (табл.4). Посіви гібриду РЖТ Волльф, які були проведені 24 квітня та 02 травня мали вищу урожайність по відношенню до раннього строку на 4 та 9,8 %. Тобто в даному році середні та пізні строки посіву забезпечували кращу урожайність. Гібрид РЖТ Волльф у всіх варіантах мав вищі показники врожайності по відношенню до гібриду Український F1 в середньому на 15-17%.

Дані урожайності 2023 року показали, що на відміну від попереднього року ранній строк посіву гібридів соняшнику забезпечував найвищу урожайність.

Так, гібрид РЖТ Волльф характеризувався максимальними показниками урожайності 3,45 тонн на гектар порівняно з усіма іншими варіантами. Зміщення терміну посівів призвело до зниження урожайності на 2,9-5,2 %. Гібрид Український F1 в цьому році характеризувався вищою уро-

Таблиця 3

Кількість зелених листків на рослинах соняшнику

Гібриди	Строки посіву	Бутонізація	Цвітіння	
			Початок	Кінець
Український F1	Ранній	12,3	19,9	10,2
	Середній	11,7	18,9	9,4
	Пізній	13,5	20,1	11,2
РЖТ-Волльф	Ранній	14,3	20,7	10,9
	Середній	14,8	21,2	11,6
	Пізній	15,6	21,4	11,6



жайністю як і в попередньому в середньому на 0,7 т/га. Кращий урожай даного гібриду ми спостерігали за раннього та пізнього строків посіву відповідно 3,27 та 3,08 т/га. Середній строк посіву мав найнижчу урожайність 2,93 т/га.

Структура урожаю соняшника характеризується масою його насіння, натурою та лузжистістю. Важливим показником, що корелює урожайність є кількість отриманого насіння з одного кошика. Тому що, терміни посіву мають суттєвий вплив на формування виповненого насіння за рахунок перерозподілу поживних елементів та їх трансформацію в суху речовину.

На варіантах досліду максимальні показники маси насіння з одного кошика за вирощування гібриду Український F1 були за пізнього строків посіву становили 99,1 г, найменшим показником характеризувався варіант із середнім строком посіву 96,7 г (табл. 5).

У дослідженнях середній та пізній строки посіву за вирощування гібриду Український F1 формували масу 1000 насінин 52,4 г за раннього строків посіву, до 55,8 г за середнього та 57,3 г за пізнього терміну посіву.

Гібрид РЖТ Вольф за пізнього строків посіву характеризувався найвищими показниками: маса 1000 насінин становила 61,7 г, наближеним за показниками був і ранній строк посіву – 61,0 г. Посів проведений 24

квітня формував масу 1000 насінин меншу на 4 % по відношенню до інших строків. Натура насіння досліджуваних гібридів зростала зі зменшенням строку посіву на більш пізні терміни. За раннього строку посіву натура насіння гібриду Український F1 становила 472 г/л, гібриду РЖТ Вольф – 498 г/л, середній термін посіву забезпечував натуру відповідно 484 та 512 г/л, варіанти із строком посіву 2 травня характеризувались натурою насіння 501 та 526 г/л.

Лузжистість насіння соняшнику була вища у варіантах з вирощуванням гібриду Український F1 і в середньому становила 23,3 %, гібрид РЖТ Вольф мав менший відсоток лузпинності 1,8 %. Як ми бачимо, лузжистість насіння соняшнику не залежить від строків посіву, а формується внаслідок біологічних особливостей гібриду.

#### Висновки

1. Висота рослин за пізнього та середнього строку посіву вища в середньому на 5 % по відношенню до раннього терміну посіву за вирощування гібриду Український F1. Гібрид РЖТ Вольф формував кращий габітус рослин за раннього строку посіву.

2. Продуктивність гібриду РЖТ Вольф на 0,36 т вища по відношенню до гібриду Український F1. Найвищі показники урожайності формуються за пізнього строку посіву від 3,0 до 3,36 тонн на гектар.

Таблиця 4

Урожайність гібридів соняшнику, т/га

Гібриди соняшнику	Строки посіву	Урожайність за роки досліджень		Середня урожайність
		2022 р.	2023 р.	
Український F1	Ранній	2,56	3,27	2,92
	Середній	2,72	2,93	2,83
	Пізній	2,91	3,08	3,00
РЖТ Вольф	Ранній	3,06	3,45	3,26
	Середній	3,18	3,27	3,23
	Пізній	3,36	3,35	3,36

Таблиця 5

Структура урожаю гібридів соняшника за різних строків посіву

Гібриди соняшнику	Строки посіву	Маса насіння, г		Натура, г/л	Лузжистість, %
		з кошика	1000 насінин		
Український F1	Ранній	98,5	52,4	472	23,5
	Середній	96,7	55,8	484	23,1
	Пізній	99,1	57,3	501	23,1
РЖТ Вольф	Ранній	102,3	61,0	498	21,8
	Середній	99,0	59,2	512	21,8
	Пізній	112,4	61,7	526	21,8

### Список використаної літератури

- Димитров С.Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. № 23. С. 19–23.
- 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.
- Каленська С.М., Гарбар Л.А., Горбатюк Е.М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 49–55.
- Каленська С.М., Присяжнюк О.І., Мокрієнко В.А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Vol. 16. № 4. P. 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058>.
- Кириченко В.В., Маляк К.М., Леонова Н.М., Коломацька В.П., Леонов О.Ю., Шепілов Б.П. Особливості технології вирощування гібридів соняшнику кондитерського типу в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1 (898). С. 14–21.
- Ковіхін С.В. Вплив густоти стояння рослин та удобрення на формування продуктивності гібридів соняшнику в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Гринь Д.С., 2016. № 96. С. 74–79.
- Курач О.В., Лукашук Я.Я., Пермута В.В. Вплив доз мінерального удобрення та симуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 8 (845). С. 12–19.
- Мазур В.А., Дідур І.М., Циганський В.І., Маламура С.В. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від рівня удобрення та умов зволоження. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 208–220.
- Міхеєв В.Г., Молоков А.В. Продуктивність соняшнику залежно від строків сівби. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2019. № 1. С. 57–65.
- Піньковський Г.В. Ріст, розвиток та продуктивність рослин соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння в правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 78–85.
- Ткаліч І.Д., Гирка А.Д., Бочевар О.В., Ткаліч Ю.І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах степу України. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 44–52.
- Ткачук О.П., Бондарук Н.В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 120–127.
- Ткачук О.П., Овчарук В.В. Потенціал біомаси побічної продукції рослинництва для удобрення ґрунту. *Scientific achievements of modern society. Abstracts of IX International scientific and practical conference*, April 28–30. Liverpool, 2020. P. 1069–1076.
- Циліорик О.І., Румбах М.Ю., Іжболдін О.О., Бондаренко О.В. Вплив регуляторів росту на ріст і розвиток рослин соняшнику в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 1. С. 69–81.

### References (translated & transliterated)

- Dymytrov, S.H. (2015). Formuvannia produktyvnosti hibrydiv soniashnyku zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Formation of sunflower hybrid productivity depending on cultivation technology elements]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of bioenergy crops and sugar beet], 23, 19–23 [in Ukrainian].
- Yeremenko, O.A. (2017). Produktyvnist soniashnyku zalezno vid mineralnoho zhyvlennia ta peredposivnoi obrobky nasinnia za umov nedostatnoho zvolozhennia [Productivity of sunflower depending on mineral nutrition and pre-sowing seed treatment under conditions of insufficient moisture]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of the Poltava state agrarian academy], 3, 25–30 [in Ukrainian].
- Kalenska, S.M., Harbar, L.A., & Horbatiuk, E.M. (2020). Rol rehlementiv sivby u formuvanni fitometrychnykh pokaznykiv soniashnyku [The role of sowing regulations in shaping the phytometric indicators of sunflower]. *Tavriskyyi naukovyi visnyk* [Taurian scientific herald], 113, 49–55 [in Ukrainian].
- Kalenska, S.M., Prysiazhniuk, O.I., & Mokriienko, V.A. (2020). Plastychnist urozhainosti hibrydiv soniashnyku v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The plasticity of sunflower hybrid yields in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (4), 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058> [in Ukrainian].

Kyrychenko, V.V., Makliak, K.M., Leonova, N.M., Kolomatska, V.P., Leonov, O.Iu., & Shepilov, B.P. (2023). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv soniashnyku kondyterskoho typu v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Features of the cultivation technology of confectionery-type sunflower hybrids in the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Herald of Agrarian science]*, 1 (898), 14–21 [in Ukrainian].

Kovikhin, S.V. (2016). Vplyv hustoty stoiannia roslyn ta udobrennia na formuvannia produktyvnosti hibrydiv soniashnyku v umovakh Pivdnia Ukrainy [The impact of plant stand density and fertilization on the formation of sunflower hybrid productivity in the conditions of Southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian scientific herald]*. Kherson: Hrin D.S, 96, 74–79 [in Ukrainian].

Kurach, O.V., Lukashuk, Ya.Ia., & Permuta, V.V. (2023). Vplyv doz mineralnogo udobrennia ta symulatoriv rostu na produktyvnist hibrydiv soniashnyku [The influence of doses of mineral fertilization and growth stimulators on the productivity of sunflower hybrids]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Herald of Agrarian science]*, 8 (845), 12–19 [in Ukrainian].

Mazur, V.A., Didur, I.M., Tsyhanskyi, V.I., & Malamura, S.V. (2020). Formuvannia produktyvnosti hibrydiv soniashnyku zalezno vid rivnia udobrennia ta umov zvolozhennia [Formation of sunflower hybrid productivity depending on the level of fertilization and moisture conditions]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]*, 19, 208–220 [in Ukrainian].

Mikheiev, V.H., & Molokov, A.V. (2019). Produktyvnist soniashnyku zalezno vid strokiv sivby [Sunflower productivity depending on sowing dates.]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Kharkiv national agrarian university]*, 1, 57–65 [in Ukrainian].

Pinkovskiy, H.V. (2019). Rist, rozvytok ta produktyvnist roslyn soniashnyku zalezno vid strokiv sivby ta hustoty stoiannia v pravoberezhnomu Stepu Ukrainy [Growth, development, and productivity of sunflower plants depending on sowing dates and plant density in the Right-Bank Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian scientific herald]*, 108, 78–85 [in Ukrainian].

Tkalich, I.D., Hyrka, A.D., Bochevar, O.V., & Tkalich, Yu.I. (2018). Ahrotekhnichni zakhody pidvyshchennia urozhainosti nasinnia soniashnyka v umovakh stepu Ukrainy [Agrotechnical measures to increase sunflower seed yield in the conditions of the Ukrainian steppe]. *Zernovi kultury [Cereal crops]*, 2 (1), 44–52 [in Ukrainian].

Tkachuk, O.P., & Bondaruk, N.V. (2023). Faktory intensyfikatsii ta ekolohizatsii vyroshchuvannia soniashnyku [Factors of intensification and ecological aspects in sunflower cultivation.]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]*, 18, 120–127 [in Ukrainian].

Tkachuk, O.P., & Ovcharuk, V.V. (2020). Potentsial biomasy pobichnoi produktsii roslynnytstva dlia udobrennia igruntu [Biomass potential of plant by-products for soil fertilization]. *Scientific achievements of modern society. Abstracts of IX international scientific and practical conference*, April 28–30, Liverpool, 1069–1076 [in Ukrainian].

Tsyliuryk, O.I., Rumbakh, M.Iu., Izhboldin, O.O., & Bondarenko, O.V. (2022). Vplyv rehulatoriv rostu na rist i rozvytok roslyn soniashnyku v Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Influence of growth regulators on the growth and development of sunflower plants in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury [Cereal crops]*, 6 (1), 69–81 [in Ukrainian].

Отримано: 30.01.2024

Прийнято: 19.02.2024



УДК 631.5-048.34:633.16

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.16>

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (*HORDEUM VULGARE L.*)  
ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ  
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

**В. З. Панчишин<sup>1</sup>, В. В. Мойсієнко<sup>2</sup>, Т. А. Сладковська<sup>3</sup>,  
Л. О. Перепелиця<sup>4</sup>, Н. І. Корево<sup>5</sup>**

*У статті наведені результати досліджень, які були проведені на території Лісостепу України протягом 2021-23 рр., де вивчалися показники зернової та кормової продуктивності ячменю ярого в залежності від сорту, позакореневого підживлення та передпосівної обробки насіння.*

*Вивчалися також показники частки впливу досліджуваних факторів на урожайність зерна та кореляційна залежність між виходом перетравного протеїну та виходом урожаю. Дослідження проводилися з сортами ячменю ярого Спітфаер, Імідж та Авгій. Під час фенологічних спостережень виявили показники висоти та густоти досліджуваних сортів.*

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: ranch22@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-5256-5052

<sup>2</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
кафедри технологій у рослинництві  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: veraprof@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-8880-9864

<sup>3</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
Спеціаліст Інституту агроєкології та рослинництва  
(Вроцлавський університет природничих наук, м. Вроцлав)  
e-mail: tetiana.sladkovska@upwr.edu.pl  
ORCID: 0000-0001-8472-0248

<sup>4</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: perepelitsyal@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-1610-1239

<sup>5</sup> старший викладач,  
кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: ninakorevo@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-3744-1382

Було з'ясовано, що зернова продуктивність ячменю ярого незалежно від сорту на варіанті проведення лише обробки водою (контроль) склала 2,74-3,22 т/га.

За внесення препаратів без передпосівної обробки урожайність зерна збільшилася до показників 2,98-3,52 т/га. Додаткова обробка насіння забезпечила приріст урожаю ще на 0,10-0,23 т/га.

Сорт Спітфаєр показав кращі показники урожайності зерна. На контролі урожайність цього сорту склала 3,22 т/га, що на 0,48 т/га більше порівняно із сортом ячменю ярого Авгій, та на 0,30 т/га – порівняно із сортом Імідж.

При позакореновому підживленні ця тенденція зберігалася, і на варіанті Вегестим + передпосівна обробка у сорті Спітфаєр було зафіксовано найвищі показники урожайності – 3,75 т/га, що на 1,01 т/га більше порівняно із контролем.

Виявлено, що найбільший вплив на урожайність зерна мав сорт – 66,40 %, позакореневе підживлення вплинуло на урожайність на 25,50 %, інші не досліджувані фактори – на 7,20 %.

На ділянках без позакоренового підживлення препаратами вихід кормових одиниць склав 3,54 т/га на сорті Авгій, 3,77 т/га – на сорті Імідж та 4,16 т/га – на сорті Спітфаєр. Вихід перетравного протеїну відповідно склав 1,99 т/га, 2,10 т/га та 2,31 т/га.

По мірі проведення позакоренового підживлення препаратами вихід поживних речовин також зростає. За внесення препарату Вегестим у 2 строки вихід кормових склав 3,85-4,06 т/га, а вихід перетравного протеїну – 2,14-2,46 т/га. За внесення Агrostимуліну ці показники склали 3,73-4,67 т/га к. од. та 2,08-2,61 т/га перетравного протеїну.

Найбільші показники виходу поживних речовин були на сорті ячменю ярого Спітфаєр – 4,83 т/га к. год. та 2,69 т/га перетравного протеїну – варіанті Вегестим + передпосівна обробка, та 4,67 т/га к. од і 2,61 т/га перетравного протеїну – на варіанті Агrostимулін + передпосівна обробка.

**Ключові слова:** позакореневе підживлення, сорт, зерно, передпосівна обробка насіння, ячмінь ярий.

## PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) DEPENDING ON VARIETY AND FOLIAR FEEDING IN FOREST-STEPPE CONDITIONS OF UKRAINE

**V. Z. Panchyshyn, V. V. Moisienko, T. A. Sladkovska, L. O. Perepelitsa, N. I. Korevo**

*The article presents the results of studies that were conducted on the territory of the Forest-steppe of Ukraine during 2021-23, where the indicators of grain and fodder productive spring barley were studied, depending on the variety, foliar feeding and presowing treatment of seeds.*

*The indicators of the share of influence of the studied factors on the grain yield and the correlation between the output of digestive protein and the yield were also studied.*

*Studies were conducted with varieties of barley spring Spitfire, Imidzh and Avhii. During phenological observations, they found indicators of the height and density of the studied varieties.*

*It was found that the grain productivity of spring barley not depending on the variety on the variant by conducting only water treatment (control) was 2,74-3,22 t/ha.*

*During the introduction of preparations without pre-sowing treatment, the grain yield increased to 2,98-3,52 t/ha. Additional treatment of seeds provided an increase in yield by another 0,10-0,23 t/ha.*

*The Spitfire variety showed the best indicators of grain yield. At the control, the yield of this variety was 3,22 tons/ha, which is 0,48 tons/ha more compared to the barley variety of spring Avhii, and 0,30 tons/ha - compared to the Imidzh variety.*

*With foliar feeding, this trend continued, and on the Vegestim + variant, pre-sowing treatment with the Spitfire variety, the highest yields were recorded – 3,75 t/ha, which is 1,01 t/ha more compared to the control.*

*It was found that the greatest influence on the yield of grain had a variety – 66,40%, foliar feeding influenced the yield by 25,50%, other factors not studied - by 7,20%.*

*As the foliar feeding with drugs also increased the yield of nutrients. For the introduction of Vegestim in 2 terms, the feed yield was 3,85-4,06 t/ha, and the digestible protein yield was 2,14-2,46 t/ha. For the introduction of Agrostimulin, these indicators amounted to 3,73-4,67 t/ha. and 2,08-2,61 t/ha of digestible protein.*

*The highest rates of nutrient yield were on the barley variety of spring Spitfire – 4,83 t/ha feed units and 2,69 t/ha digestible protein - Vegestim variant + preseeding treatment, and 4,67 t/ha feed units and 2,61 t/ha digestible protein - on Agrostimulin variant + preseeding treatment.*

**Key words:** foliar feeding, variety, grain, presowing seed treatment, spring barley.

## Вступ

Збільшення виробництва зернових сьогодні є одним із найважливіших завдань для забезпечення розвитку сільського господарства України у всіх її природно-кліматичних зонах. Це безпосередньо залежить від задоволення зростаючих продовольчих потреб населення і розвитку тваринництва. При цьому важливим фактором підвищення ефективності зернової галузі є раціональне та екологічно безпечне використання ґрунтово-кліматичних, біологічних, штучних та людських ресурсів, які потребують більшої орієнтації у виробництві круп для забезпечення можливості виробництва продуктів харчування, з яких ячмінь є важливою сільськогосподарською культурою. З метою покращення біологічного потенціалу зернових культур важливо впроваджувати сучасні, ефективні та конкурентоспроможні технології вирощування, які мають базуватися на виборі врожаю, адаптованому до умов України та використанні сучасних біологічних препаратів (Артем'єва, 2018; Лавриненко та ін., 2019).

Зернове виробництво традиційно займало чільне місце в структурі рослинництва і загалом лише 26 видів сільськогосподарських культур культивуються в Україні (Гирка та ін., 2019). Фермери заробляють майже третину грошового доходу від продажу зерна. Загальний попит на зернові в країні визначається кількістю зернових культур для продуктів харчування, переробки, кормів, насіння, експорту та державних резервів. Найбільша частка припадає на зернові, що споживаються худобою і використовуються як їжа населенням (Гирка та ін., 2017).

Сільськогосподарське виробництво є рушійною силою аграрного сектору України (Мамедова, 2018). Внутрішнє споживання зернових ще 10 років тому становило близько 29 млн тонн, з них: 55-56% – для худоби та птиці, 22-23% – для продовольства, 10-11% – для насіння, 4-5% – для переробки, 6-8% – для зберігання та переробки. Ярий ячмінь вирощується в Україні як харчова, кормова та технічна культура. Однак з точки зору використання своєї продукції в народному господарстві це переважно цінна зернова культура, яка має значну частку в балансі концентрованих кормів (Мамедова, 2018).

У селекції високо цінується ячмінна солома як джерело великої кількості сирого протеїну, особливо сортів із гладкою поро-

нистістю (в 1 ц міститься 36 кормових одиниць). Ячмінь вирощують на зелену масу і сіно, а суміш із горохом та іншими високобілковими культурами часто дає урожайність зеленої маси 25,0-30,0 т/га. Ячмінь є важливою культурою харчування з високим вмістом білка та крохмалю (9-11 % та 82-85 % відповідно).

Дворядне зерно ячменю – найкраща сировина для заварювання. Заварювання зерна повинно бути грубим, із низьким вмістом білка (9-12,5%) і високим вмістом крохмалю (63-65%). Ячмінне зерно також використовується для виробництва заміників кави та солодких заміників (Поліщук, 2018).

За внесення регуляторів росту за різних систем удобрення ряд вчених (Vinukov et al., 2022) виявили, що на контролі урожайність ячменю склала 1,65-2,63 т/га. За різних систем захисту та позакореневого підживлення вона збільшувалася і на варіанті з використанням препарату сезам склала 3,05-3,99 т/га, тобто приріст склав 52-117 %.

Ряд авторів визначив, що в умовах Полтавської області внесення регуляторів росту забезпечує урожайність зерна на рівні 5,26-5,54 т/га та 4,16-4,54 т/га на варіантах без регуляторів росту (Горобець та ін., 2020).

Разом з цим на сортах ячменю ярого Парнас та Геліос виявили, що внесення стимуляторів росту (Полістин та циркон) прискорює настання фази колосіння (ВВСН 37-39) в середньому на 2-4 дні, тоді як препарат Епін-екстра – лише на 1-2 дні.

При подальшому спостереженні за фазами росту і розвитку рослин визначили, що зерно дозрівало на 2-4 дні раніше ніж на контролі (Klein & Guimarães, 2018).

Загалом можна сказати, що урожайність ячменю ярого є доволі мінливою та залежить як від технологічних аспектів вирощування, так і від погодних умов та сорту (Гудзенко та ін., 2018).

## Матеріал і методи

Досліди проводились в умовах Лісостепу України протягом 2021-23 рр. Ґрунти, на яких вирощувалося ячмінь ярий – чорнозем опідзолений легкосуглинковий (вміст гумусу за роки досліджень – 3,10-3,14 %, рН – 7,1-7,2).

Схема досліду : фактор А (сорт) : 1. Авгій, 2. Спїтфаєр 3. Імїдж, фактор Б (позакореневе підживлення) : 1. Обробка водою (контроль), 2. Вегестим, 3. Вегестим + передпосївна обробка, 4. Агростимулін, 5. Агростимулін + передпосївна обробка.

Глибина загортання насіння – 4-5 см, ширина міжряддя – 15 см.

Попередником ячменю була кукурудза, після збирання якої проводили оранку (20-23 см). Рано навесні провели боронування (10-12 см) з передпосівною культивування (4-6 см). Норма висіву – 5 млн шт./га.

Препарати вносили у фазах куцнення (ВВСН 21-31) та виходу прапорцевого листка (ВВСН 37-39). Передпосівну обробку насіння проводили за день до посіву. Норми внесення згідно рекомендацій виробника препаратів (Вегестим 150 мл/га за 2 обробки, Агростимулін 50 мл/га за 2 обробки, передпосівна обробка – 250 мл/т насіння для 2-х препаратів). Мінеральні добрива не вносилися.

### Результати

Під час проведення досліджень ми виявили зернову продуктивність ячменю ярого залежно від сорту та позакореневого підживлення. На варіанті проведенням лише обробки водою (контроль) урожайність складала 2,74-3,22 т/га (рис. 1).

За внесення препаратів без передпосівної обробки урожайність зерна збільшилася до показників 2,98-3,52 т/га. Додаткова обробка насіння забезпечила приріст урожаю ще на 0,10-0,23 т/га.

Сорт Спітфаєр показав кращі показники урожайності зерна. На контролі урожайність цього сорту складала 3,22 т/га, що на 0,48 т/га більше порівняно з сортом ячменю ярого Авгій, та на 0,30 т/га – порівняно з сортом Імідж.

При позакореновому підживленні ця тенденція зберігалася, і на варіанті Вегестим + передпосівна обробка сорт Спітфаєр було зафіксовано найвищі показники урожайності – 3,75 т/га, що на 1,01 т/га більше порівняно з контролем.

Ми розраховували частку впливу факторів на урожайність ячменю ярого (рис. 2).

Виявлено, що найбільший вплив на урожайність зерна мав сорт – 66,40 %, позакореневе підживлення вплинуло на урожайність на 25,50 %, інші не досліджувані фактори – на 7,20 %.

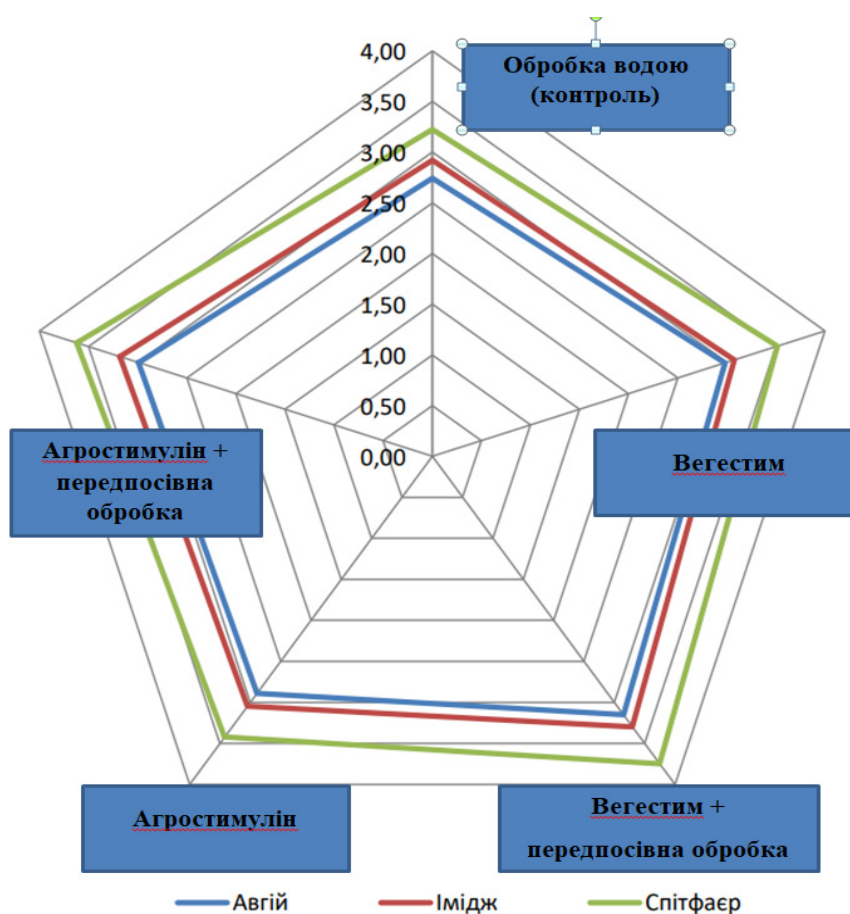


Рис. 1. Урожайність зерна ячменю ярого залежно від сорту та позакореневого підживлення, середнє за 2021-23 рр.

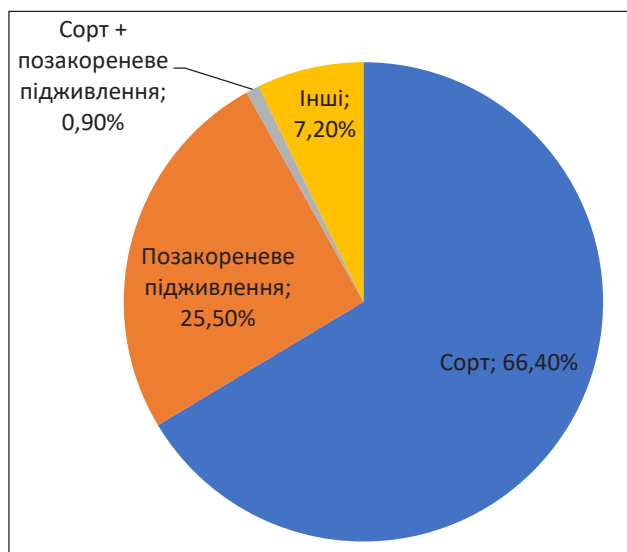


Рис. 2. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність зерна ячменю ярого, середнє за 2021-23 рр.

Під час фенологічних спостережень було виявлено показники листкового апарату рослин ячменю ярого. Загалом відмічена тенденція щодо збільшення площі листків по мірі внесення препаратів. Під час фази куцнення різниця була не знач-

ною (максимальний показник 1,75 % був у сорті Спїтфаер при внесенні препарату Вегестим), оскільки саме у фазу куцнення ми почали проводити перший строк позакореневого підживлення.

На варіантах із передпосівною обробкою насіння приріст площі листкової поверхні, порівняно з контрольними ділянками (обробка водою), склав 2,78-4,63 % у сорті Авгїй, 5,50-7,34% – у сорті Імїдж та 2,63-4,39 % – у сорті Спїтфаер (табл. 1).

По мірі проходження фаз вегетації різниця між варіантами зростала, адже препарати почали діяти. У фазі виходу у трубку (ВВСН 37) різниця із контролем на сорті Авгїй вже складала 15,66-18,69 % на варіантах без передпосівної обробки, на сорті Імїдж – 16,67-20,21 % та 13,81-18,1 % – на сорті Спїтфаер. При проведенні передпосівної обробки разом із листковим підживленням приріст склав 17,17-21,72 %, 15,71-18,57 % відповідно.

У фазі цвітіння (ВВСН 65) відмічені найбільші показники приросту площі листка. Загалом незалежно від сорту площа листкової поверхні була на 36,00-43,14 % більшою при використанні препарату Вегестим та 32,41-40,13 % – при використанні Агростимулін. Додаткове проведення передпосівної обробки насіння забезпечило

Таблиця 1

Площа листкової поверхні ячменю ярого за фазами розвитку, середнє за 2022-23 рр., тис. м<sup>2</sup>/га

Сорт	Позакореневе підживлення	Фази вегетації (ВВСН)		
		куцнення (ВВСН 24)	вихід у трубку (ВВСН 37)	цвітіння (ВВСН 65)
Авгїй	Обробка водою (контроль)	10,8	19,8	27,5
	Вегестим	10,8	23,5	37,4
	Вегестим + передпосівна обробка	11,3	24,1	39,9
	Агростимулін	10,8	22,9	36,5
	Агростимулін + передпосівна обробка	11,1	23,2	37
Імїдж	Обробка водою (контроль)	10,9	20,4	29
	Вегестим	11,0	24,5	40
	Вегестим + передпосівна обробка	11,7	25,1	41,8
	Агростимулін	11,0	23,8	38,4
	Агростимулін + передпосівна обробка	11,5	24,1	39,1
Спїтфаер	Обробка водою (контроль)	11,4	21,0	29,9
	Вегестим	11,6	24,8	42,8
	Вегестим + передпосівна обробка	11,9	24,9	44,2
	Агростимулін	11,5	23,9	41,9
	Агростимулін + передпосівна обробка	11,7	24,3	42,1



приріст у площі 34,55-40,80 % за внесення Агростимуліну та 44,14-47,83 % – за внесення Вегестиму.

Найбільші показники площі листків відмічені на сорті Спітфаєр за внесення Вегестим + передпосівна обробка – 44,2 тис м<sup>2</sup>/га, що на 16,7 тис м<sup>2</sup>/га (60,73%) більше порівняно з контролем.

По мірі проходження фаз росту та розвитку вихід біомаси зростає. Під час кушення на контролі вихід маси склав 512-523 г/м<sup>2</sup> та 516-532 г/м<sup>2</sup> – на підживлених ділянках (табл. 2).

Під час виходу у трубку рослин ячменю відповідні показники склали 1004-1209 г/м<sup>2</sup> та 1100-1489 г/м<sup>2</sup>.

Найбільші показники виходу біомаси забезпечив сорт Спітфаєр під час цвітіння рослин – 1818 г/м<sup>2</sup> на контролі, 2285-2316 г/м<sup>2</sup> – на варіантах із використанням препарату Агростимулін та 2318-2406 г/м<sup>2</sup> – при підживленні рослин Вегестимом. На сорті Авгій відповідні показники склали 1602 г/м<sup>2</sup>, 2104-2189 г/м<sup>2</sup> та 2114-2263 г/м<sup>2</sup>, що було найменшим показником серед досліджуваних сортів.

За час досліджень було встановлено, що в середньому тривалість періоду кушення (ВВСН 24) – вихід у трубку (ВВСН 37) склав

11±0,6 днів, а період вихід у трубку (ВВСН 37) – цвітіння (ВВСН 65) – 24±1,7 днів.

Дані засвідчили, що з початком фази активного росту фотосинтетичний потенціал рослин склав у проміжку кушення (ВВСН 24) – вихід у трубку (ВВСН 37) 0,34-0,4 млн м<sup>2</sup>/га \* доба (рис. 3.)

Під час періоду вихід у трубку (ВВСН 37) – цвітіння (ВВСН 65) на контрольних ділянках фотосинтетичний потенціал склав 1,14-1,62 млн м<sup>2</sup>/га \* доба, а чиста продуктивність фотосинтезу – 1,0-1,05 г/м<sup>2</sup> \* доба.

У сорті ячменю ярого Спітфаєр за внесення Вегестим + передпосівна обробка було відмічено найбільші показники фотосинтетичних параметрів – фотосинтетичний потенціал за періоди кушення (ВВСН 24) – вихід у трубку (ВВСН 37) та вихід у трубку (ВВСН 37) склали 0,40 млн м<sup>2</sup>/га \* доба та 1,66 млн м<sup>2</sup>/га \* доба. Чиста продуктивність фотосинтезу показала результати 4,73 г/м<sup>2</sup>\* доба та 1,11 г/м<sup>2</sup>\* доба відповідно.

Оскільки зерно ячменю часто використовується на кормові цілі, нами було розраховано кормову продуктивність ячменю ярого (табл. 3).

За основу брали показники середнього вмісту кормових одиниць та перетравного протеїну в 1 кг зерна ячменю ярого.

Таблиця 2

Вихід надземної біомаси ячменю ярого залежно від сорту та позакореневого підживлення, середнє за 2022–23 рр., г/м<sup>2</sup>

Сорт	Позакоренеve підживлення	Фази вегетації (ВВСН)		
		кушення (ВВСН 24)	вихід у трубку (ВВСН 37)	цвітіння (ВВСН 65)
Авгій	Обробка водою (контроль)	512	1004	1602
	Вегестим	521	1116	2114
	Вегестим + передпосівна обробка	529	1189	2263
	Агростимулін	516	1110	2104
	Агростимулін + передпосівна обробка	518	1156	2189
Імідж	Обробка водою (контроль)	518	1189	1803
	Вегестим	522	1274	2246
	Вегестим + передпосівна обробка	529	1341	2308
	Агростимулін	520	1219	2204
	Агростимулін + передпосівна обробка	521	1297	2265
Спітфаєр	Обробка водою (контроль)	523	1209	1818
	Вегестим	528	1408	2318
	Вегестим + передпосівна обробка	532	1489	2406
	Агростимулін	526	1352	2285
	Агростимулін + передпосівна обробка	528	1391	2316

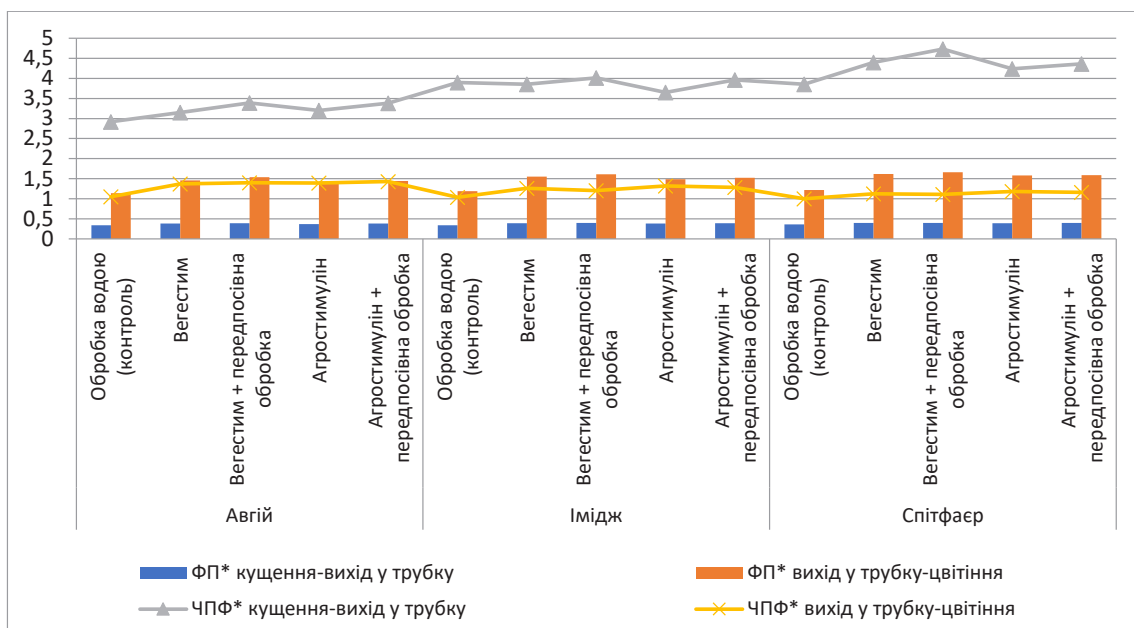


Рис. 3. Фотосинтетичні показники ячменю ярого залежно від умов вирощування, середнє за 2021-23 рр.  
\*ФП – фотосинтетичний потенціал, млн м<sup>2</sup>/га \* доба  
\*ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> \* доба

Таблиця 3

Кормова продуктивність ячменю ярого залежно від сорту та позакореневого підживлення, середнє за 2021-23 рр.

Сорт	Позакореневе підживлення	Вихід к. од., т/га	+/- до контролю		Вихід перетравного протеїну, т/га		+/- до контролю	
			т/га	%	т/га	%		
Авгий	Обробка водою (контроль)	3,54	-	-	1,99	-	-	
	Вегестим	3,85	0,31	10,9	2,14	0,16	10,8	
	Вегестим + передпосівна обробка	4,06	0,52	11,5	2,26	0,28	11,4	
	Агростимулін	3,73	0,19	10,5	2,08	0,09	10,5	
	Агростимулін + передпосівна обробка	3,86	0,32	10,9	2,15	0,16	10,8	
Імідж	Обробка водою (контроль)	3,77	0,23	10,7	2,10	0,11	10,6	
	Вегестим	3,97	0,43	11,2	2,22	0,23	11,1	
	Вегестим + передпосівна обробка	4,26	0,72	12,0	2,37	0,38	11,9	
	Агростимулін	3,93	0,39	11,1	2,19	0,20	11,0	
	Агростимулін + передпосівна обробка	4,11	0,57	11,6	2,29	0,30	11,5	
Спітфаєр	Обробка водою (контроль)	4,16	0,62	11,8	2,31	0,33	11,6	
	Вегестим	4,53	1,00	12,8	2,53	0,54	12,7	
	Вегестим + передпосівна обробка	4,83	1,29	13,7	2,69	0,70	13,5	
	Агростимулін	4,42	0,88	12,5	2,46	0,48	12,4	
	Агростимулін + передпосівна обробка	4,67	1,14	13,2	2,61	0,62	13,1	

На ділянках без позакореневого підживлення препаратами вихід кормових одиниць склав 3,54 т/га на сорті Авгій, 3,77 т/га – на сорті Імідж та 4,16 т/га – на сорті Спітфаєр. Вихід перетравного протеїну відповідно склав 1,99 т/га, 2,10 т/га та 2,31 т/га.

По мірі проведення позакореневого підживлення препаратами вихід поживних речовин також зростає. За внесення препарату Вегестим у 2 строки вихід кормових склав 3,85-4,06 т/га, а вихід перетравного протеїну – 2,14-2,46 т/га. За внесення Агростимуліну ці показники склали 3,73-4,67 т/га к. од. та 2,08-2,61 т/га перетравного протеїну.

Найбільші показники виходу поживних речовин були на сорті ячменю ярого Спітфаєр – 4,83 т/га к. од. та 2,69 т/га перетравного протеїну – варіанті Вегестим + передпосівна обробка, та 4,67 т/га к. од.

і 2,61 т/га перетравного протеїну – на варіанті Агростимулін + передпосівна обробка.

Ми розрахували статистичну залежність між урожайністю зерна ячменю ярого та виходом перетравного протеїну. Коефіцієнт кореляції був доволі високим (0,99).

На основі даних ми побудували рівняння регресії (рис. 4).

Під час фенологічних спостережень ми розрахували висоту та густоту рослин ячменю ярого (табл. 4).

На ділянках із проведенням обробки рослин лише водою висота та густина кошикалася в межах 81,0-86,0 см та 467,5-480,7 шт/м<sup>2</sup> відповідно.

За внесення препаратів без передпосівної обробки насіння ці показники виростили на 4,0 см та 2,0-3,0 шт/м<sup>2</sup> у сорті Авгій, 3,0-4,0 см та 4,0-6,1 шт/м<sup>2</sup> у сорті Імідж та 2,0-3,0 см та 5,1-8,1 шт/м<sup>2</sup> – у сорті Спітфаєр.

Таблиця 4

Висота та густина рослин ячменю ярого залежно від сорту та позакореневого підживлення, середнє за 2021-23 рр., М±m

Сорт	Позакореневе підживлення	Висота, см	+/- до контролю		Кількість стебел на 1 м <sup>2</sup>	+/- до контролю	
			см	%		шт./м <sup>2</sup>	%
Авгій	Обробка водою (контроль)	81,0±5,6	-	-	467,5±32,4	-	-
	Вегестим	85,0±5,9	4,0	10,5	470,6±32,6	3,0	10,1
	Вегестим + передпосівна обробка	87,0±6,0	6,1	10,8	476,7±33,0	9,1	10,2
	Агростимулін	85,0±5,9	4,0	10,5	469,6±32,5	2,0	10,0
	Агростимулін + передпосівна обробка	86,0±6,0	5,1	10,6	473,6±32,8	6,1	10,1
Імідж	Обробка водою (контроль)	83,0±5,7	2,0	10,3	478,7±33,1	11,1	10,2
	Вегестим	87,0±6,0	6,1	10,8	484,7±33,6	17,2	10,4
	Вегестим + передпосівна обробка	88,0±6,1	7,1	10,9	490,8±34,0	23,3	10,5
	Агростимулін	86,0±6,0	5,1	10,6	482,7±33,4	15,2	10,3
	Агростимулін + передпосівна обробка	87,0±6,0	6,1	10,8	485,8±33,6	18,2	10,4
Спітфаєр	Обробка водою (контроль)	86,0±6,0	5,1	10,6	480,7±33,3	13,2	10,3
	Вегестим	89,1±6,2	8,1	11,0	488,8±33,8	21,3	10,5
	Вегестим + передпосівна обробка	91,1±6,3	10,1	11,3	502,0±34,7	34,4	10,7
	Агростимулін	88,0±6,1	7,1	10,9	485,8±33,6	18,2	10,4
	Агростимулін + передпосівна обробка	89,1±6,2	8,1	11,0	494,9±34,3	27,3	10,6

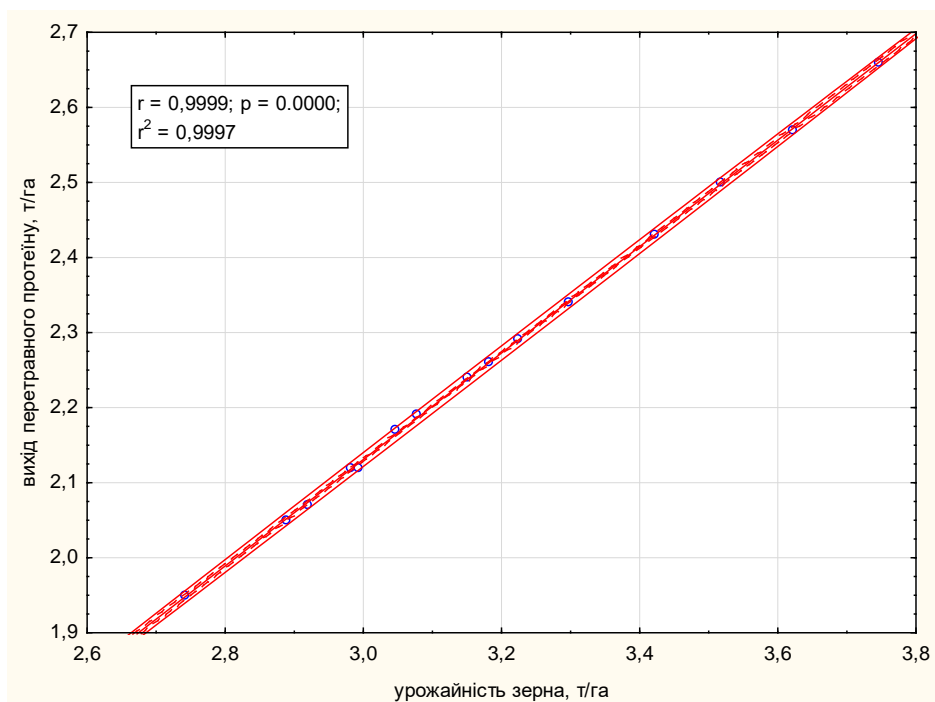


Рис. 4. Кореляційна залежність виходу перетравного протеїну від урожайності зерна ячменю ярого  
На основі отриманих даних ми побудували наступне рівняння регресії:  
 $y = 0,0037 + 0,7091 \cdot x$ , де  
y – вихід перетравного протеїну, т/га  
x – урожайність зерна ячменю ярого, т/га

Слід зазначити, препарат Вегестим показав кращі показники збільшення густоти та висоти рослин порівняно з препаратом Агростимулін, хоч і незначні. Різниця між показниками не перевищувала 2,0 см та 7,1 шт/м<sup>2</sup>.

Найбільшу висоту відмічено на варіанті Вегестим + передпосівна обробка з сортом ячменю Спітфаєр – 91,1 см, що на 4,1 см більше порівняно з сортом Авгій та на 3,1 см – порівняно з сортом Імідж. У показниках густоти різниця складала 25,3 шт/м<sup>2</sup> та 11,1 шт/м<sup>2</sup> відповідно.

#### Висновки

Найбільший вихід зерна відмічений у сорті ячменю ярого Спітфаєр за внесення препарату Вегестим + передпосівна обробка – 3,75 т/га. Приріст до контролю склав 36,9 %.

Найбільший вплив на урожайність зерна мав фактор А (сорт) – 66,40 %, вплив фактору Б (позакореневе підживлення) склав 25,50 %, інші не досліджувані фактори – на 7,20 %.

Під час фенологічних спостережень відмічена тенденція щодо збільшення площі листків по мірі внесення препаратів. Під час фази кущення (ВВСН 24) різниця була

не значною, адже максимальний показник приросту площі листка склав 1,75 % у сорті Спітфаєр при внесенні препарату Вегестим.

По мірі проходження фаз вегетації різниця між варіантами зростала і у фазі виходу у трубку (ВВСН 37) різниця з контролем на сорті Авгій вже складала 15,66-18,69 % на варіантах без передпосівної обробки, на сорті Імідж – 16,67-20,21 % та 13,81-18,1 % – на сорті Спітфаєр. При проведенні передпосівної обробки разом із листовим підживленням приріст склав 17,17-21,72 %, 15,71-18,57 % відповідно.

По мірі проведення різних варіантів позакореневого підживлення вихід поживних речовин також зростав. За внесення препарату Вегестим у 2 строки без передпосівної обробки насіння вихід кормових склав 3,85-4,06 т/га, а вихід перетравного протеїну – 2,14-2,46 т/га. За внесення Агростимуліну ці показники склали 3,73-4,67 т/га к. од. та 2,08-2,61 т/га перетравного протеїну.

Найбільші показники виходу поживних речовин були на сорті ячменю ярого Спітфаєр – 4,83 т/га к. од. та 2,69 т/га

перетравного протеїну – варіанті Вегестим + передпосівна обробка, та 4,67 т/га к. од і 2,61 т/га перетравного протеїну – на варіанті Агростимулін + передпосівна обробка.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні нових адаптивних сортів ячменю ярого та їхній взаємодії препаратів для підживлення рослин.

### Список використаної літератури

Артем'єва К.С. Застосування КАС та рідких органо-мінеральних добрив на її основі для підживлення ячменю ярого на чорноземі типовому. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату: міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (Дніпро, квітень 2017)*. Дніпро, 2017. С. 72–74.

Гирка А.Д., Бокун О.І., Мамєдова Е.І. Вплив попередників, мінеральних добрив і біопрепаратів на формування елементів структури врожайності ячменю ярого в Північному Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2017. Т. 1. № 1. С. 51–55.

Гирка А.Д., Ткаліч І.Д., Сидоренко Ю.Я., Бочевар О.В., Ільєнко О.В. Ефективність використання регуляторів росту Грейнактив-С у посівах ячменю ярого. *Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (м. Дніпро, 30-31 трав. 2019 р.)*. Дніпро, 2019. 158 с.

Горобець М.В., Писаренко П.В., Чайка Т.О., Міщенко О.В. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 142–149. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.17>

Гудзенко В.М., Поліщук Т.П., Бабій О.О., Худолій А.В. Урожайність та адаптивність миронівських сортів ячменю ярого різних періодів селекційної роботи. *Сортовивчення та охорона прав на сортирослин*. 2018. № 14(2). С. 190–202. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766>.

Мамєдова Е.І. Вплив агротехнологічних заходів вирощування на формування надземної маси рослин ячменю ярого в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Т. 2. № 1. С. 61–66. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0008>.

Мамєдова Е.І. Вплив гідротермічних умов та агротехнологічних заходів вирощування на особливості росту й розвитку рослин ячменю ярого в Північному Степу. *Зернові культури*. Дніпро, 2017. Т. 1. № 2. С. 300–306.

Поліщук М.І. Продуктивність ячменю ярого залежно від застосування регуляторів росту рослин в умовах Лісостепу Правобережного. *Вплив змін клімату на онтогенез рослин: матеріали допов. міжнар. наук.-практ. конф. (м. Миколаїв, 3–5 жовтня 2018 р.)*. Миколаїв, 2018. С. 80–82.

Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Жупина А.Ю. Вплив зрошення на продуктивність різних сортотипів озимої пшениці в умовах південного Степу України. *Наукові доповіді національного університету біоресурсів та природокористування України*. № 3 (79). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014>.

Klein J., Guimarães V.F. Evaluation of the agronomic efficiency of liquid and peat inoculants of *Azospirillum brasilense* strains in wheat culture, associated with nitrogen fertilization. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2018. 16 (1). P. 41–48. <https://doi.org/10.1234/4.2018.5480>.

Vinyukov O.O., Gyrka A.D., Korobova O.M., Bondareva O.B., Chuhrii H.A. Agrotechnical methods of increasing drought resistance of spring barley. *Revista de la Universidad del Zulia*. 2022. 13 (37). P. 244–261. <https://doi.org/10.46925/rdluz.37.16>.

### References (translated & transliterated)

Artem'jeva, K.S. (2017). Zastosuvannja KAS ta ridkykh orghano-mineraljnykh dobryv na jiji o snovi dlja pidzhyvlennja jachmenju jarogho na chornozemi typovomu [Application of CAS and liquid organic-mineral fertilizers based on it for feeding spring barley on typical black soil]. *Naukove zabezpechennja innovacijnogho rozvytku aghropromyslovogho kompleksu v umovakh zmin klimatu: mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchennykh i specialistiv* [Scientific support for the innovative development of the agro-industrial complex in the face of climate change: inter-national. conf. young scientists and specialists]. Dnipro, pp. 72–74 [in Ukrainian].

Ghyrka, A.D., Bokun, O.I., & Mamjedova, E.I. (2017). Influence of precursors, mineral fertilizers and biologics on the formation of elements of the structure of spring barley yield in the Northern Steppe of Ukraine [Influence of precursors, mineral fertilizers and biologics on the formation of elements of the structure of spring barley yield in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kuljuty [Grain crops]*, 1, 51–55 [in Ukrainian].

- Ghyrka, A.D., Tkalich, I.D., & Sydorenko, Ju.Ja., et al. (2019). Efektyvnistj vykorystannja reghuljatoriv rostu Ghrejnaktiv-S u posivakh jachmenju jarogho [Efficiency of the use of growth regulators Greinaktiv-C in crops of spring barley]. *Aktualjni problemy naukovy innovacijnogho zabezpechennja vyrobnyctva zerna v konteksti suchasnykh rynkovykh umov: materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh i specialistiv* [Actual problems of scientific and innovative support of grain production in the context of modern market conditions: All-Ukrainian materials. scientific-practical. conf. young scientists and specialists], 159 [in Ukrainian].
- Ghorobecj, M.V., Pysarenko, P.V., & Chajka, T.O., et al. (2020). Naukovi pidkhody shhodo ekolohizaciji tekhnologhiji vyroshhuvannja jachmenju jarogho v umovakh Livoberezhnogho Lisostepu [Scientific approaches to the ecologization of spring barley cultivation technology in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe]. *Visnyk PDAA* [Bulletin of the PDAA], 4, 142–149. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.17> [in Ukrainian].
- Ghudzenko, V.M., Polishhuk, T.P., & Babij, O.O., et al. (2018). Urozhajnistj ta adaptivnistj j myronivskykh sortiv jachmenju jarogho riznykh periodiv selekcijnoji roboty [Productivity and adaptability of myronivka spring barley varieties of different breeding periods]. *Sortovyvchennja ta okhorona prav na sorty roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection], 14 (2), 190–202. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766> [in Ukrainian].
- Mamjedova, E.I. (2018). Vplyv aghrotekhnologhichnykh zakhodiv vyroshhuvannja na formuvannja nadzemnoji masy roslyn jachmenju jarogho v umovakh Pivnichnogho Stepu Ukrajinny [Influence of agrotechnological measures of cultivation on the formation of aboveground mass of spring barley plants in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kuljтуры* [Crop plants], 2 (1), 61–66. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0008> [in Ukrainian].
- Mamjedova, E.I. (2017). Vplyv ghidrotermichnykh umov ta aghrotekhnologhichnykh zakhodiv vyroshhuvannja na osoblyvosti rostu j rozvytku roslyn jachmenju jarogho v Pivnichnomu Stepu [Influence of hydrothermal conditions and agrotechnological measures of cultivation on the features of growth and development of spring barley plants in the Northern Steppe]. *Zernovi kuljтуры* [Crop plants], 1 (2), 300–306 [in Ukrainian].
- Polishhuk, M.I. (2018). Produktivnistj jachmenju jarogho zalezno vid zastosuvannja reghuljatoriv rostu roslyn v umovakh Lisostepu Pravoberezhnogho [Productivity of spring barley depending on the use of plant growth regulators in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Vplyv zmin klimatu na ontoghenez roslyn: materialy dopov. mizhnar. nauk.- prakt. konf.* [The impact of climate change on plant ontogeny : materials of the supplement to the international scientific and practical conference], 80–82 [in Ukrainian].
- Lavrynenko, Y.O., Vozhegova, R.A., & Bazalii, G.G. (2019). Vplyv zroshennia na produktivnistj riznykh sortotypiv ozymoi pshenytsi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainny [Influence of irrigation on the productivity of different varieties of winter wheat in the southern steppe of Ukraine]. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainny* [Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine], 3 (79). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014> [in Ukrainian].
- Klein, J. & Guimarães, V.F. (2018). Evaluation of the agronomic efficiency of liquid and peat inoculants of Azospirillumbrasilense strains in wheat culture, associated with nitrogen fertilization. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 16 (1), 41–48. <https://doi.org/10.1234/4.2018.5480> [in English].
- Vinyukov, O.O., Gyrka, A.D., & Korobova, O.M., et al. (2022). Agrotechnical methods of increasing drought resistance of spring barley. *Revista de la Universidad del Zulia*, 13 (37), 244–261. <https://doi.org/10.46925/rdluz.37.16> [in English].

Отримано: 22.01.2024  
Прийнято: 09.02.2024



УДК [582.684.1 : 633.88] : 631.95 : 615.322  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.17>

## HYPERICUM PERFORATUM L. В КУЛЬТУРІ: ВІД АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ДО ФІТОФАРМАКОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ

М. В. Семенко<sup>1</sup>, С. В. Поспелов<sup>2</sup>

Звіробій звичайний відомий не тільки своїми антимікробними властивостями, але й імуноотропною, антиоксидантною та адаптогенною дією, що робить його цінною лікарською рослиною. В представленому огляді узагальнено сучасні дослідження фітохімічного складу *Hypericum perforatum* L., а також впливу агроекологічних чинників, агрономічних практик на якість сировини. Звіробій звичайний включений до Державної фармакопеї України; інші види, а саме: *H. hirsutum* L. (звіробій волосистий), *H. elegans* Steph. ex Willd. (звіробій витончений) і *H. maculatum* Crantz (звіробій плямистий), зустрічаються в Україні, але вивчені недостатньо. Встановлено, що звіробій має широку амплітуду екологічної адаптивності, здатний існувати на збіднених ґрунтах, переносити понижені температури та атмосферний тиск, що розширює потенціал його культивування. Плантаційне вирощування звіробою значно підвищує його врожайність, сировина має більш стабільний фітохімічний профіль та підвищений вміст біологічно активних поліфенолів. Досліджено вплив умов живлення рослин, ґрунтових відмін, освітленості, температури, зрошення, способів сівби та вирощування на накопичення метаболітів. В зв'язку з тим, що більшість з них утворюється в квітках, збирання сировини проводять в фазу повного цвітіння, зрізуючи тільки верхівки. При культивуванні додатковими важелями є сортовий потенціал, густина рослин, можливість отримати два укоси за сезон. Основною субстанцією для подальшої переробки є екстракти, які стандартизуються за вмістом основних компонентів. Незважаючи на детальні дослідження фітохімічних складових екстрактів, молекулярний механізм дії досліджений мало. Переважно компоненти трави звіробою обговорюються з огляду на їхні структурні особливості, концентрацію, біологічну активність та їхній можливий внесок у антидепресивну ефективність екстрактів. Сучасні фітохімічні та фармакологічні дослідження активно проводяться в Україні, Болгарії, Німеччині, Італії, країнах Близького Сходу. В траві звіробою визначено понад 80 хімічних сполук. Основні з них: гіперіцини, псевдогіперіцини, гіперфорин, адгіперфорин, дубильні речовини, тритерпенові сапоніни, флавоноїди (рутин, кверцетин, гіперозид, мірицетин, лейкоантоціани), смолисті речовини, алкалоїди, ефірні олії, аскорбінова кислота, каротин, вітаміни С, Е, холін, гіперин, похідні антрацену та мінерали. Робиться висновок, що вимоги фармацевтичного ринку вимагає більш широкого введення в культуру звіробою звичайного.

**Ключові слова:** лікарські рослини, *Hypericum perforatum* L., звіробій звичайний, *Hyperici herba*, фітохімія, гіперіцин.

<sup>1</sup> аспірант кафедри землеробства і агрохімії імені В. І. Сазанова (Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)  
e-mail: maksym.semenko@pdaa.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-9168-4238

<sup>2</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства і агрохімії імені В. І. Сазанова (Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)  
e-mail: sergii.pospelov@pdaa.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-0433-2996

## HYPERICUM PERFORATUM L. IN CULTURE: FROM AGROECOLOGICAL CONDITIONS TO PHYTOPHARMACOLOGICAL PROFILE

M. V. Semenko, S. V. Pospelov

St. John's wort is known not only for its antimicrobial properties, but also for its immunotropic, antioxidant and adaptogenic effects, which makes it a valuable medicinal plant. The presented review summarizes modern research on the influence of agroecological factors, agronomic practices on the quality of raw materials, as well as the phytochemical composition of *Hypericum perforatum* L. St. John's wort is included in the State Pharmacopoeia of Ukraine; other species, namely: *H. hirsutum* L., *H. elegans* Steph. ex Willd and *H. maculatum* are found in Ukraine, but have not been sufficiently studied. It has been established that St. John's wort has a wide range of ecological adaptability, is able to exist on depleted soils, tolerate low temperatures and atmospheric pressure, which expands the potential of its cultivation. Plantation cultivation of St. John's wort significantly increases its yield, the raw material has a more stable phytochemical profile and an increased content of biologically active polyphenols. The influence of plant nutrition conditions, soil variations, lighting, temperature, irrigation, methods of sowing and growing on the accumulation of metabolites was studied. Due to the fact that most of them are formed in flowers, the collection of raw materials is carried out in the phase of full flowering, cutting off only the tops. In cultivation, varietal potential, plant density, and the possibility of obtaining two harvests per season are additional levers. The main substance for further processing are extracts, which are standardized according to the content of the main components. Despite detailed studies of the phytochemical constituents of extracts, the molecular mechanism of action hasn't been studied enough. Mainly, the components of St. John's wort are discussed with regard to their structural features, concentration, biological activity and their possible contribution to the antidepressant efficacy of the extracts. Modern phytochemical and pharmacological research is actively conducted in Ukraine, Bulgaria, Germany, Italy, and the countries of the Middle East. More than 80 chemical compounds have been identified in St. John's wort. The main ones are: hypericins, pseudohypericins, hyperforin, adhyperforin, tannins, triterpene saponins, flavonoids (rutin, quercetin, hyperoside, myricetin, leucoanthocyanins), resinous substances, alkaloids, essential oils, ascorbic acid, carotene, vitamins C, E, choline, hyperin, anthracene derivatives and minerals. It is concluded that the requirements of the pharmaceutical market require a wider introduction of St. John's wort into the cultivation.

**Key words:** medicinal plants, *Hypericum perforatum* L., St. John's wort, *Hyperici herba*, phytochemistry, hypericin

Ботанічна характеристика. Звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.) є представником родини Guttiferae, але деякі систематики відносять рід *Hypericum* до окремої родини Hypericaceae. Рід *Hypericum* складається з майже 400 видів, з яких десять морфологічно та хімічно різних видів ростуть у Східній Європі (Bruni & Sacchetti, 2009). *H. perforatum* L. поширений у всьому світі і з давніх часів використовується в народній і традиційній медицині. Він входить до десяти найбільш вживаних лікарських рослин, які традиційно використовуються в світі, і в ряді європейських країн застосовується для лікування опіків, ушкоджень шкіри та невралгії. Він уже отримав значне міжнародне визнання і зараз успішно змагається за статус стандартної антидепресантної терапії. Серед інших видів роду *Hypericum* зазначимо *H. hirsutum* L. (звіробій волосистий), *H. elegans* Steph. ex Willd (звіробій витончений) та *H. maculatum* Crantz (звіробій плямистий). Вони також відомі як лікарські рослини, зустрічаються на терито-

рії України і мають схожі властивості, але вивчені недостатньо (Florea et al., 2017).

Агроєкологічна оцінка. Звіробій звичайний добре пристосований до помірного клімату та різноманітних типів ґрунтів. У природі *H. perforatum* нерідко зустрічається в порушених середовищах існування, які включають узбіччя доріг, луки, пасовища або відкриті чагарники, а також на територіях, відкритих сонцю та збіднених ґрунтах (кременеземистих, глинистих, вапнякових), де конкуренція з боку місцевих видів достатньо обмежена (Scotti et al., 2019). Його здатність переносити температури до  $-15^{\circ}\text{C}$  дозволяє звіробою акліматизуватися в місцях існування від 0 до 1600 м над рівнем моря (Carrubba et al., 2021).

Фітохімія та умови культивування. Вирощування *H. perforatum* протягом останніх десятиліть суттєво розширилося. Це пов'язано із проблемами забезпечення ринку лікарської сировини достатньою кількістю матеріалу, уникненням надмірної фітохімічної мінливості, властивої зібра-



ним рослинам в природних ареалах, і зменшенням витрат за рахунок механізованого збирання (Barnes et al., 2010; Hosni et al., 2017). Насправді, культивованій звіробій, вирощений у контрольованих агрономічних умовах, може дати екстракти з більшою кількістю біологічно активних поліфенолів і, отже, забезпечити вищу ринкову та терапевтичну цінність. На урожайність і фітохімічний профіль рослини можуть впливати різні фактори, що мають відношення до агротехнологій: забезпеченість макро- і мікроелементами, мульчування, зрошення, освітленість, температура, способи сівби, густина, методи вирощування (Pradeep et al., 2020). Деякі з них було досліджено, хоча досліджень із визначенням оптимальних параметрів для культури проведено не достатньо.

Встановлено, що урожай квіткових верхівок збільшується (до трьох разів) при вирощуванні на оптимально зрошуваних легких ґрунтах, порівняно з важкими. Однак такі відмінності продуктивності надземної маси не обов'язково поширюються на вихід і профіль вторинних метаболітів. Натомість, літні опади визначали постійне збільшення біосинтезу гіперіцинів, а літня посуха не впливала на утворення квіткових бруньок (Rychlewski et al., 2023).

Повідомляється, що протягом дощового та хмарного року спостерігався більш високий біосинтез гіперіцинів, що свідчить про те, що синтез діантронів, на відміну від інших вторинних метаболітів, таких як терпени, не може посилюватися через водний стрес. Виявлено, що доступність води є значущим фактором біосинтезу гіперфорину. Листя рослин, вирощених у теплиці за умов мінімального життєпідтримуючого зрошення (50 мл/ділянку), виробляли через 62 дні кількість гіперфорину в 3–4 рази більше, ніж особини віком 1–2 роки (Saçıcı & Yesilada, 2021). Навпаки, кількість гіперіцину зменшувалась через водний стрес, що підтверджує попередні висновки. При цьому різний рівень може бути пов'язаний із різним фізіологічним значенням гіперіцинів і гіперфоринів й іншими шляхами біосинтезу. Висловлюється думка, що останній може служити антиоксидантною підтримкою для подолання окислювального сплеску після водного стресу; біосинтез гіперіцину, швидше за все, зменшувався внаслідок низького поглинання карбону в процесі фотосинтезу під час тривалої посухи (Cui et al., 2014). Однак тривалість водного стресу є ще одним фактором, який слід врахову-

вати. Вказані дослідження були обмежені шестиденним періодом і виявили зворотну реакцію: невелике збільшення гіперіцинів і невелике зниження гіперфорину разом із втратою сухої ваги квітки. Результат короткого водного стресу вважався негативним з точки зору цінності отриманого препарату: втрата біомаси переважала над відносним невеликим збільшенням фітохімічних речовин (Rychlewski et al., 2023).

Встановлено, що забезпечення Нітрогеном (N) рослин *H. perforatum* має глибокий вплив на його фенольний профіль. Ріст у ґрунті або/та піщаній культурі з низьким вмістом Нітрогену призводили до підвищення рівня гіперіцинів (у 2–3 рази), тоді як ґрунт, збагачений Нітрогеном, викликав у три рази зменшення загального синтезу гіперіцину у свіжому матеріалі, але не вплинув на середню кількість темних залоз на листках. Ті ж автори відмічають, що на відносне співвідношення гіперіцину та псевдогіперіцину не вплинуло додавання Нітрогену (Chung & Deng, 2020; Crockett et al., 2011). Проте доцільно лише помірне зниження внесення Нітрогену, щоб уникнути індукції хлорозу та подальшого небажаного зменшення утворення біомаси.

Однак слід вказати на суперечливі повідомлення про норми внесення Нітрогену. Наприклад, рослини, вирощені в Ірані та удобрені 250 кг/га N та 100 кг/га P, збільшили кількість квітучих стебел на рослину та вміст гіперіцину (Becker et al., 2016). Подальші дослідження, проведені на рослинах, з додатковим внесенням 150 кг/га N і 100 кг/га P, підтвердили збільшення вмісту як гіперіцину, гіперфорину, так і флавоноїдів, тому остаточної думки з цього приводу ще не дано, до того ж мало досліджений склад ґрунту. Були також проведені дослідження з вивчення комбінованого ефекту опромінення світлом і зниження внесення азоту (Colak et al., 2020). Вплив виявився адитивним і незалежним, з постійним збільшенням кількості червоних залоз і гіперіцинів (Carrubba et al., 2021; Chung & Deng, 2020).

Заготівля сировини та її переробка. Трава звіробою (*Hyperici herba*) зазвичай збирається у фазу цвітіння в червні-серпні (Jamwal et al., 2018; Wang et al., 2023; Zvezdanović, 2021). Хімічні компоненти накопичуються переважно в квітках, тому фаза збирання врожаю та видові/сортові особливості мають велике значення для стандартизації сировини. Неочищений препарат демонструє варіації у вмісті

різних компонентів відповідно до екологічних факторів, часу збирання та обробки зібраного рослинного матеріалу (Bagdonaitė et al., 2010). Оптимальним є зрізання верхівки рослини з листям, квітками та недозрілими плодами близько 30 см без грубих стебел. При заготівлі необхідно залишати частину рослин для обсіменіння. Важливим елементом є швидке теплове сушіння, тому що сировина швидко темніє.

Термін придатності сировини – три роки. В такому вигляді вона потрапляє на фармацевтичні підприємства, які переважно проводять екстракцію відповідно до існуючих вимог.

Протягом останніх двох десятиліть фармацевтична промисловість докладала зусиль для розробки екстрактів, здебільшого стандартизованих за загальним вмістом основних компонентів, щоб гарантувати високу якість препаратів, що з них виробляються. Найвідомішим стандартизованим екстрактом трави звіробою є LI 160 (Lichtwer Pharma GmbH, Берлін, Німеччина) або ZE 117 (Max Zeller Söhne AG Herbal Remedies, Романсгорн, Швейцарія) (Desseilles et al., 2011).

Хоча хімічні та фармацевтичні властивості екстрактів звіробою добре задокументовані, дуже мало відомо про їх молекулярний механізм дії. Біологічно активні компоненти трави *H. perforatum* обговорюються з огляду на їхні структурні особливості, концентрацію, біологічну активність та їхній можливий внесок у клінічно продемонстровану антидепресивну ефективність екстрактів. До того ж, внаслідок неконтрольованого та широкого застосування антимікробних лікарських засобів, виникла проблема резистентності мікроорганізмів до них.

У зв'язку з цим актуальним є розробка малотоксичних і добре переносимих фітопрепаратів звіробою з доброякісної сировини з встановленими активними речовинами, що виявляють крім антимікробної дії, також імунотропну, антиоксидантну та адаптогенну активність при комплексній терапії різних захворювань.

Фітохімія та фармакологічна дія. Трава *H. perforatum* широко застосовується в народній медицині для лікування великої кількості захворювань із давнини в Україні та Євразії (Schempp et al., 2011; Rizzo et al., 2020; Scotti et al., 2019). Дослідження щодо визначення фітохімічного складу та фармакологічної дії компонентів трави активно проводяться по теперішній час в Україні

та у європейських країнах (Болгарія, Німеччина та ін.). Завдяки цьому хімічний склад звіробою на даний момент вивчений досить повно. У різних частинах надземної частини рослин виділено понад 80 компонентів (Booker et al., 2018) із груп біологічно активних сполук (БАС) з різними фармако-терапевтичними ефектами.

У представників роду *Hypericum* виділено широкий спектр фенольних сполук. Основними БАС звіробою є гіперидини – червоні пігменти звіробою, конденсовані похідні антрахінону. У траві знайдено три червоні пігменти – гіперидин, протогіперидин і псевдогіперидин (Khare, 2007; Crockett et al., 2011; Schempp et al., 2011; Cui et al., 2014; Florea et al., 2017; Scotti et al., 2019; Carrubba et al., 2021; Wang et al., 2023) та ін. Уміст гіперидинів 0,03–0,49 % (Crockett et al., 2011; Florea et al., 2017), суми антрацінопохідних – до 0,89 % (Bagdonaitė et al., 2012; Colak et al., 2020). Також виявлено антраглікозиди емодини (Carrubba et al., 2021). Дані сполуки у своєму складі мають хромофорну групу атомів, завдяки чому можуть широко застосовуватись як фотосенсибілізатори при лікуванні онкологічних захворювань методом фотодинамічної терапії (Tawaha et al., 2010; Florea et al., 2017). Всі оксиантрахінони – жовто-оранжево-червоні пігменти, у присутності лугів дають інтенсивно забарвлені розчини та разом з антоціанами беруть участь у фарбуванні жовтих квіток, забезпечують стійкість до світла та дії ферментів. Вони відіграють важливу роль в окисно-відновних реакціях, що протікають у рослинах, та антимікробному захисті (Khare, 2007; Pradeep et al., 2020; Carrubba et al., 2021; Pogorzelska-Nowicka et al., 2021).

Похідні антрацену–гіперфорини, – залежно від хімічної структури розрізняються за фармакологічними властивостями на похідні хризацину (мають проносну дію), похідні алізарину (спазмолітичну та нефролітичну дію) (Rizzo et al., 2020; Saçıcı & Yesilada, 2021; Rychlewski et al., 2023). Уміст гіперфоринів у різних органах звіробою звичайного коливається від 1,3 % до 2,8 % (Saçıcı & Yesilada, 2021; Rychlewski et al., 2023). Гіперфорини обумовлюють антимікробну та противірусну активність препаратів звіробою, седативну, антидепресивну дію та їх токсичність внаслідок фотосенсибілізації (Rizzo et al., 2020; Rychlewski et al., 2023).

Флавоноїди (жовті пігменти) представлені наступними флавоноловими глікози-

дами (Rusalepp et al., 2017; Makarova et al., 2021); рутин (Greenson et al., 2001; Rusalepp et al., 2017; Scotti et al., 2019), кверцетин 0,23% (Greenson et al., 2001; Rusalepp et al., 2017; Makarova et al., 2021), кверцитрин (Dias, 2003; Becker et al., 2016), ізокверцитрин (Crockett et al., 2011; Becker et al., 2016), гіперозид (галактозид кверцетину, або гіперін): від 0,59 % до 1,89 % (Greenson et al., 2001; Dias, 2003; Erland & Saxena, 2019), лютеолін, кемпферол (Bruni & Sacchetti, 2009), бісапігенін та дикверцетин (Dias, 2003). Загальний уміст флавоноїдів, за літературними даними, становлять: 2,9 – 3,5 % (Crockett et al., 2011), 2,49–5,80 % (Bagdonaitė et al., 2012), 5,90 – 6,93 %, максимумально у квітках 17,30 % (Dordević, 2015). Фармакологічні ефекти флавоноїдів: спазмолітична дія на гладком'язові елементи, що стимулюють дію на регенеративні процеси, Р-вітамінна активність, протизапальна, анагетична, діуретична та жовчогінна дія (Schempp et al., 2011; Florea et al., 2017; Tusevski et al., 2019; Ibrahim et al., 2020). Флавоноїди мають антивірусну, антиканцерогенну, імунотропну та антиоксидантну активність, остання вища, ніж у вітамінів і каротиноїдів (Gioti et al., 2009; Schempp et al., 2011; Becker et al., 2016; Tusevski et al., 2019; Ibrahim et al., 2020; Wang et al., 2023).

Визначено також фенілпропаноїди (фенолкарбонові кислоти та їх похідні): кавова (0,1 %), хлорогенова, ферулова, гентизинова та галова кислоти (Khare, 2007; Barnes et al., 2010; Dimitrov et al., 2020); уміст коричних кислот становить 0,24 – 0,26 % (Balea et al., 2020; Colak et al., 2020). За даними (Becker et al., 2016; Chung & Deng, 2020) вони мають бактерицидні властивості.

Встановлено, що кумарини, зокрема умбеліферон і скополетин, які містяться в звіробії, розріджують кров, сприяючи покращенню кровообігу та запобіганню утворенню тромбів. Крім того, вони мають протизапальні та антисептичні властивості, що робить їх корисними в лікуванні запалення та інших захворювань. Ці властивості роблять звіробій популярним в складі фітопрепаратів для поліпшення серцево-судинного системи та загального стану організму (Schempp et al., 2011).

Доведено наявність в сировині антоціанів (5,66 – 6,00 %) (Cui et al., 2014; Florea et al., 2017). Катехіни, лейкоантоціанідини та антоціанідини, що містяться у звіробії (Sarikurkcu et al., 2020), зменшують про-

никність стінок капілярів (Р-вітамінна дія) (Barnes et al., 2010; Patocka, 2003).

Також виділено конденсовані дубильні речовини (похідні пірокатехіну та лейкоантоціанідинів): від 4,9 – 5,6 % (Crockett et al., 2011) до 10,0 – 12,0 % з в'язучою, антими-кробною та протизапальною дією (Barnes et al., 2010; Makarova et al., 2021).

Важливим компонентом трави зваробією є наявність ефірних олій (до 1%). В їх складі пінени, мірцен, цинеол, лимонен, гераніол, каприновий, ізовалеріановий та інші альдегіди, ізовалеріанова кислота та її ефіри (Patocka, 2003; Yin et al., 2004; Bertoli et al., 2011; Balea et al., 2020; Dimitrov et al., 2020; Vuko et al., 2021). Основними компонентами ефірних олій є високореакційні терпеноїдні сполуки, серед них переважають сесквітерпенові вуглеводні, з яких у максимальній кількості міститься  $\gamma$ -аморфен (30,64 %) (Yin et al., 2004; Bertoli et al., 2011), а також жирні кислоти: генейкозанова, трикозанова, тетракозанова, пентакозанова, гексакозанова, гептакозанова, октакозанова, нонакозанова, триаконтанова, гентріаконтанова, дотріаконтанова, тетратіаконтанова, 3-гідроксидодеканова, 3-гідроксигексадодеканова, 9-гідроксистеаринова (Cirak et al., 2007; Yao et al., 2019).

Ефірні олії накопичуються в безбарвних та пігментованих ендогенних секреторних вмістилищах трави звіробією, наявність яких використовується при визначенні справжності рослинної сировини (Patocka, 2003; Yin et al., 2004; Moleriu et al., 2017; Balea et al., 2020; Rizzo et al., 2020). Вони захищають рослини від поїдання тваринами, інфікування бактеріями та грибами, залучають комах-запилювачів та беруть активну участь в обмінних процесах у рослинах. Ефірні олії входять до складу протизапальних, бактерицидних, спазмолітичних та седативних лікарських препаратів (Yin et al., 2004; ; Schempp et al., 2011; Balea et al., 2020; Rizzo et al., 2020).

Із сировини виділено також: стерини –  $\beta$ -ситостерин та ергостерин з гормоноподібним ефектом (Schempp et al., 2011; Bardhi et al., 2015; Yao et al., 2019; Kováčik et al., 2022); тритерпенові сапоніни (Schempp et al., 2011; Cui et al., 2014; Dordević, 2015; Rychlewski et al., 2023), переважно з протизапальною дією; азотовмісну сполуку холін (Schempp et al., 2011); алкалоїди (Rusalepp et al., 2017; Rizzo et al., 2020); смолисті речовини (до 10%) (Dordević, 2015; Schepetkin et

al., 2020); вітаміни С, Е, каротиноїди, каротин (Crockett et al., 2011; Schempp et al., 2011; Rizzo et al., 2020). Також характерні високий вміст каротину (до 55 мг/100 г) та аскорбінової кислоти з протизапальною дією (Schempp et al., 2011; Cui et al., 2014; Rizzo et al., 2020). У соку рослини виявлено холін, дубильні речовини, флавоноїди, гіперіцин (Yin et al., 2004; Khare, 2007; Barnes et al., 2010; Florea et al., 2017).

В надземній масі широко представлено макроелементи (мг/г): К – 16,8; Са – 7,3; Mg – 2,2; Na – 0,37; Fe – 0,11; а також мікроелементи (мкг/г): Mn – 0,25; Cu – 0,34; Zn – 0,71; Co – 0,21; Mo – 5,6; Cr – 0,01; Al – 0,02; Se – 5,0; Ni – 0,18; Sr – 0,18; Cd – 7,2; B – 40,4 (Schepetkin et al., 2020; Kováčik et al., 2022; Oniga et al., 2022). Рослина здатна концентрувати: Mo, Se, Cd, Pb і навіть – Mn (Moleriu et al., 2017; Velingkar et al., 2017; Yilmazoglu et al., 2023).

Загалом у траві *Hypericum* фармакологічний інтерес становлять фенольні сполуки з широким спектром дії, у тому числі з антиоксидантною та антиканцерогенною активністю. Препарати на їх основі використовують у клінічній практиці як антимікробні, протизапальні, жовчогінні, діуретичні, гіпотензивні, в'язучі, проносні, тонізуючі та адаптогенні засоби при комплексній терапії (Khare, 2007; Barnes et al., 2010; Schempp et al., 2011; Sekeroglu et al., 2017; Erland & Saxena, 2019; Rizzo et al., 2020; Yalçın et al., 2021; Oniga et al., 2022; Wang et al., 2023).

Варто зауважити, що на даний момент відсутнє вичерпне уявлення про оптимізацію агрономічних практик та їх співвідношення з фітохімічним вмістом звіробою звичайного. Збільшення біомаси та біосинтезу поліфенолів є проблемою, яку слід вирішувати за допомогою багатофакторного підходу. Перспективним є вирощування в теплицях з контрольованим середовищем, де умови культивування можуть бути «пристосовані» та точно налаштовані на потреби рослин. Однак з точки зору економії варто оцінити такий варіант розвитку, – чи можуть більша урожайність, посилене виробництво вторинних метаболітів і вища щільність вирощування (до 15 разів вища, ніж у відкритому ґрунті), покривати витрати на такий спосіб вирощування. Очевидно, що

така кількість змінних факторів може пояснювати, крім можливих генетичних відмінностей, постійну мінливість фітохімічного профілю звіробою звичайного з різних географічних місць.

### Висновки

Потреби сучасного фармацевтичного виробництва вимагають введення в культуру звіробою звичайного. Незважаючи на певний досвід вирощування в різних країнах, доки не сформувалися агрономічні практики, що б дозволило отримати стандартизовану продукцію.

Фітохімія трави звіробою звичайного (*H. perforatum* L.) досить повно вивчена у межах усього євроазійського ареалу виду. Основними біологічно активними сполуками сировини є рослинні пігменти: антраценпохідні антрахінони (гіперіцин, псевдогіперіцин), флавоноїди (рутин, бісапігенін, кверцетин та його похідні), фенілпропаноїди (кавова, хлорогенова кислоти) та флороглюцин. Трава звіробою є перспективним джерелом сировини для отримання антибактеріальних, протівірусних, протизапальних, в'язучих, діуретичних, антидепресивних, антиоксидантних, антиканцерогенних, імунотропних та адаптогенних засобів.

Перспективи подальших досліджень. З прикладної точки зору залишається мало вивченим питання регуляції продуктивності і якості сировини звіробою. Проведені дослідження вказують на певні можливості керування біохімічними процесами рослин шляхом удосконалення живлення рослин та агроекологічних параметрів в онтогенезі. Для України актуальним є зниження ризиків та оптимізація технологічних процесів під створення плантацій та їх використанню.

Залишається актуальним поглиблене дослідження механізмів антимікробної дії трави звіробою та її компонентів, зокрема гіперіцинів та гіперфоринів. Розкриття їхньої ролі в подоланні резистентності мікроорганізмів може допомогти в розробці нових ефективних антимікробних засобів. Вивчення потенційного використання гіперіцинів та інших фітокомпонентів звіробою в фотодинамічній терапії для онкологічних захворювань відкриває шлях для подальших клінічних досліджень та розробки нових методів лікування.

### References

- Bagdonaitė, E., Mártonfi, P., Repčák, M., & Labokas, J. (2010). Variation in the contents of pseudohypericin and hypericin in *Hypericum perforatum* from Lithuania. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38(4), 634 – 640. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2010.08.005>.

- Bagdonaitė, E., Mártonfi, P., Repčák, M., & Labokas, J. (2012). Variation in concentrations of major bioactive compounds in *Hypericum perforatum* L. from Lithuania. *Industrial Crops and Products*, 35 (1), 302 – 308. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.018>.
- Balea, A., Pojar-Fenesan, M., & Ciotlaus, I. (2020). Traceability of Volatile Organic Compounds from *Hypericum perforatum* in Fresh and Dried Form and in Essential Oil. *Rev. Chim.*, 71 (6), 59 – 65. <https://doi.org/10.37358/rc.20.6.8170>.
- Bardhi, N., Stefkov, G., Karapandzova, M., Cvetkovikj, I., & Kulevanova, S. (2015). Essential oil composition of indigenous populations of *Hypericum perforatum* L. from southern Albania. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 34(2), 333 – 341. <https://doi.org/10.20450/mjccce.2015.618>.
- Barnes, J., Anderson, L.A., & Phillipson, J.D. (2010). St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. *Journal of pharmacy and pharmacology*, 53 (5), 583 – 600. <https://doi.org/10.1211/0022357011775910>.
- Becker, L., Zaiter, A., Petit, J., Zimmer, D., Karam, M. C., Baudelaire, E., & Dicko, A. (2016). Improvement of antioxidant activity and polyphenol content of *Hypericum perforatum* and *Achillea millefolium* powders using successive grinding and sieving. *Industrial Crops and Products*, 87, 116 – 123. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.036>.
- Bertoli, A., Çirak, C., Leonardi, M., Seyis, F., & Pistelli, L. (2011). Morphogenetic changes in essential oil composition of *Hypericum perforatum* during the course of ontogenesis *Pharmaceutical Biology*, 49 (7), 741 – 751. <https://doi.org/10.3109/13880209.2010.545826>.
- Booker, A., Agapouda, A., Frommenwiler, D.A., Scotti, F., Reich, E., & Heinrich, M. (2018). St John's wort (*Hypericum perforatum*) products—an assessment of their authenticity and quality. *Phytomedicine*, 40, 158 – 164. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.12.012>.
- Bruni, R., & Sacchetti, G. (2009). Factors affecting polyphenol biosynthesis in wild and field grown St. John's Wort (*Hypericum perforatum* L. Hypericaceae / Guttiferae). *Molecules*, 14 (2), 682 – 725. <https://doi.org/10.3390/molecules14020682>.
- Carrubba, A., Lazzara, S., Giovino, A., Ruberto, G., & Napoli, E. (2021). Content variability of bioactive secondary metabolites in *Hypericum perforatum* L. *Phytochemistry Letters*, 46, 71 – 78. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2021.09.011>.
- Chung, M.H., & Deng, T.S. (2020). Effects of circadian clock and light on melatonin concentration in *Hypericum perforatum* L. (St. John's Wort). *Botanical Studies*, 61 (1), 1 – 9. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-29951/v2>.
- Cirak, C., Radušienė, J., Karabük, B.S., & Janulis, V. (2007). Variation of bioactive substances and morphological traits in *Hypericum perforatum* populations from Northern Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(7), 403 – 409. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.01.009>.
- Colak, S., Yazici, K., & Akca, S.B. (2020). Determination of heavy metal contents in St. John's Wort (*Hypericum* Spp) in Zonguldak, Turkey. *Feb Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 3571—3578.
- Crockett, S.L., Poller, B., Tabanca, N., Pferschy-Wenzig, E.M., Kunert, O., Wedge, D.E., & Bucar, F. (2011). Bioactive xanthenes from the roots of *Hypericum perforatum* (common St John's wort). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(3), 428 – 434. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4202>.
- Cui, X.H., Murthy, H.N., & Paek, K.Y. (2014). Production of adventitious root biomass and bioactive compounds from *Hypericum perforatum* L. through large scale bioreactor cultures. *Production of biomass and bioactive compounds using bioreactor technology*, 251 – 283. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9223-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9223-3_11).
- Desseilles, M., Witte, J., Chang, T. E., Iovieno, N., Dording, C. M., Ashih, H., & Mischoulon, D. (2011). Assessing the adequacy of past antidepressant trials: a clinician's guide to the antidepressant treatment response questionnaire. *The Journal of clinical psychiatry*, 72(8), 1385. <https://doi.org/10.4088/jcp.11ac07225>.
- Dias, A.C. (2003). The potential of in vitro cultures of *Hypericum perforatum* and of *Hypericum androsaemum* to produce interesting pharmaceutical compounds. *Hypericum: the genus Hypericum*, 137. <https://doi.org/10.1201/9781420023305-12>.
- Dimitrov, D., Parjanova, A., Ivanova, S., & Haygarov, V. (2020). Determination of the Volatile Composition Of Distillates with Added Extracts of *Hypericum perforatum* L. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 9 (6), 1068 – 1072. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.6.1068-1072>.
- Dordević, A.S. (2015). Chemical composition of *Hypericum perforatum* L. essential oil. *Advanced technologies*, 4 (1), 64 – 68. <https://doi.org/10.5937/savteh1501064d>.

Erland, L.A., & Saxena, P. (2019). Auxin driven indoleamine biosynthesis and the role of tryptophan as an inductive signal in *Hypericum perforatum* (L.). *PLoS One*, 14 (10), e0223878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223878>.

Florea, A.M., Iordache, T.V., Zaharia, A., Georgescu, B., Voicu, A.E., Tsyntsarski, B., & Sarbu, A. (2017). Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer Pearls for Selective Isolation of Hypericins. *Materiale Plastice*, 54 (3), 495. <https://doi.org/10.37358/mp.17.3.4879>.

Gioti, E.M., Fiamegos, Y.C., Skalkos, D.C., & Stalikas, C.D. (2009). Antioxidant activity and bioactive components of the aerial parts of *Hypericum perforatum* L. from Epirus, Greece. *Food Chemistry*, 117 (3), 398 – 404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.016>.

Greeson, J.M., Sanford, B., & Monti, D.A. (2001). St. John's wort (*Hypericum perforatum*): a review of the current pharmacological, toxicological, and clinical literature. *Psychopharmacology*, 153, 402 – 414. <https://doi.org/10.1007/s002130000625>.

Hosni, K., Msaâda, K., Taârit, M.B., & Marzouk, B. (2017). Fatty acid composition and tocopherol content in four Tunisian *Hypericum* species: *Hypericum perforatum*, *Hypericum tomentosum*, *Hypericum perforatum* and *Hypericum ericoides* Ssp. *Roberti*. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S.2736 – 2741. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.10.019>.

Ibrahimi, H., Gadzovska-Simic, S., Tusevski, O., & Haziri, A. (2020). Generation of flavor compounds by biotransformation of genetically modified hairy roots of *Hypericum perforatum* (L.) with basidiomycetes. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2809 – 2816. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1573>.

Jamwal, K., Bhattacharya, S., & Puri, S. (2018). Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 9, 26 – 38. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.12.003>.

Khare, C.P. (2007). *Hypericum perforatum* Linn. *Indian Medicinal Plants*, 1 – 1. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-70638-2\\_771](https://doi.org/10.1007/978-0-387-70638-2_771).

Kováčik, J., Dresler, S., Strzemski, M., Sowa, I., Babula, P., & Wójciak-Kosior, M. (2022). Nitrogen modulates strontium uptake and toxicity in *Hypericum perforatum* plants. *Journal of Hazardous Materials*, 425, 127894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127894>.

Makarova, K., Sajkowska-Kozielewicz, J. J., Zawada, K., Olchowik-Grabarek, E., Ciach, M. A., Gogolewski, K., & Gambin, A. (2021). Harvest time affects antioxidant capacity, total polyphenol and flavonoid content of Polish St John's wort's (*Hypericum perforatum* L.) flowers. *Scientific reports*, 11 (1), 1 – 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83409-4>.

Moleriu, L., Jianu, C., Bujanca, G., Doros, G., Misca, C., Ilie, O.C., & Ilie, A.C. (2017). Essential Oil of *Hypericum perforatum* The chemical composition and antimicrobial activity. *Revista de Chimie*, 68 (4), 687 – 692. <https://doi.org/10.37358/rc.17.4.5531>.

Oniga, I., Toiu, A., Benedec, D., & Vlase, L. (2022). Comparative phytochemical profile of *Hypericum perforatum* and *Hypericum hirsutum* (Hypericaceae). *Farmacia*, 70 (6), 1046 – 1049. <https://doi.org/10.31925/farmacia.2022.6.6>.

Patocka, J. (2003). The chemistry, pharmacology, and toxicology of the biologically active constituents of the herb *Hypericum perforatum* L. *Journal of Applied Biomedicine*, 1 (2), 61 – 70. <https://doi.org/10.32725/jab.2003.010>.

Pogorzelska-Nowicka, E., Hanula, M.M., Brodowska-Trębacz, M., Górská-Horczyzak, E., Jankiewicz, U., Mazur, T., & Wierzbicka, A. (2021). The Effect of Cold Plasma Pretreatment on Water-Suspended Herbs Measured in the Content of Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, Volatile Compounds and Microbial Count of Final Extracts. *Antioxidants*, 10 (11), 1740. <https://doi.org/10.3390/antiox10111740>.

Pradeep, M., Kachlicki, P., & Franklin, G. (2020). Simultaneous determination of naphthodianthrones, emodin, skyrin and new bisanthrones in *Hypericum perforatum* L. in vitro shoot cultures. *Industrial Crops and Products*, 144, 112003. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112003>.

Rychlewski, P., Kamgar, E., Mildner-Szkudlarz, S., Kowalczewski, P.L., & Zembrzuska, J. (2023). Determination of the contents of bioactive compounds in St. John's wort (*Hypericum perforatum*): Comparison of commercial and wild samples. *Open Chemistry*, 21 (1), 20220347. <https://doi.org/10.1515/chem-2022-0347>.

Rusalepp, L., Raal, A., Puessa, T., & Maeorg, U. (2017). Comparison of chemical composition of *Hypericum perforatum* and *H. maculatum* in Estonia. *Biochemical Systematics and Ecology*, 73, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2017.06.004>.

Rizzo, P., Altschmied, L., Ravindran, B. M., Rutten, T., & D'Auria, J.C. (2020). The biochemical and genetic basis for the biosynthesis of bioactive compounds in *Hypericum perforatum* L., one of the largest medicinal crops in Europe. *Genes*, 11 (10), 1210. <https://doi.org/10.3390/genes11101210>.

- Saçıcı, E., & Yesilada, E. (2021). Development of new and validated HPTLC methods for the qualitative and quantitative analysis of hyperforin, hypericin and hyperoside contents in *Hypericum* species. *Phytochemical Analysis*. <https://doi.org/10.1002/pca.3093>.
- Sarikurkcu, C., Locatelli, M., Tartaglia, A., Ferrone, V., Juszczak, A.M., Ozer, M.S., & Tomczyk, M. (2020). Enzyme and biological activities of the water extracts from the plants *aesculus hippocastanum*, *olea europaea* and *hypericum perforatum* that are used as folk remedies in Turkey. *Molecules*, 25 (5), 1202. <https://doi.org/10.3390/molecules25051202>.
- Schempp, C.M., Wölflle, U., Meyer, U., & Schaette, R. (2011). Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) – heilkräftige Lichtpflanze der Sommersonnwende. *Merkurstab*, 64, 596 – 606. <https://doi.org/10.14271/dms-19882-de>.
- Schepetkin, I.A., Özek, G., Özek, T., Kirpotina, L.N., Khlebnikov, A.I., & Quinn, M.T. (2020). Chemical composition and immunomodulatory activity of *Hypericum perforatum* essential oils. *Biomolecules*, 10 (6), 916. <https://doi.org/10.3390/biom10060916>.
- Scotti, F., Löbel, K., Booker, A., & Heinrich, M. (2019). St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) products – How variable is the primary material? *Frontiers in plant science*, 9, 1973. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01973>.
- Sekeroglu, N., Uurlu, E., Kulak, M., Gezici, S., & Dang, R. (2017). Variation in total polyphenolic contents, DNA protective potential and antioxidant capacity from aqueous and ethanol extracts in different plant parts of *Hypericum perforatum* L. *Indian J Pharm Educ Res*, 51 (2), 1 – 7. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.2s.43>.
- Tawaha, K., Gharaibeh, M., El-Elimat, T., & Alali, F.Q. (2010). Determination of hypericin and hyperforin content in selected Jordanian *Hypericum* species. *Industrial Crops and Products*, 32 (3), 241 – 245. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.017>.
- Tusevski, O., Krstikj, M., Petreska Stanoeva, J., Stefova, M., & Gadzovska Simic, S. (2019). Phenolic compounds composition of *Hypericum perforatum* L. wild-growing plants from the Republic of Macedonia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84 (1), 67 – 75. <https://doi.org/10.33320/maced.pharm.bull.2022.68.04.021>.
- Velingkar, V.S., Gupta, G.L., & Hegde, N.B. (2017). A current update on phytochemistry, pharmacology and herb–drug interactions of *Hypericum perforatum*. *Phytochemistry Reviews*, 16, 725 – 744. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9503-7>.
- Vuko, E., Dunkić, V., Ruščić, M., Nazlić, M., Mandić, N., Soldo, B., & Fredotović, Ž. (2021). Chemical Composition and New Biological Activities of Essential Oil and Hydrosol of *Hypericum perforatum* L. ssp. *veronense* (Schrank) H. Lindb. *Plants*, 10 (5), 1014. <https://doi.org/10.3390/plants10051014>.
- Wang, L., Ibi, A., Chang, C., & Solnier, J. (2023). A New UHPLC Analytical Method for St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) Extracts. *Separations*, 10 (5), 280. <https://doi.org/10.3390/separations10050280>.
- Yalçın, S., Yalçinkaya, S., & Ercan, F. (2021). Determination of potential drug candidate molecules of the *Hypericum perforatum* for COVID-19 treatment. *Current Pharmacology Reports*, 7, 42 – 48. <https://doi.org/10.1007/s40495-021-00254-9>.
- Yao, Y., Kang, T., Jin, L., Liu, Z., Zhang, Z., Xing, H., & Li, M. (2019). Temperature-dependent growth and hypericin biosynthesis in *Hypericum perforatum*. *Plant Physiology and biochemistry*, 139, 613 – 619. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.012>.
- Yılmazoğlu, E., Metin Hasdemir, İ., Hasdemir, B., & Yaşa, H. (2023). Investigation of essential oil composition, hypericin content, and antioxidant capacity of different extracts from flowers and leaves of *Hypericum perforatum* L. growing wild in Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 1 – 21. <https://doi.org/10.1080/0972060x.2023.2287596>.
- Yin, Z.Q., Wang, Y., Ye, W.C., & Zhao, S.X. (2004). Chemical constituents of *Hypericum perforatum* (St. John's wort) growing in China. *Biochemical systematics and ecology*, 5 (32), 521 – 523. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2003.10.010>.
- Zvezdanović, J. (2021). UHPLC–DAD–ESI–MS/MS characterization of St. John's wort infusions from Serbia origin. *Chemical Papers*, 1, 1 – 19. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01940-0>.

Отримано: 24.01.2024  
Прийнято: 14.02.2024



УДК 631.5/.8:633.34(477.4)  
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.18>

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ГУСТотУ СТОЯННЯ ТА ВИСОТУ РОСЛИН СОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. П. Ткачук<sup>1</sup>, Г. В. Панцирева<sup>2</sup>, Є. О. Волинець<sup>3</sup>, В. В. Федюк<sup>4</sup>

*У сучасних умовах аграрного виробництва стан сільського господарства України характеризується пошуком способів підвищення ефективності технологій вирощування шляхом оптимізації посівних площ як ключовим фактором за кліматичних змін. На сьогодні соя є найважливішою високобілковою та олійною культурою світового рослинництва. Саме високий рівень урожайності вона формує в агроценозах з оптимальною щільністю стеблостою та рівномірно розподіленими на площі живлення рослин. Такі параметри посівів значною мірою досягаються за рахунок отримання дружних та своєчасних сходів, високої польової схожості і доброї виживаності рослин впродовж вегетації. Метою досліджень, проведених у 2018-2022 рр., було встановити вплив інокуляції насіння мікробним препаратом та різної концентрації ретарданту на динаміку густоти стояння та висоту рослин сої в умовах правобережного Лісостепу України. Під час проведення експериментальних досліджень було застосовано візуальний, кількісний та статистично-математичний методи спостережень та досліджень в агрономії. Встановлено, що в умовах правобережного Лісостепу України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і збереження рослин сої на одиниці площі впродовж вегетації були сформовані на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій при двократній*

<sup>1</sup> доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)  
e-mail: tkachukop@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0647-6662

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)  
e-mail: arantsyрева@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0539-5211

<sup>3</sup> асистент  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)  
e-mail: evgen110596@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-3298-6316

<sup>4</sup> магістрант 2-го року навчання  
Навчально-наукового інституту агротехнологій та  
природокористування  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)  
e-mail: fedukvasil102@gmail.com  
ORCID: 0009-0001-8742-3019



обробці 0,75 % концентрації розчином ретарданту. За такої технологічної моделі вирощування висота рослин сої у фазу бутонізації була 55,8 см, у фазу цвітіння – 64,5-66,4 см, у фазу наливу бобів – 67,9-77,4 см. За рахунок інокуляції насіння приріст висоти рослин у фазу бутонізації становив 4,1-5,5 %, у фазу цвітіння 3,4-5,5 % та у фазу наливу бобів – 3,8-4,9 %, відносно контролю. Відмічена аналогічна тенденція і у сорту Азимут. Найбільша висота рослини відмічена у період BBCH 75 наливу зерна при передпосівній обробці насіння бактеріальним препаратом та за двократної обробки 0,75 % концентрації ретарданту, що на 16,8 % вище порівняно з контролем.

**Ключові слова:** соя, сорт, бактеризація, ретардант, густина стояння, висота рослин.

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL METHODS OF CULTIVATION ON THE DENSITY AND HEIGHT OF SOYBEAN PLANTS UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

O. P. Tkachuk, H. V. Pantsyрева, Ye. O. Volynets, V. V. Fediuk

*In the modern conditions of agricultural production, the state of agriculture in Ukraine is characterized by the search for ways to increase the efficiency of cultivation technologies by optimizing the sown areas as a key factor in climate change. Today, soybean is the most important high-protein and oil crop in the world crop production. It forms a high level of productivity in agrocenoses with optimal stem density and evenly distributed on the plant nutrition area. Such parameters of crops are largely achieved due to obtaining friendly and timely seedlings, high field germination and good survival of plants during the growing season. The purpose of the research conducted in 2018-2022 was to determine the effect of seed inoculation with a microbial preparation and different concentrations of retardant on the dynamics of stand density and height of soybean plants in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. Visual, quantitative and statistical-mathematical methods of observation and research in agronomy were used during experimental research. It was established that in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the most favorable conditions for the growth, development and preservation of soybean plants per unit area during the growing season were formed by the options that provided for the combination of seed inoculation with a preparation based on strains of nodule bacteria with two times treatment with a 0.75% concentration of retardant solution. According to this technological model of cultivation, the height of soybean plants in the budding phase was 55.8 cm, in the flowering phase – 64.5-66.4 cm, in the bean filling phase – 67.9-77.4 cm. Due to seed inoculation, the height increase of plants in the budding phase was 4.1-5.5%, in the flowering phase 3.4-5.5%, and in the bean filling phase – 3.8-4.9%, relative to the control. A similar trend was noted in the Azimut variety. The greatest height of the plant was noted in the period of BBCH 75 grain pouring during the pre-sowing treatment of seeds with a bacterial preparation and with two times treatment of 0.75% retardant concentration, which is 16.8% higher compared to the control.*

**Key words:** soybean, variety, bacterization, retardant, stand density, plant height.

### Вступ

Культура сої, завдяки світлолюбності, реалізує генетичний потенціал своєї продуктивності тільки при оптимальній для сорту густоті стояння рослин на одиниці площі (Дідур та ін., 2020). Цьому сприяє достатнє забезпечення вологою і поживними речовинами (Панцирева, 2020). Встановлено, що надмірна або недостатня кількість рослин сої на одиниці площі призводить до формування недосконалої моделі агрофітоценозу, наслідком чого є нераціональне використання фотосинтетично-активної сонячної радіації (Дробітько, 2007). Невідповідна густина стояння рослин сої обумовлює формування неоднакової структури врожаю (Brzozowska et al., 2018), перш за все – вегетативної маси рослин (кількості насінин на

одній рослині та висоти прикріплення бобів нижнього ярусу). Відтак, у надмірно загущених ценозах відмічають погіршення освітленості рослин, зниження продуктивності фотосинтезу, передчасне пожовтіння та опадання листя, формування меншої кількості насінин і бобів на одній рослині (Мазур та ін., 2020). У зріджених посівах, навпаки, рослини інтенсивно гілкуються, формують надмірну кількість листя, бобів і насіння, під масою яких та під впливом поривів вітру гілки є ламкими (Демидов та ін., 2021). Як наслідок, боби прикріплюються низько на стеблі, що обумовлює нерівномірне дозрівання та зменшення рівня врожайності (Hnatiuk et al., 2019; Фурман та ін., 2022).

Особливості формування густоти стояння рослин на одиниці площі залежать

від польової схожості насіння. Відтак, чим нижчі її показники, тим створюється більший розрив між нормою висіву насіння та кількістю рослин на одиниці площі під час збирання врожаю сої. Згідно аналізу результатів проведених досліджень польову схожість віднесено до варіабельних ознак, на величину якої впливають посівні якості насіння та оптимізація елементів технології вирощування до гідротермічного режиму регіону (Petryshenko et al., 2018; Панцирева, 2020; Фурман та ін., 2022).

Мета і завдання дослідження полягала у встановленні впливу інокуляції насіння мікробним препаратом за різної концентрації ретарданту на динаміку густоти стояння та висоту рослин сої в умовах правобережного Лісостепу України.

#### Матеріал і методи

Досліди закладали впродовж 2018-2022 рр. на дослідному полі НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету, розташованого в межах природо-кліматичної зони правобережний Лісостеп України. Координати: N 49°11'31", E 28°22'16".

Польовий трифакторний дослід закладали за наступною схемою: чинник А – сорт: Азимут та Голубка; фактор В – передпосівна обробка насіння: без інокуляції, бактеріальний препарат Ризогумін; фактор

С – концентрація ретарданту. Повторність досліду – чотириразова. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>. Попередник – пшениця озима. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для умов правобережного Лісостепу України, за винятком факторів, що вивчалися. Передпосівна бактеризація насіння проводилась комплексним бактеріальним препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Bradyrhizobium japonicum*). Польові дослідження проводили відповідно до вимог, викладених у посібнику «Основи наукових досліджень в агрономії» (Єщенко, 2005) і «Методик державного сорто випробування сільськогосподарських культур» (Волкодав, 2000).

#### Результати

За результатами спостережень виявлено, що за сівби (6 травня 2018 р., 3 травня 2019 р., 13 травня 2019 року, 1 травня 2020 р., 10 травня 2021 р. та 9 травня 2022 р.) сходи також з'явилися майже одночасно.

Так, порівняно з контрольними ділянками на варіантах, де застосовували бактеризацію насіння та обробку рослин по вегетації дворазовою обробкою ретардантом, зберіглося на 8,6-15,7 тис. шт./га більше порівняно з контролем (табл. 1).

Таблиця 1

Густота стояння сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах НДГ «Агрономічне», тис. шт./га. (середнє за 2018-2022 рр.)

Сорт	ч	Концентрація ретарданту, %	Час проведення обліку	
			фаза сходів ВВСН 10	перед збиранням ВВСН 95
Азимут	Без обробки	без обробки (к)	629,0	545,5
		0,5	629,0	549,4
		0,75	629,0	556,9
		1	629,0	550,4
	Ризогумін	без обробки	631,1	550,6
		0,5	631,1	555,4
		0,75	631,1	559,8
		1	631,1	557,8
Голубка	Без обробки	без обробки (к)	639,3	555,7
		0,5	639,3	559,5
		0,75	639,3	566,4
		1	639,3	560,3
	Ризогумін	без обробки	643,7	560,1
		0,5	643,7	565,5
		0,75	643,7	570,2
		1	643,7	567,1
НІР <sub>05</sub>		Фактор А	1,27	2,01
		Фактор В	1,16	2,33
		Фактор С	1,11	2,22
		Фактори АВС	3,56	6,54

Відтак, максимальна густина рослин (570,2 тис. шт./га) зберіглася перед збиранням на варіанті за застосування бактеріального препарату та дворазової обробки рослин по вегетації у сорту сої Голубка. Мінімальні показники були на контрольних варіантах сорту Азимут (545,5 тис. шт./га).

Важливим параметром лінійного росту є висота рослин. Упродовж усього вегетаційного періоду провели 5 вимірів висоти рос-

лин сої досліджуваних варіантів. Для більш детального вивчення впливу досліджуваних варіантів проведено його аналіз сортів за бактеризації насіння та концентрації ретарданту окремо, а потім виявлено кращі варіанти по досліду загалом (рис. 1, рис. 2).

Сорт Голубка виявився найбільш високорослим у порівнянні із сортом Азимут. Висота рослин у фазу бутонізації становила 55,8 см, у фазу цвітіння – 64,8-65,9 см,

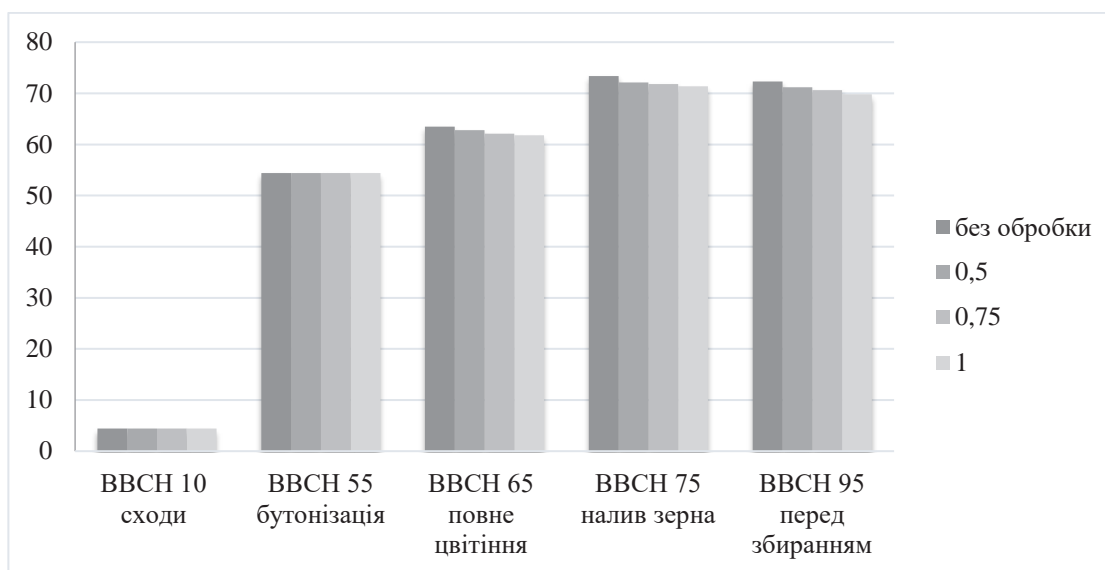


Рис. 1. Динаміка висоти рослин сої сорту Азимут залежно від застосування передпосівної обробки насіння бактеріальним препаратом та концентрації ретарданту, см (середнє за 2018-2023 рр.)

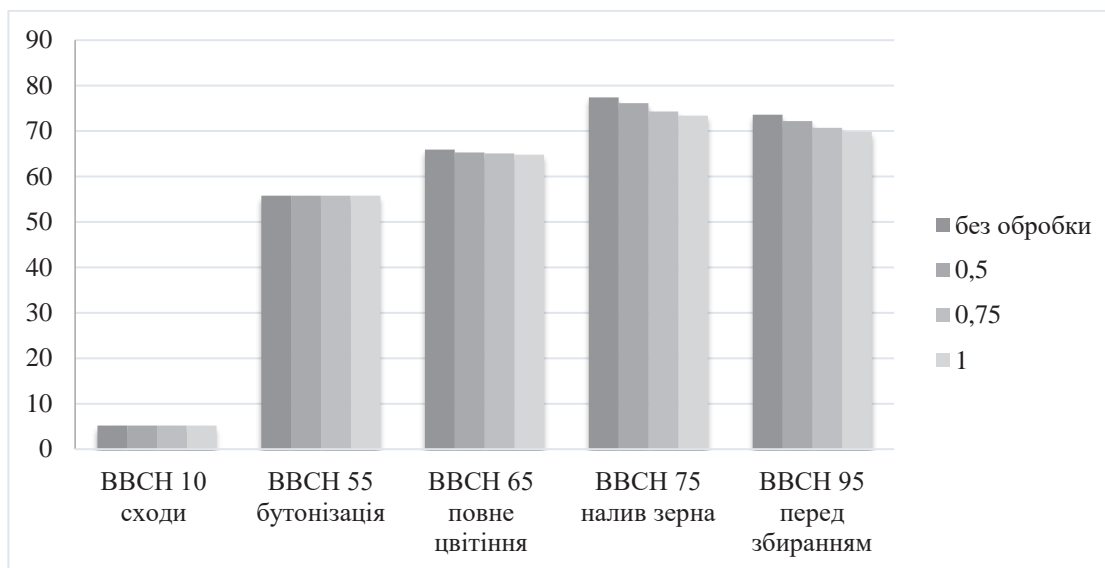


Рис. 2. Динаміка висоти рослин сої сорту Голубка залежно від застосування передпосівної обробки насіння бактеріальним препаратом та концентрації ретарданту, см (середнє за 2018-2023 рр.)

у фазу наливу бобів – 73,4-77,4 см. За рахунок інокуляції насіння приріст висоти рослин у фазу бутонізації становив 4,1-5,5 %, у фазу цвітіння – 3,4-5,5 % та у фазу наливу бобів – 3,8-4,9 %, відносно контролю. Відмічена аналогічна тенденція і у сорту Азимут. Найбільша висота рослини спостерігається у період ВВСН 75 наливу зерна на контрольному варіанті. Зафіксовано тенденцію, чим більша концентрація ретарданту, тим нижча висота рослин незалежно від сорту. Доведено, що за дії ретарданту, концентрація у вегетативних органах рослин, відносно контролю, посилює рух речовин, про що свідчить інтенсифікація обмінних процесів. Чіткіше ця тенденція простежується у фазах повного цвітіння та наливу зерна (Choudhury et al., 2015; Furman et al., 2022). Зокрема, висота рослин сорту Голубка, оброблених 1 % розчином хлормекват-хлоридом, була найнижчою, у середньому на 2-5 % протягом усього періоду дослідження.

Подібні результати відтоку азоту із вегетативних органів у генеративні отримали інші автори, які проводили аналогічні дослідження (Choudhury et al., 2021). Отже, під впливом ретарданту хлормекват-хлориду у різних концентраціях зростає донорний потенціал дослідних рослин. Надлишок вуглеводів використовується на формування потужнішого стебла рослин і ріст плодів, кількість яких унаслідок посиленого галушення стебла за дії препаратів збільшувалась.

### Обговорення

У середньому рослини сорту Голубка були дещо вищими порівняно з сортом Азимут, що є генетично обумовленою ознакою (Фурман та ін., 2022). У цього сорту в роки досліджень висота рослин мало змінювалась під впливом досліджуваних елементів технології вирощування, на що вказує низький рівень коефіцієнту варіації (4,5–5,1 %). Це також може свідчити про вищу стабільність та адаптивність вказаного генотипу до змін факторів життя. Навпаки, починаючи із фази цвітіння рослини на контролі були вищими, ніж на варіантах із обробкою ретардантом.

Для наочності виявлення впливу факторів на формування густоти рослин та збереження її на момент збирання наведено результати дисперсійного аналізу у вигляді діаграми (рис. 3).

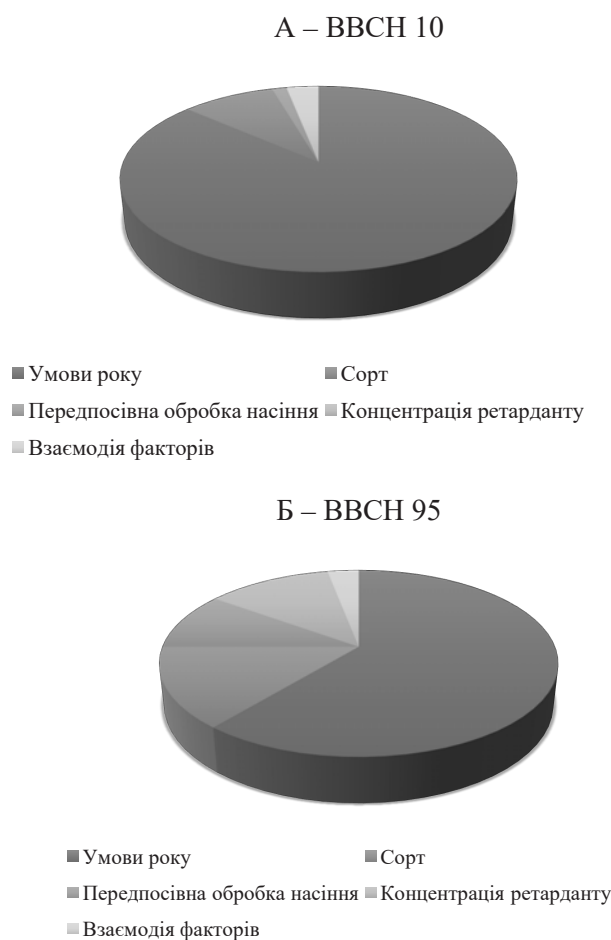


Рис. 3. Частка впливу факторів на формування густоти рослин сої за застосування бактеризації насіння та обробки посівів ретардантом (А – на ВВСН 10; Б – перед збиранням)

За результатами проведених досліджень розраховано варіювання густоти рослин у фазу повних сходів від 629,0 до 643,7 тис. шт./га. Але різниця між варіантами в цю фазу була не істотна (НІР 05 = 3,56 тис. шт./га).

Очевидне домінування впливу погодних умов (86,6%) під час проведення обліків на фазу сходів. Слід зазначити, що більш сприятливі умови на період сходів були в 2019 році (кількість опадів за квітень-травень 25,9 та 42,7 мм) у середньому за варіантами було сформовано густоту у сорту Голубка 636,1 тис. шт./га.

Дещо меншу густоту у даного сорту (632,5 тис. шт./га) було сформовано в 2020 році (кількість опадів 22,8 та 18,6 мм). Дефіцит опадів у квітні 2021 року (лише 7,3 мм) обумовив мінімальні показники густоти рослин (627,0 тис. шт./га). На час проведення обліків перед збиранням ситуація

дещо змінилася. Отже, вплив кліматичних умов року був найбільшим, але зменшився до 61,0%. Водночас збільшився вплив факторів «сорт», «передпосівна обробка насіння» та «концентрація ретарданту».

#### Висновки

В умовах правобережного Лісостепу України найбільш сприятливі умови для росту, розвитку і збереження рослин сої на одиниці площі впродовж вегетації були сформовані на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій при двократній обробці 0,75 % концентрації розчином ретарданту. При такій

технологічній моделі вирощування висота рослин сої у фазу бутонізації була 55,8 см, у фазу цвітіння – 64,5–66,4 см, у фазу наливу бобів – 67,9–77,4 см. За рахунок інокуляції насіння приріст висоти рослин у фазу бутонізації становив 4,1–5,5 %, у фазу цвітіння 3,4–5,5 % та у фазу наливу бобів – 3,8–4,9 %, відносно контролю. Відмічена аналогічна тенденція і у сорту Азимут. Найбільша висота рослини відмічена у період ВВСН 75 наливу зерна при передпосівній обробці насіння бактеріальним препаратом та за двократної обробки 0,75 % концентрації ретарданту, що на 16,8 % вище порівняно з контролем.

#### Список використаної літератури

- Бабич А.О., Петриченко В.Ф. Фотосинтетична продуктивність посівів та врожайність зерна сої залежно від способів сівби і густоти рослин. *Корми і кормовиробництво*. Київ, 1991. Вип. 31. С. 7–9.
- Волкодав В.В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина. Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
- Демидов О.А., Петриченко В.Ф., Січкач В.І., Тимченко В.Н. Соеві амбіції України. Аграрний тиждень. Україна. [Електронний ресурс]. URL: <https://a7d.com.ua/plants/1074-soyevi-ambiciyi-ukrayini.html> (дата звернення 21.12.2023).
- Дробітько О.М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2007. Вип. 2. С. 240–245.
- Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
- Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в Правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. № 3 (18). С. 5–16. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-1>.
- Панцирева Г.В. Особливості водоспоживання рослин люпину білого в умовах правобережного Лісостепу України. *Вісник ЛНАУ*. 2020. Вип. 24. С. 72–78. <https://doi.org/10.31734/agronomu.2020.01.072>.
- Панцирева Г.В. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан та перспективи використання. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Вип. 17. С. 30–41. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-2-3>.
- Фурман В.А., Фурман О.В., Свистунова І.В. Динаміка густоти стояння та виживаність рослин сої, залежно від мінерального удобрення та інокуляції в умовах Лісостепу правобережного. *Агрономія*. 2022. №. 5(99). С. 110.
- Brzozowska A., Dacko M., Kalinichenko A., Petrychenko V., Tokovenko I. Phytoplasmosis of Bioenergy Cultures. *Mikrobiol. Z.* 2018. 80(4). 108–127. <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.04.108>.
- Choudhury M., Sharma A., Singh P., Kumar D. Impact of climate change on wetlands, concerning Son Beel, the largest wetland of Northeast, India. *Glob. Clim. Chang.* 2021. 393–414. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00006-X>.
- Chowdhury P., Behera M.R. A study on regional sea level variation along the Indian coast. *Procedia Eng.* 2015. 116, 1078–1084. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.348>.
- Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(5). P. 54–61. [https://doi.org/10.15421/2020\\_206](https://doi.org/10.15421/2020_206).
- Hnatiuk T.T., Zhitkevich N.V., Petrychenko V.F., Kalinichenko A.V., Patyka V.P. Soybean Diseases Caused by Genus Pseudomonas Phytopathenes Bacteria. *Mikrobiol. Z.* 2019. 81(3). 68–83. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.03.068>.
- Petrychenko V.F., Kobak S.Ya., Chorna V.M., Kolisnyk S.I., Likhochvor V.V., Pyda S.V. Formation of the Nitrogen-Fixing Potential and Productivity of Soybean Varieties Selected at the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS. *Mikrobiol. Z.* 2018. 80(5). 63–75. <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.05.063>.

### References (translated & transliterated)

- Babych A.O. & Petrychenko V.F. (1991). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv ta vrozhainist zerna soi zalezno vid sposobiv sivby i hustoty roslyn [Photosynthetic productivity of crops and soybean grain yield depending on sowing methods and plant density]. *Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production]*. 31. S. 7–9 [in Ukrainian].
- Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur (2000). [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Vyp. 1. Zahalna chastyna / red: V.V. Volkodav; Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn. Kyiv, 100 s. [in Ukrainian].
- Demydov, O.A., Petrychenko, V.F., Sichkar, V.I., & Tymchenko, V.N. Soievi ambitsii Ukrainy [Soy Ambitions of Ukraine]. *Agrarian Week. Ukraine [Agrarian week. Ukraine]*. [Electronic resource]. URL: <https://a7d.com.ua/plants/1074-soyevi-ambiciyi-ukrayini.html> (access date 21.12.2023) [in Ukrainian].
- Drobitko, O.M. (2007). Produktyvnist fotosyntezy i urozhainist soi zalezno vid prostorovoho i kilkisnogo rozmishchennia roslyn v ahrotsenozi [Photosynthesis productivity and soybean productivity depending on the spatial and quantitative placement of plants in the agrocenosis]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomia [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region]*, 2. S. 240–245 [in Ukrainian].
- Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii (2005). [Fundamentals of scientific research in agronomy] / za red. V. O. Yeshchenka. Kyiv: Diia, 288 s. [in Ukrainian].
- Mazur, V.A., Didur, I.M., & Pantsyreva, H.V. (2020). Obgruntuvannia adaptivnoi sortovoi tekhnologii vyro shchuvannia zernobobovykh kultur v pravoberezh nomu Lisostepu Ukrainy [Substantiation of the Adaptive Varietal Technology of Growing Legumes in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silke hospodarstvo ta lisnytstvo [Agriculture and Forestry]*. 18. pp. 5–16 [in Ukrainian].
- Pantsyreva, H.V. (2020). Osoblyvosti vodospozhy-vannia roslyn liupynu biloho v umovakh pravobere-zhnogo Lisostepu Ukrainy [Characteristics of Water Consumption of White Lupine in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk LNAU [Bulletin of Lviv National Agrarian University]*. 24. pp. 72–78. <https://doi.org/10.31734/agronomy.2020.01.072> [in Ukrainian].
- Pantsyreva, H.V. (2020). Sortovi resursy zernobob-ovykh kultur v Ukraini: suchasnyi stan ta perspektyvy vykorystannia [Varietal resources of leguminous crops in Ukraine: current state and prospects of use]. *Silke hospodarstvo ta lisnytstvo [Agriculture and Forestry]*. 17. pp. 30–41. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-2-3> [in Ukrainian].
- Furman, V.A., Furman, O.V., & Svystunova, I.V. (2022). Dynamika hustoty stoiannia ta vyzhyvanist roslyn soi, zalezno vid mineralnogo udobrennia ta inokuliatsii v umovakh Lisostepu pravoberezhnogo [The dynamics of stand density and survival of soybean plants, depending on mineral fertilization and inoculation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Ahronomiia [Agronomy]*. 5(99). S. 1–10 [in Ukrainian].
- Brzozowska, A., Dacko, M., Kalinichenko, A., Petrychenko, V., & Tokovenko, I. (2018). Phytoplasmosis of Bioenergy Cultures. *Mikrobiol. Z.* 80(4). 108–127. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj80.04.108> [in Ukrainian].
- Choudhury, M., Sharma, A., Singh, P., & Kumar, D. (2021). Impact of climate change on wetlands, concerning Son Beel, the largest wetland of Northeast, India. *Glob. Clim. Chang.* 393–414. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00006-X> [in Indian].
- Chowdhury, P., & Behera, M.R. (2015). A study on regional sea level variation along the Indian coast. *Procedia Eng.* 116, 1078–1084. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.348> [in Indian].
- Didur, I.M., Pantsyreva, H.V., & Telekalo, N.V. (2020). Agroecological Rationale of Technological Methods of Growing Legumes. *Scientific Heritage*. Vol. 52. Pp. 3–7. [https://doi.org/10.15421/2020\\_206](https://doi.org/10.15421/2020_206) [in English].
- Hnatiuk, T.T., Zhitkevich, N.V., Petrychenko, V.F., Kalinichenko, A.V., & Patyka, V.P. (2019). Soybean Diseases Caused by Genus *Pseudomonas* Phytopathenes Bacteria. *Mikrobiol. Z.* 81(3). 68–83. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj81.03.068> [in English].
- Petrychenko, V.F., Kobak, S.Ya., Chorna, V.M., Kolisnyk, S.I., Likhochvor, V.V., & Pyda, S.V. (2018). Formation of the Nitrogen-Fixing Potential and Productivity of Soybean Varieties Selected at the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS. *Mikrobiol. Z.* 80(5). 63–75. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj80.05.063> [in Ukrainian].

Отримано: 03.01.2024  
Прийнято: 01.02.2024



УДК 631,5

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>

## НАУКОВІ ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ СОРТІВ І ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО

О. П. Ткачук<sup>1</sup>, С. Ф. Разанов<sup>2</sup>, С. О. Банул<sup>3</sup>

*Велике різноманіття гібридів та сортів ріпаку озимого у Державному реєстрі сортів рослин України, що налічує близько 400 назв, створює проблему для виробників при виборі оптимальних варіантів. Тому актуальним питанням є визначення основних характеристик гібридів і сортів ріпаку озимого, на які необхідно звертати увагу при їх виборі. А також необхідно чітко згрупувати переваги та недоліки як гібридів, так і сортів ріпаку озимого, що особливо важливо в період економічної кризи. Наші дослідження проводились опрацюванням літературних джерел за вказаною тематикою.*

*Перевагами гібридів ріпаку озимого є вищий потенціал продуктивності, висока стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища на початкових етапах росту і розвитку, інтенсивне відновлення весняної вегетації, низька норма висіву, можливість сіяти у пізні строки. Сорти ріпаку озимого відзначаються вищим вмістом олії, низькою вартістю посівного матеріалу, повільним розвитком рослин восени, що дозволяє проводити сівбу у більш ранні строки, вищою адаптивністю та пластичністю до несприятливих умов вегетації, меншою вимогливістю до удобрення та системи захисту.*

*При виборі сортів чи гібридів ріпаку озимого звертають увагу на їх стиглість. Виділяють ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі та пізньостиглі форми. Іншими групами показників при виборі оптимальних сортів чи гібридів ріпаку озимого є їх стійкість до несприятливих умов вегетації; якісні характеристики урожаю; технологічна придатність. Важливими біохімічними характеристиками ріпаку озимого є відсутність або дуже низький вміст у його насінні ерукової кислоти та глюкозинолатів.*

*Сорти забезпечують урожайність насіння ріпаку озимого близько 3 т/га, а гібриди – 4,5-5,0 т/га. Проте гібриди вимагатимуть внесення вищих норм добрив та більш якісного захисту посівів для забезпечення такої продуктивності. Найкраще мати в господарстві і сорти, і гібриди, що гарантує уникнення погодних ризиків.*

**Ключові слова:** продуктивність, якість, стійкість, технологічність, показники.

<sup>1</sup> доктор с.-г. наук, професор,  
завідувач кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)

E-mail: [tkachukop@ukr.net](mailto:tkachukop@ukr.net)  
ORCID: 0000-0002-0647-6662

<sup>2</sup> доктор с.-г. наук, професор  
кафедри екології та охорони  
навколишнього середовища  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)

E-mail: [razanovsergej65@gmail.com](mailto:razanovsergej65@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-4883-2696

<sup>3</sup> аспірант  
(Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця)

E-mail: [tkachukop@ukr.net](mailto:tkachukop@ukr.net)  
ORCID: 0009-0001-4655-7889

## SCIENTIFIC PRINCIPLES OF SELECTION OF VARIETIES AND HYBRIDS OF WINTER RAPESEED

O. P. Tkachuk, S. F. Razanov, S. O. Banul

*The great diversity of hybrids and varieties of winter rape in the State Register of Plant Varieties of Ukraine, which includes about 400 names, creates a problem for producers when choosing the optimal options. Therefore, determining the main characteristics of hybrids and varieties of winter rape, which must be paid attention to when choosing them, is an urgent issue. And it is also necessary to clearly group the advantages and disadvantages of both hybrids and varieties of winter rape, which is especially important during the economic crisis. Our research was carried out by studying literary sources on the specified topic.*

*The advantages of winter rapeseed hybrids are higher productivity potential, high resistance to adverse environmental factors at the initial stages of growth and development, intensive recovery of spring vegetation, low seeding rate, the possibility of sowing in late periods. Winter rapeseed varieties are characterized by a higher oil content, low cost of seed material, slow plant development in the fall, which allows earlier sowing, higher adaptability and plasticity to adverse growing conditions, less demanding fertilizer and protection systems. When choosing varieties or hybrids of winter rape, pay attention to their maturity. There are early-ripening, medium-early, medium-ripening and late-ripening forms. Other groups of indicators when choosing optimal varieties or hybrids of winter rape are their resistance to adverse growing conditions; quality characteristics of the harvest; technological suitability. Important biochemical characteristics of winter rape are the absence or very low content of erucic acid and glucosinolates in its seeds. Varieties ensure the yield of winter rape seeds of about 3 t/ha, and hybrids - 4.5-5.0 t/ha. However, hybrids will require higher fertilizer rates and better crop protection to ensure such productivity. It is best to have both varieties and hybrids in the farm, which guarantees the avoidance of weather risks.*

**Key words:** performance, quality, sustainability, manufacturability, indicators.

### Вступ

В Україні посівні площі ріпаку озимого в останні роки мають тенденцію до зростання. Ця тенденція прискорилась у роки військових дій. Основним чинником, що зумовляє збільшення посівних площ ріпаку озимого є його вища рентабельність вирощування порівняно з іншими культурами. Високий потенціал урожайності ріпаку озимого забезпечується інтенсивною технологією вирощування у поєднанні з підбором оптимальних сортів чи гібридів. На сьогодні високий потенціал урожайності сучасних сортів і гібридів ріпаку озимого та їх стабільність впродовж років є однією з головних передумов досягнення високої рентабельності (Мельник та ін., 2016).

Проте дуже велике різноманіття гібридів та сортів ріпаку озимого у Державному реєстрі сортів рослин України, що налічує близько 400 назв, створює проблему для виробників при виборі оптимальних варіантів (Мельник та ін., 2017).

На сьогодні основними факторами недобору урожаю насіння ріпаку є: неправильний вибір сортів чи гібридів для господарства відповідно до ґрунтово-кліматичних умов та конкретного поля; невдале місце в сівозміні; недотримання вимог основного обробітку ґрунту та удобрення культури; недостатня система захисту посівів від

комплексу шкочинних організмів; несвоєчасне збирання урожаю та втрати насіння при цьому (Бондарчук, 2018).

Тому актуальним питанням є визначення основних характеристик гібридів і сортів ріпаку озимого, на які необхідно звертати увагу при їх виборі. А також необхідно чітко згрупувати переваги та недоліки як гібридів, так і сортів ріпаку озимого, що особливо важливо в період економічної кризи, зумовленої військовими діями та збройною агресією (Токарчук, 2015).

### Матеріал і методи

Аналіз літературних джерел за вказаною тематикою.

### Результати й обговорення

Основні переваги та недоліки гібридів і сортів ріпаку озимого визначаються закономірностями їх виведення. Сорти ріпаку озимого одержують внаслідок природного перехресного або самозапилення. Тут використовують рослини одного виду. Сорт формується на основі відбору найкращих, найпродуктивніших і найстійкіших рослин, які відповідають встановленим ознакам. Гібриди створюються способом схрещування двох сортових ліній, які проявляють сплеск позитивних якостей внаслідок гетерозису (Рождкован, 2008).

В сільськогосподарських підприємствах України приблизне співвідношення сортів



до гібридів ріпаку озимого оцінюється як 40 : 60 на користь гібридів. Перевагами гібридів ріпаку озимого, порівняно з сортами, є їх вищий потенціал продуктивності за умови створення оптимальних умов живлення, захисту посівів від шкочинних організмів, виконання усіх технологічних заходів вирощування культури відповідно до вимог та за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов. За такого поєднання усіх сприятливих чинників можливо отримати урожайність гібридного ріпаку озимого 5,0 т/га (Шолонкевич, 2012).

Проте, останніми роками основною проблемою у вирощуванні ріпаку озимого виступає несприятливість погодно-кліматичних умов вегетаційного періоду. Це проявляється у низькому вмісті вологи у ґрунті на період сівби, занадто високих температурах та тривалому періоду осінньої вегетації, несприятливих умовах зимівлі, посухах у весняно-літній період, високих температурах повітря та інших. Завдяки оптимізації технологічних прийомів вирощування, частину цих несприятливих умов вегетації можна суттєво послабити, але повністю усунути практично не можливо. Тоді гібриди ріпаку озимого можуть істотно знизити свою урожайність. За таких умов, вирощування сортів може бути більш виправдане, оскільки вони є пластичнішими, добре адаптуються до несприятливих умов вегетації та не суттєво знижують свою урожайність відносно потенційної (Jankowski et al., 2019) (табл. 1).

Таблиця 1

Переваги сортів та гібридів ріпаку озимого

Сорт	Гібрид
Вищий вміст олії	Вищий потенціал продуктивності
Низька вартість посівного матеріалу	Висока стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища на початкових етапах росту і розвитку
Повільний розвиток рослин восени, що дозволяє проводити сівбу у більш ранні строки	Інтенсивне відновлення весняної вегетації
Вища адаптивність та пластичність до несприятливих умов вегетації	Низька норма висіву
Менша вимогливість до удобрення та системи захисту	Можливість сіяти у пізні строки

Гібриди ріпаку озимого відзначаються стійкістю до несприятливих умов вегетації лише на початкових етапах росту і розвитку, зокрема до нестачі вологи у ґрунті та високих температур. Часто нестача вологи на період сівби ріпаку озимого може суттєво позначитись на наявності сходів або взагалі призвести до їх відсутності. При тривалому періоді з низьким вмістом вологи у ґрунті сівба переноситься на дуже ранні, чи дуже пізні строки. Або взагалі ріпак не сіють. За ранніх строків сівби ріпаку озимого він сильно переростає та входить у зиму у несприятливому для зимівлі стані. Тому доводиться впродовж осінньої його вегетації навіть неодноразово застосовувати регулятори росту для сповільнення розвитку у осінній період, а це додаткові затрати. Оптимальна фаза зимівлі ріпаку озимого – 10-12 листків. За пізніх строків сівби ріпаку озимого він входить в зиму не загартованим, погано зимує, сильно зріджується та знижує урожайність (Соколов та ін., 2015).

Тому за умов нестабільної вологості ґрунту впродовж серпня необхідно вміло поєднувати гібриди та сорти ріпаку озимого. Виходячи з того, що сівбу ріпаку здійснюють після сильних опадів та наявності достатньої вологості ґрунту для проростання насіння, і в меншій мірі зважають на календарні терміни, можливо правильно підібрати гібриди або сорти. Гібриди можна висівати у більш пізні строки, у кінці серпня, що компенсується їх прискореним осіннім розвитком. Сорти ріпаку озимого навпаки, відзначаються більш повільним осіннім розвитком, що дозволяє висівати їх на початку серпня без необхідності використовувати регулятори росту. Виходячи з таких особливостей, сорти необхідно висівати у період 5-15 серпня, а гібриди – 15-25 серпня (Волкодав та ін., 2005).

Інтенсивне відновлення весняної вегетації – ще одна перевага гібридів ріпаку озимого. Враховуючи часті весняно-літні посухи, рослини ріпаку озимого мають максимально ефективно використовувати зимові та ранньо-весняні запаси вологи у ґрунті. Тому чим інтенсивніше відбуватиметься весняний ріст і розвиток рослин, тим більше вологи споживатимуть рослини і тим вищу урожайність можна буде отримати у підсумку (Петренко, 2010).

Гібриди мають меншу норму висіву: 0,5-0,7 млн./га схожих насінин, що складає 2-4 кг/га та визначається їх вищою схожістю. Сорти сіють 1,0-1,2 млн./га схожих

насінин, або 4-6 кг/га. Безумовно, вартість сортового насіння ріпаку озимого нижча, ніж гібридного. Станом на початок 2024 року одна посівна одиниця ріпаку (1,5 млн. схожих насінин) коштувала на ринку України 2000-6300 грн. залежно від того, воно вітчизняне, чи імпортне. Така ж сама кількість сортового вітчизняного насіння ріпаку озимого матиме вартість близько 300 грн., а імпортного – до 1000 грн. Враховуючи гектарну норму висіву гібридного насіння, витрати становитимуть 670-3150 грн, а сортового – 200-700 грн (Маслак, 2013).

Важливою перевагою сортового насіння ріпаку озимого є підвищений вміст у ньому олії, що може становити 50 % і більше. Гібриди забезпечують середній вміст олії в насінні 46% і менше. Ціна на ріпак знижується при олійності нижче 42%. Також передбачаються доплати за вищий міст олії. Олійність ріпаку у значній мірі визначається потенціалом сорту або гібриду. Якщо гібрид має низький потенціал олійності, то підвищити його удобренням практично не можливо. Але існує великий ризик зниження вмісту олії у насінні. На це впливає незбалансоване живлення макроелементами (азотом, фосфором і калієм) та відсутність у ґрунті бору і марганцю. Також позначається на зниженні вмісту олії у насінні ураження рослин хворобами (Продан, 2014).

При виборі сортів чи гібридів ріпаку озимого звертають увагу на їх стиглість. Виділяють ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі та пізньостиглі форми (Sieling et al., 2017) (табл. 2).

Таблиця 2  
Групи стиглості ріпаку озимого

Група стиглості	Тривалість вегетації, дів
Ранньостиглі	280-290
Середньоранні	290-300
Середньостиглі	300-310
Пізньостиглі	Понад 310

Тривалість періоду вегетації сорту чи гібриду ріпаку озимого визначають від сходів до настання збиральної стиглості. Усі сорти та гібриди озимого ріпаку ділять за скоростиглістю на три агробіологічні групи: пізньостиглу, середньостиглу і ранньостиглу (Захарчук та ін., 2015).

Пізньостигла група включає високорослі рослини з великою кількістю крупних листків (до 20). Вегетаційний період становить

більше 310 дів. За весняної сівби озимі форми здатні накопичувати до 100 т/га зеленої маси і утворюють не більше 3% квітконосних пагонів (Уланчик та ін., 2008).

Ранньостигла група має вегетаційний період до 280-290 дів. За весняної сівби рослини цієї групи формують до 30-100% квітконосних пагонів. Середньостигла група має вегетаційний період 300-310 дів. Саме ця група найширше представлена у сортименті гібридів і сортів в Україні (Ковальчук, 2014).

Іншими групами показників при виборі оптимальних сортів чи гібридів ріпаку озимого є їх стійкість до несприятливих умов вегетації; якісні характеристики урожаю; технологічна придатність (табл. 3).

Таблиця 3  
Групи показників при виборі оптимальних сортів і гібридів ріпаку озимого

Група показників	Ознака
Стійкість до несприятливих умов вегетації	посухостійкість, жаростійкість, зимостійкість, морозостійкість, стійкість до хвороб і шкідників
Якісні характеристики урожаю	вміст олії, білку, ерукової кислоти, глікозинолатів
Технологічна придатність	стійкість до вилягання, стійкість до осипання, придатність до механізованого вирощування

Іншими важливими ознаками при виборі сортів та гібридів ріпаку озимого має бути їх толерантність до несприятливих умов навколишнього середовища: посухостійкість, жаростійкість, зимо- і морозостійкість, стійкість до хвороб і шкідників. Основними хворобами ріпаку озимого, що суттєво позначаються на його продуктивності, є бактеріоз, фомоз, пероноспороз та інші, шкідники – ріпаковий квіткоїд і пильщик (Чехов, 2016).

Дуже важливою ознакою сорту (гібриду) ріпаку є стійкість проти шкідливих організмів. При вирощування стійких сортів проти хвороб і шкідників знижується у кілька разів інтенсивність розвитку хвороб та поширення шкідників, що обмежує використання фунгіцидів та інсектицидів і знижує витрати на вирощування культури (Пересипкін та ін., 2000).

За морфологічною будовою рослини, сорти менш щільні, ніж гібриди, тому краще продаються та менше уражені до хвороб. Тому за тривалих дощів, коли немає змоги вчасно провести обприскування, шкода рослинам від розвитку хвороб на сортах буде значно меншою, ніж на гібридах (Лихочвор та ін., 2005).

Ще більш важливою ознакою сорту є його стійкість проти небезпечних шкідників генеративних органів: ріпакового квіткоїда, насінневого прихованохоботника та стручкової галиці, які суттєво зменшують урожайність насіння, а застосування інсектицидів проти них є надзвичайно ризикованим, оскільки знищує комах-запилювачів (Лихочвор та ін., 2010).

Якісними характеристиками ріпаку озимого є вміст олії та її якість, вміст білка, їх вихід з гектара. Важливими біохімічними характеристиками ріпаку озимого є відсутність або дуже низький вміст у його насінні ерукової кислоти та глюкозинолатів. Сорти та гібриди ріпаку озимого поділяють за якісними та біохімічними показниками на групи (Мороз, 2006):

- традиційні (++)), що мають високий вміст ерукової кислоти і глюкозинолатів. Вони призначені для сидеральної культури;

- звичайні (0+), що мають невисокий вміст ерукової кислоти і надлишок глюкозинолатів. Призначені для виробництва високоякісної олії, а шрот має обмежене використання у тваринництві;

- подвійної якості (00), що мають низький вміст ерукової кислоти і глюкозинолатів. Призначені для виробництва якісної олії та білкових кормів;

- з високим вмістом ерукової кислоти і низьким – глюкозинолатів (+0). Призначені для виробництва технічних масел і біоди-

зельного пального. Кормовий шрот є якісним білковим кормом;

- сорти з жовтим насінням (000). Вони мають тонку оболонку (маса 7% від маси насіння), низький вміст ерукової кислоти і глюкозинолатів. Олія з них не потребує знебарвлення від темного пігменту (Beres et al., 2019) (табл. 4).

Велике значення при селекції ріпаку харчового напрямку звертають на забарвлення насіння. Перевагу мають жовтонасінневі форми. Вони мають підвищений вміст білка і олії, низький – клітковини (лушпиння). Це новий сортотип «000», який поєднує безеруківність, низькоглікозиольність і жовтонасінність (Колесніченко, 2008).

Технологічними характеристиками сортів і гібридів ріпаку озимого є придатність їх до механізованого вирощування, стійкість до вилягання та осипання насіння. При застосуванні десикації посівів ріпаку озимого саме на сортах її можна провести набагато якісніше. Сорти мають сферичний габітус і меншу висоту рослин, тому через таку будову краще проникає водний розчин препарату при обприскуванні, особливо контактної дії. Гібрид є більш масивний, тому при використанні контактного десиканту відбуватиметься підсихання лише зовнішньої частини рослини (Гарбар та ін., 2018).

Також при виборі сортів і гібридів враховують призначення урожаю (харчове, технічне, кормове, насінневе), районованість у певній ґрунтово-кліматичній зоні, стійкість до гербіцидів.

#### Висновки

Сорти забезпечують урожайність насіння ріпаку озимого близько 3 т/га, а гібриди –

Таблиця 4

Класифікація сортів та гібридів ріпаку озимого за біохімічними показниками

Тип	Група	Масова частка ерукової кислоти у % від суми жирних кислот	Масова частка глюкозинолатів у насінні	Призначення
«00»	подвійної якості	до 1 %	до 1,2 % (20 МкМоль/г)	високоякісна олія та корми
«0+»	Звичайні	до 1 %	понад 1,2 % (30 МкМоль/г)	високоякісна олія, обмежене використання шроту у годівлі
«+0»	-	понад 45 %	до 1,2 % (30 МкМоль/г)	технічні мас-ла, біодизель, якісний кормовий шрот
«++»	Традиційні	понад 45 %	понад 1,2%	сидерати
«000»	З жовтим насінням і тонкою оболонкою	до 1 %	до 1,2 % (20 МкМоль/г)	високоякісні олії, що не потребують знебарвлення

4,5-5,0 т/га. Проте гібриди вимагатимуть продуктивності. Найкраще мати в господарстві і сорти, і гібриди, що гарантує унікального захисту посівів для забезпечення такої продуктивності. Найкраще мати в господарстві і сорти, і гібриди, що гарантує унікалення погодних ризиків.

### Список використаної літератури

- Бондарчук І.Л. Сортова реакція параметрів перезимівлі рослин ріпаку озимого за застосування ристрегуляції в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського НАУ*. Суми. 2018. № 3 (35). С. 68–71.
- Волкодав В.В., Захарчук О.В. Формування ринку сортів рослин добігає кінця? *Зерно і хліб*. 2005. № 4. С. 42.
- Гарбар Л.А., Яцишина Т.П., Самолюк О.П. Вплив удобрення на перезимівлю ріпаку озимого. *Scientific Progress & Innovations*. 2018. № 1. С. 74–77.
- Захарчук О., Ткачик С., Завальнюк О. Проведемо паралелі між ринками посівного матеріалу світу, Європи й нашої країни. *Зерно і хліб*. 2015. № 4. С. 14–15.
- Ковальчук Д. Переваги і недоліки вирощування озимого ріпаку. *Агроексперт*. 2014. № 8 (73). С. 22–26.
- Колесніченко О. Ріпак озимий – цінна енергетична культура. *Пропозиція*. 2008. № 8. С. 60–61.
- Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. Львів: Українські технології, 2010. 124 с.
- Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Ріпак. Львів: НВФ «Українські технології», 2005. 88 с.
- Маслак О. Основні тенденції ринку олійного насіння. *Пропозиція*. 2013. № 2. С. 4–7.
- Мельник А.В., Присяжнюк О.І., Бондарчук І.Л. Оцінка стабільності та пластичності показників урожайності сортів та гібридів ріпаку озимого в різних агрокліматичних зонах України. *Вісник Сумського НАУ*. Суми. 2016. № 9 (36). С. 145–149.
- Мельник А.В., Бондарчук І.Л., Присяжнюк О.І. Кластерний аналіз урожайності сортів та гібридів ріпаку озимого в різних агрокліматичних зонах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава. 2017. № 1–2. С. 7–13.
- Мороз В.М. Система первинного високоякісного насінництва ріпаку. Київ: ЕКМО, 2006. 60 с.
- Пересипкін В.Ф., Антоненко О.Ф., Мороз В.М. Нові напрями селекції озимого та ярого ріпаку. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 48–50.
- Петренко В.С. Формування насінництва елітної репродукції на ринку олійних культур в Україні. [Електронний ресурс]. URL: [http://www.26\\_SSN\\_2010/Economics/71346.doc.htm](http://www.26_SSN_2010/Economics/71346.doc.htm) (дата звернення 05.01.2024).
- Продан І. Ринок насіння: підсумки і перспективи. *Аграрний тиждень*. 2014. № 18. С. 33–37.
- Рожкован В.В. Сорти ріпаку – головна складова виробництва якісного олійного насіння. *Ексклюзив Агро*. 2008. № 3. С. 14–16.
- Соколов В.М., Вишневецький В.В., Васильченко В.В. Успіхи, проблеми та перспективи насінництва в сучасних умовах. *Насінництво*. 2015. № 5–6. С. 6–9.
- Токарчук Д.М. Сучасний стан, ефективність та перспективи виробництва ріпаку в ЄС та в Україні. *Агросвіт*. 2015. № 13. С. 19–32.
- Уланчик В.С., Дишлюк С.М. Проблеми ефективного виробництва насіння ріпаку та продукції його переробки. *Економічний вісник Донбасу*. 2008. № 1. С. 91–97.
- Чехов С. Аналіз пропозиції на вітчизняному ринку насіння ріпаку економічний дискурс. *Міжнародний збірник наукових праць*. 2016. Вип. 1. С. 51–60.
- Шолонкевич І.М. Основні напрями селекції ріпаку озимого. *Посібник українського хлібороба*. 2012. Т. 2. С. 291–292.
- Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 2019. № 65. P. 435–441. <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>.
- Jankowski K.J., Sokolski M., Szatkowski A. The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*. 2019. № 9. P. 849. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>.
- Sieling K., Böttcher U., Kage H. Sowing date and N application effects on tap root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *Eur. J. Agric.* 2017. № 83. P. 40–46.

### References (translated & transliterated)

- Bondarchuk, I.L. (2018). Sortova reaktsiya parametrov perezymivli roslin ripaku ozymoho za zastosuvannya ristrehulyatsiyi v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrayiny [Varietal response of overwintering parameters of winter rapeseed plants to the application of restitution in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sums'koho NAU [Bulletin of the Sumy NAU]*, 3 (35), 68–71 [in Ukrainian].
- Volkodav, V.V., & Zakharchuk, O.V. (2005). Formuvannya rynku sortiv roslin dobihaye kintsya? [Is the market formation of plant varieties coming to an end?]. *Zerno i khlib [Grain and bread]*, 4, 42 [in Ukrainian].

Harbar, L.A., Yatsyshyna, T.P., & Samolyuk, O.P. (2018). Vplyv udobrennya na perezymivlyu ripaku ozymoho [Effect of fertilizer on overwintering of winter rapeseed]. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 74–77 [in Ukrainian].

Zakharchuk, O., Tkachyk, S., & Zaval'nyuk, O. (2015). Provedemo paraleli mizh rynkami posivnoho materialu svitu, Yevropy y nashoyi krayiny [Let's draw parallels between the seed markets of the world, Europe and our country]. *Zerno i khlib [Grain and bread]*, 4, 14–15 [in Ukrainian].

Koval'chuk, D. (2014). Perevahy i nedoliky vyroshchuvannya ozymoho ripaku [Advantages and disadvantages of growing winter rapeseed]. *Ahroekspert [Agricultural expert]*, 8 (73), 22–26 [in Ukrainian].

Kolesnichenko, O. (2008). Ripak ozymyy – tsinna enerhetychna kul'tura [Winter rapeseed is a valuable energy crop]. *Propozytsiya [Offer]*, 8, 60–61 [in Ukrainian].

Lykhochvor, V.V., & Petrychenko, V.F. (2010). Ripak [Turnip]. L'viv: Ukrayins'ki tekhnolohiyi, p. 124 [in Ukrainian].

Lykhochvor, V.V., & Prots', R.R. (2005). Ripak [Turnip]. L'viv: NVF «Ukrayins'ki tekhnolohiyi», p. 88. [in Ukrainian].

Maslak, O. (2013). Osnovni tendentsiyi rynku oliynoho nasinnya [The main trends of the oilseed market]. *Propozytsiya [Offer]*, 2, 4–7 [in Ukrainian].

Mel'nyk, A.V., Prisyazhnyuk, O.I., & Bondarchuk, I.L. (2016). Otsinka stabil'nosti ta plastychnosti pokaznykiv urozhaynosti sortiv ta hibrydiv ripaku ozymoho v riznykh ahroklimatychnykh zonakh Ukrayiny [Evaluation of the stability and plasticity of yield indicators of varieties and hybrids of winter rapeseed in different agro-climatic zones of Ukraine]. *Visnyk Sums'koho NAU [Bulletin of the Sumy NAU]*. Sumy, 9 (36), 145–149 [in Ukrainian].

Mel'nyk, A.V., Bondarchuk, I.L., & Prisyazhnyuk, O.I. (2017). Klasternyy analiz urozhaynosti sortiv ta hibrydiv ripaku ozymoho v riznykh ahroklimatychnykh zonakh Ukrayiny [Cluster analysis of yield of varieties and hybrids of winter rapeseed in different agro-climatic zones of Ukraine]. *Visnyk Poltav'skoyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*. Poltava, 1–2, 7–13 [in Ukrainian].

Moroz, V.M. (2006). Systema pervynnoho vysokoyakisnoho nasinnystva ripaku [The system of primary high-quality rape seed production]. Kyiv: EKMO, p. 60 [in Ukrainian].

Peresypkin, V.F., Antonenko, O.F., & Moroz, V.M. (2000). Novi napryamy selektsiyi ozymoho ta yarooho ripaku [New trends in the selection of winter and spring rapeseed]. *Visnyk ahrarynoyi nauky [Herald of Agrarian Science]*, 12, 48–50 [in Ukrainian].

Petrenko, V.S. Formuvannya nasinnystva elitnoyi reproduktsiyi na rynku oliynykh kul'tur v Ukrayini [The formation of seed production of elite reproduction on the market of oil crops in Ukraine]. [Electronic resource] URL: [http://www.26\\_SSN\\_2010/Economics/71346.doc.htm](http://www.26_SSN_2010/Economics/71346.doc.htm) (access date 05.01.2024) [in Ukrainian].

Prodan, I. (2014). Rynok nasinnya: pidsumky i perspektyvy [The seed market: results and prospects]. *Ahraryny tyzhden' [Agrarian week]*, 18, 33–37 [in Ukrainian].

Rozhkovan, V.V. (2008). Sorty ripaku – holovna skladova vyrobnytstva yakisnoho oliynoho nasinnya [Rapeseed varieties are the main component of the production of high-quality oilseeds]. *Ekslyuzyv Ahro [Exclusive Agro]*, 3, 14–16 [in Ukrainian].

Sokolov, V.M., Vyshnevs'ky, V.V., & Vasylychenko V.V. (2015). Uspikhy, problemy ta perspektyvy nasinnystva v suchasnykh umovakh [Successes, problems and prospects of seed production in modern conditions]. *Nasinnystvo [Seed production]*, 5–6, 6–9 [in Ukrainian].

Tokarchuk, D.M. (2015). Suchasnyy stan, efektyvnist' ta perspektyvy vyrobnytstva ripaku v YES ta v Ukrayini [The current state, efficiency and prospects of rapeseed production in the EU and Ukraine]. *Ahrosvit [Agroworld]*, 13, 19–32 [in Ukrainian].

Ulanchyk, V.S., & Dyshlyuk, S.M. (2008). Problemy efektyvnoho vyrobnytstva nasinnya ripaku ta produktsiyi yoho pererobky [Problems of effective production of rapeseed and its processing products]. *Ekonomichnyy visnyk Donbasu [Economic Herald of Donbass]*, 1, 91–97 [in Ukrainian].

Chekhov, S. (2016). Analiz propozyitsiyi na vitchyznyanomu rynku nasinnya ripaku ekonomichnyy dyskurs [Analysis of supply on the domestic rapeseed market, economic discourse]. *Mizhnarodnyy zbirnyk naukovykh prats' [International collection of scientific papers]*, 1, 51–60 [in Ukrainian].

Sholonkevych, I.M. (2012). Osnovni napryamky selektsiyi ripaku ozymoho [The main areas of winter rapeseed selection]. *Posibnyk ukrayins'koho khliboroba [Ukrainian farmer's guide]*, 2, 291–292 [in Ukrainian].

Beres, J., Becka, D., Tomasek, J., & Vasak, J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.*, 65, 435–441. <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE> [in English].

Jankowski, K.J., Sokolski, M., & Szatkowski, A. (2019). The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. *Agronomy*, 9, 849. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849> [in English].

Sieling, K., Böttcher, U., & Kage, H. (2017). Sowing date and N application effects on tape root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *Eur. J. Agric.*, 83, 40–46 [in English].

Отримано: 23.01.2024

Прийнято: 12.02.2024



УДК 633.854

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.20>

## ВПЛИВ СТРОКІВ ПОСІВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РАННІХ СОРТІВ СОЇ В УМОВАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

О. Ю. Турак<sup>1</sup>, М. Ю. Козло<sup>2</sup>

*У статті висвітлено матеріали теоретичних та експериментальних досліджень впливу строків посіву ранніх сортів сої на її продуктивність в умовах Івано-Франківської області. Дослідження проводилось в репрезентативному за ґрунтово-кліматичними умовами приватному фермерському господарстві Івано-Франківської області. Вивчались ранні сорти вітчизняної (Діона, Кобза), та зарубіжної селекції (Аляска, Аріса) за різних строків посіву, які визначались температурним режимом ґрунту в шарі 0-10 см. Ранній посів проводили за температури ґрунту  $6\pm 2^\circ\text{C}$ , середній – за температур ґрунту  $10\pm 2^\circ\text{C}$  і пізній – за температури ґрунту  $14\pm 2^\circ\text{C}$ . Встановлено, що найвища польова схожість спостерігається за середнього та пізнього строку посівів відповідно і виживаність рослин сої.*

*Вегетаційний період усіх сортів сої в умовах Прикарпаття подовжувався в середньому від 10 до 15 днів незалежно від термінів посіву.*

*Формування листкового апарату різнилося на варіантах із сортовими відмінами і залежало від строку посіву. Максимальна площа листового апарату сформувалася на посівах сорту Діона за середнього 54,8 тис.  $\text{m}^2/\text{га}$  та пізнього строку 55,9 тис.  $\text{m}^2/\text{га}$ . Зміщення строків посіву зумовлювало збільшення площі листової поверхні в середньому на 1,6- 3,2 тис.  $\text{m}^2/\text{га}$ .*

*Аналізуючи урожайність відмічено, що насіння з найвищою масою формувалося за середніх та пізніх строків посіву на всіх варіантах досліджу. Високими показниками урожайності характеризувався сорт Аріса, де за середнього строку посіву урожайність становила в середньому за роки досліджень 3,41 т/га, за пізнього строку посіву 3,92 т/га.*

*Врожайність сорту Кобза за середнього та пізнього строку становила 2,95 та 3,29 т/га. Сорт канадської селекції Аляска мав значно нижчу урожайність. Так, за раннього посіву урожайність становила 1,69 т/га, за середнього - 1,88 т/га, за пізнього - 2,14 т/га. Ми можемо відмітити, кращу адаптацію до ґрунтово-кліматичних умов району досліджень виявили сорти Аріса, Кобза та Діона. У всіх сортових варіантах зміщення строків посіву на пізніші, дозволило отримати прибавку урожаю від 5 до 26%.*

**Ключові слова:** соя, сорти, строки посіву, урожайність.

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент

(Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)

e-mail: oleg.turak@pnu.edu.ua

ORCID: 0009-0006-2429-3356

<sup>2</sup> аспірант

(Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)

e-mail: myroslav.kozlo.19@pnu.edu.ua

ORCID: 0009-0003-3225-5892

## IMPACT OF TERMS OF SOWING ON THE PRODUCTIVITY OF EARLY SOYBEAN VARIETIES IN IVANO-FRANKIVSK REGION

O. Yu. Turak, M. Yu. Kozlo

*The article highlights the materials of theoretical and experimental studies on the influence terms of sowing of early soybean varieties on their productivity in the conditions of Ivano-Frankivsk region. The research was conducted in a representative private farm in Ivano-Frankivsk region, characterized by soil and climatic conditions. Early varieties of domestic (Diona, Kobza) and foreign selection (Alaska, Arisa) were studied for different terms of sowing, which were determined by the temperature regime of the soil in the 0-10 cm layer. Early sowing was carried out at a soil temperature of  $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ , mid-season – at a soil temperature of  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ , and late sowing – at a soil temperature of  $14\pm 2^{\circ}\text{C}$ .*

*It was found that the highest field emergence is observed for mid-season and late terms of sowing, respectively, and the survivability of soybean plants. The vegetative period of all soybean varieties in the conditions of the Carpathians region was extended on average from 10 to 15 days regardless of the terms of sowing.*

*The formation of leaf apparatus varied in variants with varietal differences and depended on the terms of sowing. The maximum leaf area was formed in the crops of Diona variety for mid-season at 54,8 thousand  $\text{m}^2/\text{ha}$  and late sowing at 55,9 thousand  $\text{m}^2/\text{ha}$ . Shifting terms of sowing led to an increase in leaf area on average by 1,6-3,2 thousand  $\text{m}^2/\text{ha}$ .*

*Analyzing the yield, it was noted that seeds with the highest mass were formed during mid-season and late terms of sowing in all research variants. The variety Arisa demonstrated high yield indicators, where for mid-season sowing, the average yield over the years of the study was 3,41 t/ha, and for late sowing, it was 3,92 t/ha.*

*The yield of the variety Kobza for mid-season and late sowing was 2,95 t/ha and 3,29 t/ha, respectively. The variety Alaska of Canadian selection had significantly lower yields. For early sowing, the yield was 1,69 t/ha, for mid-season – 1,88 t/ha, and for late sowing – 2,14 t/ha. We can note better adaptation to the soil and climatic conditions of the research area for the varieties Arisa, Kobza, and Diona. In all variety variants, shifting terms of sowing to later ones allowed for a yield increase ranging from 5 to 26%.*

**Key words:** soybean, varieties, terms of sowing, yield.

### Вступ

Серед великої різноманітності сільськогосподарських культур необхідно виділити сою яка є однією з чотирьох основних сільськогосподарських культур світового землеробства. Унікальність сої визначається її хімічним складом з високою концентрацією білка, жирів, вітамінів та вуглеводів, а за амінокислотним складом її білок дуже наближений до білка людини (Нідзельський, 2013; Бахмат, 2017).

Організація ЮНЕСКО визначає сою як стратегічну світову сільськогосподарську культуру за високий вміст білку та харчову цінність (Камінський, 2017).

Соя вирощується більш ніж у 90 країнах світу і основні посіви зосереджені в таких країнах як США, Китай, Бразилія, Аргентина, які забезпечують більше 95% світового обсягу виробництва сої.

На даний час Україна входить в десятку світових виробників сої і знаходиться на восьмому місці по виробництву та займає шосте місце з продажу (Заболотний, 2020).

До 2000-х років виробництво сої в Україні можна охарактеризувати як

незначне, в середньому площа посіву становила близько 60 тисяч гектарів. Починаючи з 2005 року спостерігається інтенсивне збільшення посівних площ даної культури. За даними Міністерства аграрної політики України станом на 2022 рік в Україні зібрано 3,7 млн. тонн сої, що в порівнянні з попереднім врожаєм на 7% більше, а площа під нею становила 1,5 млн. га. У 2023 році зібрано 4,77 млн. тонн сої, а посівна площа становила 1,8 млн. гектарів, середня врожайність складала 2,65 т/га і як ми бачимо навіть в умовах воєнного часу спостерігається зростання виробництва сої.

Для Івано-Франківщини соя є відносно новою культурою, яку інтенсивно почали впроваджувати у виробництво з 2010 року. Якщо в 2015 році в області було засіяно тільки 25,8 тисяч гектарів, то у 2023 році її площа зросла до 50 тис. га. Слід зазначити, що окрім збільшення посівних площ Івано-Франківська область є лідером по Україні за середньою врожайністю сої 3,48 т/га.

Однак більшість товаровиробників зазначають, що із кожним роком собівартість вирощування сої зростає. Це в першу чергу

пов'язано із витратами на паливо мастильні матеріали, добрива та засоби захисту, тому постає питання збільшення урожайності сої за рахунок оптимізації технології вирощування, що забезпечить високу рентабельність.

Враховуючи що Прикарпаття характеризується певними особливостями клімату не завжди легко підібрати відповідні сорти та визначити строки посіву так як температурний режим навесні за роками різниться. Однією з позитивних сторін вирощування сої на Прикарпатті є добре забезпечення вологою в процесі росту і розвитку культури, хоча іноді спостерігаються травневі посухи однак вони добре компенсуються дощами в червні. Також слід зазначити, що території Івано-Франківської області характеризується різноманітними ґрунтами на яких різні сорти сої можуть показувати не однакову продуктивність і вимагати індивідуального підходу в системі удобрення, обробітку ґрунту та захисту рослин.

В Україні зареєстровано більше 120 сортів сої вітчизняної та зарубіжної селекції, їх кількість та перелік постійно оновлюється, всі ці сорти відносяться до інтенсивного типу і характеризується стійкістю до хвороб та шкідників.

Для кожного регіону вибір сорту залежить від ґрунтово-кліматичної умов та біології самої культури так як кожен сорт реалізує максимально свій потенціал урожайності в регіональному радіусі 150-200 км (Бабич, 2010; Білявська, 2011; Колісник, 2005).

Важливим фактором який впливає на продуктивність сої і визначає тривалість її вегетації та терміни збирання є строк сівби. Він залежить від формування температурного режиму ґрунту, ступеня його зволоження та аерації (Патика, 2004).

На сьогодні календарними строками посіву орієнтуватись не можна, так як за роками температура ґрунту та його зволоження, наприклад, у першій декаді травня може істотно відрізнятись. Тому необхідно орієнтуватись на температуру верхнього шару ґрунту, яка повинна становити не менше 8° С, а оптимальною являється 12 - 14° С (Гутянський, 2012; Білко, 2013).

Результати досліджень інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН свідчать, що для західного регіону України найкращі умови для росту сої формуються за сівби при термічному режимі ґрунту 10-12° С на глибині 10 см (Пилипченко, 2014).

Мета досліджень полягала у визначенні особливостей формування продуктивності та пластичності ранніх сортів сої і строків посіву в умовах Івано-Франківської області.

### **Матеріал і методи**

Визначення продуктивності ранньостиглих сортів сої та оптимальних строків їх посіву вивчали в короткотерміновому виробничому досліді, який проводили упродовж 2021-2023 років у фермерському господарстві "Поточище" Коломийського ОТГ Івано-Франківської області.

Дослідження проводили на чорноземі опідзоленому легкосуглинковому, який характеризувався наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу 3,8%, лужногідролізованого азоту 105-118 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 138 - 151 мг/кг ґрунту, обмінного калію 180-202 мг /кг ґранту, рН сол. – 6,6.

З метою дослідження визначення оптимальних строків посіву для ранньостиглих сортів сої нами була розроблена схема досліді (табл. 1), що включала три строки посіву, які визначалися температурою ґрунту в шарі 0-10 см.

Ранній посів проводили за температури ґрунту 6±2°С, середній – за температур ґрунту 10±2°С і пізній – за температури ґрунту 14±2°С для ранньостиглих сортів вітчизняної та іноземної селекції: Діона, Кобза, Аляска, Аріса.

Технологія вирощування сої загальноприйнята для регіону. Спосіб сівби стрічковий (ширина міжрядь 30 см), норма висіву 700 тис шт./га, азотні добрива не вносили, а фосфорні і калійні – восени під оранку (60 кг д.р). Попередник – кукурудза. Розміщення варіантів у досліді було рендомізоване, в трьохкратні повторності. Площа ділянки варіанту складала 350 м<sup>2</sup>.

Сорти Діона та Кобза вітчизняної селекції з вегетаційним періодом від 81 до 95 днів, олійність їх в середньому становить 20-22 %, вміст білка від 37 до 42%. Дані сорти стійкі до вилягання та осипання (8 балів), висока стійкість до основних хвороб. Потенційна урожайність коливається в межах 3,5-3,8 т/га.

Сорти Аріса та Аляска мають дещо подовжений вегетаційний період до 115 днів, олійність їх коливається від 23 до 40 %. Сорти високобілкові (22-46%), мають високу холодостійкість та інтенсивний початковий ріст, стійкість до вилягання та розтріскування 7-8 балів, до хвороб 8 балів. Урожайність 3,5 – 6,5 т/га.



Таблиця 1  
Схема дослідів

№з/п	Сорти сої	Строки посіву
1	Діона	Ранній (температура ґрунту 6±2°C) Середній (температура ґрунту 10±2°C) Пізній (температура ґрунту 14±2°C)
2	Кобза	Ранній (температура ґрунту 6±2°C) Середній (температура ґрунту 10±2°C) Пізній (температура ґрунту 14±2°C)
3	Аляска	Ранній (температура ґрунту 6±2°C) Середній (температура ґрунту 10±2°C) Пізній (температура ґрунту 14±2°C)
4	Аріса	Ранній (температура ґрунту 6±2°C) Середній (температура ґрунту 10±2°C) Пізній (температура ґрунту 14±2°C)

### Результати та обговорення

Вибір сортів сої, які максимально ефективно використовують умови конкретного регіону, дає змогу в повній мірі залучити біогенетичний потенціал урожайності.

Польова схожість, збереження рослин протягом вегетації дає можливість провести варіабельну оцінку агротехнічних заходів

та впливу ґрунтово-кліматичних факторів. Наші дослідження показали, що усі сорти сої характеризувались досить високою польовою схожістю насіння. Нами відмічено різницю польової схожості залежно від строку посіву (табл. 2). За раннього терміну посіву польова схожість сорту Аляска становила 92,6%. Зміщення термінів посіву на 10 днів покращило польову схожість до 93,2%, на посівах за температури ґрунту 14±2°C польова схожість складала 93,7%. На решті варіантах спостерігалась та ж тенденція.

Виживаність рослин в залежності від строку посіву визначалась польовою схожістю, і в порівнянні із ранніми строками посіву вона із зміщенням строків на кожних 10 днів в середньому зростала на 3% у всіх варіантах дослідів.

Аналізуючи строки посіву різних сортів сої, можна відмітити, що загалом в умовах Івано-Франківської області період вегетації подовжувався від 10 до 15 днів. Особливо це чітко простежується за ранніх строків посіву, коли температура ґрунту коливалася в межах 6° С.

Найбільшим періодом вегетації характеризувався сорт Діона від 127 днів за раннього посіву до 125 днів за пізнього посіву. Найменшим періодом вегетації характеризувався сорт Аріса (108 - 106 днів).

Формування листової поверхні та накопичення сухої речовини є одним з важливих показників, які характеризують розвиток рослини. Адже за даними багатьох вчених, ефективність фотосинтетичного апарату

Таблиця 2  
Польова схожість ранньостиглих сортів сої за різних строків посіву, (середнє за 2021-2023 рр.)

Сорти	Строки посіву	Схожість польова, %	Кількість рослин, 1шт/м <sup>2</sup>		Виживаність, %
			повні сходи	збирання	
Аляска	Ранній	92,6	66,8	55,8	83,5
	Середній	93,2	67,2	56,8	84,5
	Пізній	93,7	67,7	59,5	87,9
Діона	Ранній	92,2	66,5	55,4	83,3
	Середній	92,5	66,7	56,6	84,9
	Пізній	93,1	67,2	57,6	85,7
Кобза	Ранній	92,9	66,9	55,5	83,0
	Середній	93,5	67,2	57,9	86,2
	Пізній	94,1	67,8	58,8	86,7
Аріса	Ранній	93,5	67,3	57,9	86,0
	Середній	94,4	66,0	59,7	90,5
	Пізній	94,8	66,3	59,9	90,3

визначається виходом сухої речовини, який становить 95% і формується в процесі фотосинтезу (Шовкова, 2014).

За результатами проведених досліджень, найбільша площа листкової поверхні на період бутонізації сформувалась при вирощуванні сорту Діона 49,1 тис. м<sup>2</sup> /га за пізнього строку посіву (табл. 3). Найнижчі показники листової поверхні спостерігались за вирощування сорту Аріса від 26 до 27,5 тис. м<sup>2</sup> /га.

На період бутонізації та цвітіння, де формується максимальна площа листового апарату, найвищі показники зафіксовано на варіантах сорту Діона за середнього та пізнього строку посіву 54,8 та 55,9 тис.м<sup>2</sup> /га відповідно.

Максимальна кількість сухої речовини нами відмічено на варіантах із пізніми строками посіву протягом усіх фаз розвитку сої. Найбільшу продуктивність по накопиченню сухої речовини спостерігали на посівах сорту Діона, який забезпечив утворення її в межах від 14,2 г за раннього посіву до 15,1 г за середнього посіву. Найменше сухої речовини за весь період вегетації сформувалося на посівах сорту Аріса від 12,5 до 12,8 г. На всіх варіантах досліду чітко простежується тенденція, що вітчизняні сорти Діана та Кобза краще забезпечують формування листового апарату, а відповідно і вихід сухої речовини за середніх та пізніх строків посіву.

Структура урожаю також суттєво відрізнялась в залежності від сортових особливостей сої та строків посіву (табл. 4). Максимальною кількістю бобів характеризувався сорт Аляска з показниками

12,1 бобів на рослині за раннього строку посіву, 14,2 штук за середнього та 14,6 штук за пізнього строку посіву. Істотно вплинули строки висіву сої при вирощуванні сорту Аріса. Так, за раннього посіву кількість бобів на рослині становила 12,1 штук, зміщення терміну на 10 днів зумовило зростання кількості бобів до 13,7, а за пізнього строку - до 14,4 штук на рослині.

Аналізуючи показники маси 1000 насінин, можна відмітити, що сорти канадської селекції характеризувалися значно кращими показниками від 172 до 195 г, тоді як сорти української селекції мали показник від 146 до 163 г. Насіння з найвищою масою формувалося за середніх та пізніх строків посіву на всіх варіантах досліду.

Одним з негативних показників структури урожаю сої сортів іноземної селекції є низьке прикріплення нижнього бобу. При вирощуванні сорту Аляска нижній боб формувався на висоті 7,8 см, а при вирощуванні сорту Аріса - в середньому 8,5 см.

Отримані дані урожайності сої різних сортів за проведення посіву в різні строки свідчать про пряму залежність біологічних особливостей сорту від елементів технології вирощування (табл. 5). Найвищими показниками урожайності характеризувався сорт Аріса, де за середнього строку посіву урожайність становила в середньому за роки досліджень 3,41 т/га, за пізнього строку посіву - 3,92 т/га, що було вище в порівнянні з раннім терміном посіву на 4,6 та 20,2% відповідно. Врожайність сорту Кобза за середній та пізній строки становила 2,95 та 3,29 т/га.

Таблиця 3

Площа листкової поверхні сортів сої залежно від строків сівби, (середнє за 2021 -2023 рр.), тис.м<sup>2</sup>/га

Сорти	Строки посіву	Періоди росту та розвитку		
		сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-налив зерна
Аляска	Ранній	33,5	41,0	37,9
	Середній	35,7	43,6	40,1
	Пізній	36,4	44,4	41,1
Діона	Ранній	46,8	53,4	48,3
	Середній	48,2	54,8	49,5
	Пізній	49,1	55,9	50,6
Кобза	Ранній	42,8	48,3	47,0
	Середній	45,1	49,8	48,4
	Пізній	46,0	50,9	49,3
Аріса	Ранній	26,0	32,1	30,0
	Середній	27,2	33,3	31,4
	Пізній	27,5	33,7	31,7

Таблиця 4

Структура врожаю ранньостиглих сортів сої ( середнє за 2021-2023 рр.)

Строки сівби	Кількість рослин, шт./м <sup>2</sup>	Кількість бобів на рослині, шт	Кількість насінин у бобі, шт	Кількість насінин з рослини, шт	Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г	Висота рослини, см	Прикріплення нижнього бобу, см
Аляска								
Ранній	52,6	12,1	2,1	25,4	3,7	172	72	7,8
Середній	55,4	14,2	2,1	29,8	4,4	181	76	7,8
Пізній	56,4	14,6	2,1	30,6	4,6	181	77	7,8
Діона								
Ранній	53,5	10,4	2,0	20,8	4,2	152	74	12,1
Середній	54,9	12,8	2,1	26,9	5,2	159	75	13,5
Пізній	55,8	13,4	2,2	29,5	5,5	163	75	13,5
Кобза								
Ранній	53,0	13,0	2,0	26,0	4,4	146	87	14,8
Середній	55,3	13,6	2,0	27,2	5,1	152	92	15,2
Пізній	56,3	13,9	2,1	29,3	5,1	153	94	15,9
Аріса								
Ранній	60,2	12,1	2,1	25,4	3,8	188	84	8,2
Середній	58,0	13,7	2,1	28,8	4,3	195	92	8,9
Пізній	58,1	14,4	2,1	30,2	4,8	195	94	8,9

Таблиця 5

Урожайність ранніх сортів сої залежно від строків посіву, (середня за 2021-2023 рр.)

Сорти	Строки посіву	Урожайність, т/га	Приріст від строку посіву	
			т/га	%
Аляска	Ранній	1,69	-	-
	Середній	1,88	0,19	11,2
	Пізній	2,14	0,45	26,6
Аріса	Ранній	3,26	-	-
	Середній	3,41	0,15	4,6
	Пізній	3,92	0,66	20,2
Кобза	Ранній	2,35	-	-
	Середній	2,94	0,01	-
	Пізній	3,29	0,35	11,9
Діона	Ранній	2,08	-	-
	Середній	2,35	0,27	13,0
	Пізній	2,49	0,41	19,7
НІР <sub>0,5</sub>		0,19		

Сорт канадської селекції Аляска мав значно нижчу урожайність. Урожайність його за раннього посіву була на рівні 1,69 т/га, середнього – 1,88 т/га, за пізнього – 2,14 т/га. Отже, відмічено, що

кращу адаптацію до ґрунтово-кліматичних умов району досліджень виявили сорти Аріса, Кобза та Діона, які за період досліджень характеризувались високими показниками урожайності.

Слід також зазначити, що у всіх варіантах зміщення строків посіву на пізніші, дозволило отримати прибавку урожаю від 5 до 26 %.

Проведений аналіз якісних показників продукції відобразив певну закономірність, що сорти канадської селекції Аляска та Аріса характеризувались досить високими показниками олійності – 38,9% та 32,4% відповідно. За вмістом білка на всіх варіантах досліду показники суттєво не відрізнялись і знаходились у межах 36,5%.

Однак, спостерігається певна тенденція, що зміщення строків посіву призводить до незначного зниження олійності та прямо пропорційного зростання білку в насінні сої.

#### **Висновки**

1. Зміщення термінів посіву на 10 днів покращило польову схожість. Вживаність рослин в залежності від строку посіву визначалась польовою схожістю і в порівнянні із ранніми строками посіву вона зі зміщенням строків на кожних 10 днів в середньому зростала на 3% у всіх варіантах досліду.

2. В умовах Івано-Франківської області період вегетації сої подовжувався від 10 до

15 днів, особливо це чітко простежується за ранніх строків посіву.

3. На період бутонізації – цвітіння максимальна площа листового апарату зафіксована на варіанті сорту Діона за середнього та пізнього строку посіву 54,8 та 55,9 тис.м<sup>2</sup> /га відповідно.

4. Маса 1000 насінин сортів канадської селекції характеризувалася значно кращими показниками від 172 до 195 г, тоді як сорти української селекції мали від 146 до 163 г.

5. Низьке прикріплення нижнього бобу фіксувалось у варіантах сорту Аляска нижній біб формувався на висоті 7,8 см та сорту Аріса – 8,5 см.

6. Найвищими показниками урожайності характеризувався сорт Аріса, за середнього строку посіву 3,41 т/га, за пізнього строку посіву 3,92 т/га, що було вище по відношенню до раннього терміну посіву відповідно на 4,6 та 20,2%. На всіх сортових варіантах зміщення строків посіву на пізніші дозволило отримати прибавку урожаю від 5 до 26%.

#### **Список використаної літератури**

- Бабич А. Соевий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 53–55.
- Бахмат О., Федорук І. Основи адаптивної сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу Західного. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату : збірник наукових праць всеукр. наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р. Тернопіль: Крок., 2017. С. 174–176.
- Білко В. Вітчизняні інноваційні технології на сої. *Пропозиція*. 2013. № 2. С. 86–87.
- Білявська Л. Г., Пилипенко О. В., Діянова А. О. Становлення, стан та перспективи селекції сої на Полтавщині. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 96–100.
- Вирощування сої із застосуванням мікробних препаратів – ризобіофіту та альбобактеріозу в умовах північної частини Лісостепу України : методичні рекомендації / укл. В. П. Патики, О. В. Шерстобоева, В. К. Шинкаренко та ін. К., 2004. 24 с.
- Гутянський Р. Особливості агротехнічного контролю бур'янів на сої. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 8. С. 36–38.
- Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності. Вінниця. 2020. 275 с.
- Камінський В.Ф, Браценюк В.Я. Вплив способів сівби та передзбиральної десикації на показники якості насіння сортів сої різних груп стиглості в умовах західного Лісостепу. *Вісник Сумського НАУ*. Сер.: Агрономія і біологія. 2017. Вип. 9 (34). С. 81–85.
- Колісник С.І., Іванюк С.В., Петриченко Н.М. Вирощування сої на зерно. *Насінництво*. 2005. № 12. С. 15–16.
- Нідзельський В.А., Нідзельська Т.Л. Стратегія розвитку та управління потенціалом продуктивності сої в регіонах України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. Вип. 183(2). С. 95–99.
- Рекомендації з технологічного процесу виробництва середньостиглих сортів науководослідного інституту сої / за ред. А.В. Пилипенка, В.Н. Тимченка, М.Б. Піскового, В.А. Сонця. Глобине : НДІ сої, 2014. 26 с.
- Шовкова О.В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та застосування мікродобрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2014. № 2. С. 156–160.

### References (translated & transliterated)

- Babych, A.(2010). Soievyi poias i rozmishchennia vyrobnytstva sortiv soi v Ukraini [The soybean belt and location of production of soybean varieties in Ukraine]. *Propozytsiia [Offer]*, 4. 53–55 [in Ukrainian].
- Bakhmat, O., & Fedoruk, I. (2017). Osnovy adaptivnoi sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannia soi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Basics of adaptive varietal technology of soybean cultivation in the conditions of the Western Forest Steppe]. Aktualni pytannia suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu : zbirnyk naukovykh prats vseukr. nauk.-prakt. konf., m. Kamianets-Podilskyi, 15–16 chervnia 2017 r. Ternopil: Krok., S. 174–176 [in Ukrainian].
- Bilko, V. (2013). Vitchyzniani innovatsiini tekhnolohii na soi [Domestic innovative technologies for soybeans]. *Propozytsiia [Offer]*, 2, 86–87 [in Ukrainian].
- Biliavska, L.H., Pylypenko, O.V., & Diianova, A.O. (2011). Stanovlennia, stan ta perspektyvy selektsii soi na Poltavshchyni [Formation, status and prospects of soybean breeding in Poltava region]. *Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production]*.69. 96–100 [in Ukrainian].
- Vyroshchuvannia soi iz zastosuvanniam mikrobnnykh preparativ – ryzobofitu ta albobakteriozu v umovakh pivnichnoi chastyny Lisostepu Ukrainy : metodychni rekomendatsii (2004). [Cultivation of soybeans with the use of microbial preparations - rhizobophyte and albobacteriosis in the conditions of the northern part of the forest-steppe of Ukraine: methodical recommendations]/ ukl. V.P. Patyka, O.V. Sherstoboieva, V.K. Shynkarenko ta in. K. 24 s. [in Ukrainian].
- Hutianskyi, R.(2012). Osoblyvosti ahrotekhnichnoho kontroliu burianiv na soi [Features of agrotechnical control o weeds on soybeans]. *Ahrobiznes sohodni. [Agribusiness today]*. 8. 36–38 [in Ukrainian].
- Zabolotnyi, H.M., Mazur, V.A., Tsyhanska, O.I., Didur, I.M., Tsyhanskyi, V.I., & Pantsyрева, H.V. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti [Agrobiological basics of soybean cultivation and ways to maximize its productivity]. *Vynnytsia*. 275 s. [in Ukrainian].
- Kaminskyi, V.F., & Bratseniuk, V.Ya. (2017). Vplyv sposobiv sivyby ta peredzbyralnoi desykatsii na pokaznyky yakosti nasinnia sortiv soi riznykh hrup styhlosti v umovakh zakhidnoho Lisostepu [The influence of sowing methods and preharvest desiccation on the quality indicators of soybean varieties of different maturity groups in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Visnyk Sumskoho NAU [Bulletin of the Sumy NAU]*. 9 (34). 81–85 [in Ukrainian].
- Kolisnyk, S.I., Ivaniuk, S.V., & Petrychenko, N.M. (2005). Vyroshchuvannia soi na zerno [Growing soybeans for grain]. *Nasynnytstvo [Seed production]*. 12. S. 15–16 [in Ukrainian].
- Nidzelskyi, V.A., & Nidzelska, T.L. (2013). Stratehiia rozvytku ta upravlinnia potentsialom produktyvnosti soi v rehionakh Ukrainy [Strategy for the development and management of soybean productivity potential in the regions of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]*. 183(2). 95–99 [in Ukrainian].
- Rekomendatsii z tekhnolohichnoho protsesu vyrobnytstva serednostyhykh sortiv naukovodoslidnoho instytutu soi (2014). [Recommendations for the technological process of production of mid-ripening varieties of the Soy Research Institute]/ za red. A.V. Pylypchenka, V.N. Tymchenka, M.B. Piskovoho, V.A. Sontsia. Hlobyne. NDI soi. 26 s. [in Ukrainian].
- Shovkova, O.V. (2014). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezho vid strokiv sivyby ta zastosuvannia mikrodobryv [Photosynthetic productivity of soybean crops depending on the timing of sowing and application of microfertilizers]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*, 2, 156–160 [in Ukrainian].

Отримано: 28.01.2024

Прийнято: 15.02.2024



УДК 633.15:631.8:581.15

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.21>

## ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

**А. А. Хавхун<sup>1</sup>**

У статті наведено фактори навколишнього середовища, які мають безпосередній вплив на ріст і розвиток кукурудзи. Показано, що цей показник змінюється залежно від гідротермічних умов року дослідження та групи стиглості досліджуваного сорту. Поживні речовини мають найбільший вплив на густоту рослин, незалежно від природної водності, зрошення, поживних речовин та живлення. Метою дослідження було визначити вплив різних режимів удобрення та основного обробітку ґрунту на ріст сортів кукурудзи різних груп стиглості. При вирощуванні сільськогосподарських культур важливо оцінювати ростові процеси, які можна регулювати для підвищення продуктивності рослин, на яку впливають природні та агрономічні фактори. У цьому контексті важливим є вивчення впливу основних агротехнічних заходів (режим зрошення, дозування азотних добрив та густота стояння рослин) на ріст, розвиток, продукційні процеси та насінневу продуктивність кукурудзи. Результати проведеного дослідження вказують на те, що кукурудза одна з найпродуктивніших зернових культур, відіграє важливу роль у вирішенні проблеми сталого виробництва зерна в агропромисловому комплексі України. Наведено результати дослідження впливу різних форм і норм азотних добрив на динаміку висоти рослин кукурудзи в умовах України. Визначено вплив застосування добрив на лінійну динаміку росту кукурудзи в умовах північного сходу України. Встановлено оптимальні умови внесення мінеральних добрив для підживлення кукурудзи. Отримані результати підтверджують доцільність використання важливих систем удобрення та основного обробітку ґрунту у формуванні біометричних показників та факторів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

**Ключові слова:** мінеральні добрива, водоспоживання, кукурудза, мікродобрива, вплив добрив.

## THE INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION ON THE GROWTH PROCESSES OF CORN PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

**A. A. Khavhun**

*The article presents environmental factors that have a direct impact on the growth and development of corn. It was found that this indicator changes depending on the hydrothermal conditions of the year*

<sup>1</sup> Здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 201 Агрономія (Заклад вищої освіти «Вінницький національний аграрний університет», м. Вінниця)  
E-mail: khavkhun00@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-7178-3151

*of the study and the maturity group of the studied hybrids. Regardless of the natural water supply, the use of irrigation, nutrients and nutrition, nutrients have the greatest influence on the formation of plant stand density. Irrigation, nutrients, and nutrition have the greatest influence on the formation of plant stand density. When growing agricultural crops, it is important to evaluate growth processes that are influenced by natural and agrotechnical factors and that can be regulated to increase plant productivity. In this regard, it is important to study the impact of basic agrotechnical measures (irrigation regime, doses of nitrogen fertilizers, plant stand density) on the growth, development, production processes and seed productivity of corn. The main results show that corn as a food crop, one of the most productive grain crops, plays an important role in solving the problems of sustainable grain production in the agro-industrial complex of Ukraine. The results of the study of the effect of different forms and rates of nitrogen fertilizers on the dynamics of the height of corn plants in Ukraine are presented. The optimal parameters of mineral fertilizers in feeding corn have been determined. The influence of fertilizer application on the linear dynamics of corn growth in the conditions of the north-east of Ukraine was determined. The optimal parameters for the use of mineral fertilizers in corn fertilization have been determined. The conclusions confirm the importance of using different fertilization systems and basic tillage for the formation of biometric indicators and productivity factors of corn hybrids of different maturity groups.*

**Key words:** mineral fertilizers, water consumption, corn, microfertilizers, influence of fertilizers.

### **Вступ**

Протягом усього життєвого циклу рослини фактори навколишнього середовища мають безпосередній вплив на ріст і розвиток. Спостереження за періодом росту кукурудзи показують, що цей період змінюється залежно від гідротермічних умов досліджуваного року і групи зрілості досліджуваного сорту (Іванишин, 2021). Однак найбільший вплив на рослини мають зрошення, внесення поживних речовин і густина стояння рослин, незалежно від природної водозабезпеченості. При вирощуванні сільськогосподарських культур важливо оцінювати ростові процеси під впливом природних та агротехнічних факторів, оскільки їх регулювання може підвищити продуктивність рослин (Лень та ін., 2021).

У зв'язку з цим важливим є вивчення впливу основних агротехнічних заходів (режиму зрошення, доз азотних добрив, густоти стояння рослин) на ріст, розвиток, продукційні процеси та насінневу продуктивність кукурудзи в змішаних зонах півдня України. Серед адаптивних рослин можна виділити ті, що формують листя в першій половині вегетації, і ті, що формують листя в другій половині. Підбираючи види і сорти з рознесеними критичними фазами росту, можна використовувати одні й ті ж фактори навколишнього середовища в певному порядку, що призводить до кращого забезпечення кожного сорту необхідними умовами для критичного періоду і кращого використання наявних ресурсів культурою в цілому (Токмакова та ін., 2020). Гармонійний режим живлення культури також можна оптимізувати, підбираючи різні компоненти добового ритму споживання їжі.

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найбільш широко вирощуваних зернових культур у світі і має велике значення як джерело їжі для людей, корму для тварин та виробництва біоетанолу. У багатьох країнах, що розвиваються, 50-55% загального виробництва кукурудзи використовується для виробництва продуктів харчування (Грабовський та ін., 2018).

Підвищення врожайності та загального збору кукурудзи є важливим фактором продуктивності та ефективності сільського господарства (Дудка та ін., 2020). Однак, досягненню стабільно високих врожаїв високоякісного зерна кукурудзи перешкоджає погана адаптація гібридів до виробничих та погодних умов.

Внесення добрив під кукурудзу дуже важливе для отримання високого врожаю та якості. Як і всі рослини, кукурудза потребує поживних речовин для росту і розвитку. У ґрунті не завжди достатньо необхідних елементів, але добрива допомагають це компенсувати. Добрива можуть збільшити кількість поживних речовин у ґрунті, покращити якість ґрунту, підвищити родючість ґрунту, стимулювати ріст рослин та підвищити стійкість до хвороб і шкідників. Добрива також допомагають поліпшити смак і поживну цінність кукурудзи. Для досягнення найкращих результатів важливо правильно вибрати тип, кількість і спосіб внесення добрив. Неправильне внесення добрив може призвести до надлишку поживних речовин у ґрунті, що може негативно вплинути на ріст і розвиток рослин. Також слід враховувати фактори, що впливають на ефективність добрив, такі як місцеві кліматичні умови та тип ґрунту (Захарченко, 2019).

Існує кілька особливостей застосування добрив для кукурудзи, які необхідно враховувати при плануванні внесення добрив: кукурудза є культурою, яка споживає велику кількість азоту. Тому при внесенні добрив під кукурудзу слід враховувати потребу в азоті. Рекомендується вносити азотні добрива в кілька етапів від посіву до стадії 6-8 листків. Фосфор і калій Фосфор і калій також необхідні для здорового росту і розвитку кукурудзи. Фосфорні добрива зазвичай вносять з розрахунку 60-90 кг на гектар, а калійні - 70-90 кг на гектар. Роздільне внесення добрив у кілька етапів Рекомендується вносити добрива окремо в кілька етапів. Частина добрив слід вносити при посадці, а решту - на кожній стадії росту. Враховуйте властивості ґрунту: при внесенні добрив під кукурудзу слід враховувати такі властивості ґрунту, як склад, родючість і рН. Це допоможе вибрати відповідну кількість добрив і визначити, які елементи потрібно додати. Внесення мікроелементів кукурудза потребує таких мікроелементів, як залізо, цинк, мідь, марганець і бор. Мікроелементні добрива можна використовувати разом з основним добривом або окремо. Використання органічних добрив: Органічні добрива покращують структуру ґрунту, підвищують родючість і збагачують ґрунт необхідними поживними речовинами. Рекомендується використовувати такі органічні добрива, як перегній, компост, кісткове та м'ясо-кісткове борошно. Рекомендується вносити добрива до дощу або поливу, щоб забезпечити їх швидке розчинення і проникнення в ґрунт (Рудаєвська і Гук, 2017).

Кількість добрив, необхідних для вирощування кукурудзи, залежить від багатьох факторів, включаючи тип і стан ґрунту, кліматичні умови та сорт. Оптимальна кількість добрив також залежить від того, чи вносили добрива в ґрунт раніше. Однак, загалом для вирощування кукурудзи рекомендується вносити такі кількості добрив азотні добрива: загальна кількість азотних добрив становить 100-200 кг на гектар, залежно від типу та родючості ґрунту. Зазвичай при посадці кукурудзи рекомендується вносити від половини до третини загальної кількості азотних добрив в період посадки, а решту - під час вегетації. Фосфорні добрива: Загальна кількість фосфорних добрив становить 40-80 кг на гектар. Фосфорні добрива зазвичай вносять під час вирощування кукурудзи. Калійні добрива: Загальна

кількість калійних добрив становить 80-120 кг на гектар. Калійні добрива зазвичай вносяться при вирощуванні кукурудзи. Мікроелементні добрива: Мікродобрива: Кількість внесених мікродобрив зазвичай не перевищує 1-2 кг на гектар, але ґрунтові умови та інші фактори можуть визначати необхідність їх внесення. У всіх випадках перед внесенням добрив слід провести аналіз ґрунту і проконсультуватися з агрономом або фахівцем з добрив, щоб визначити оптимальну норму внесення для конкретного поля або культури (Іванишин, 2021).

Добрива є одним із найвпливовіших факторів формування врожайності та показників якості зерна кукурудзи. Встановлено, що внесення оптимальної кількості мінеральних добрив під кукурудзу може підвищити врожайність зерна культури на 30-40% за умови достатньої вологості ґрунту (Іванишин, 2021). За результатами дослідження на чорноземних ґрунтах у Земунському Полі (Сербія), 258 кг та 516 кг NPK збільшили врожайність кукурудзи на 1,47 т/га та 1,85 т/га відповідно, тобто на 19,1% та 24,0% у порівнянні з контролем (без добрив). При внесенні 200 кг/га азоту врожайність зерна кукурудзи зростає на 17% і 8,5% при внесенні 100 кг/га і 150 кг/га азоту відповідно.

Дослідження показали, що внесення азотних добрив покращує родючість ґрунту і підвищує врожайність сільськогосподарських культур, особливо врожайність зерна кукурудзи (43-68%) і вихід біомаси (25-42%) (Рудаєвська і Гук, 2017); в експерименті в Земун-Поле (Сербія) більш високі норми азоту, збільшення врожайності кукурудзи і більш високі рівні глутатіону і фітатного фосфору 191 білка на тлі звичайного вирощування свідчать про більш високу поживну цінність зерна (Сеник та ін., 2023).

Обробіток ґрунту є важливим фактором поліпшення стану ґрунту та відіграє важливу роль у рості, розвитку та врожайності кукурудзи (Шинкарук, 2021). Ущільнений шар ґрунту обмежує ріст коріння рослин і зменшує об'єм ґрунту, через який коренева система може постачати поживні речовини та воду культурі. Він зменшує об'єм ґрунту, через який коренева система може постачати поживні речовини та вологу культурі.

В агроекологічних умовах Сербії найвищі врожаї кукурудзи були отримані при використанні традиційних систем обробітку ґрунту, включаючи осінній обробіток на глибину 20-25 см і весняний обробіток



на глибину 10-12 см (Лень та ін., 2021). Результати багаторічних експериментів 2005-2016 рр. показали, що за помірних погодних умов традиційний, мінімальний та нульовий обробіток ґрунту забезпечили врожайність кукурудзи на рівні 10,0 т/га, 8,3 т/га та 7,0 т/га, відповідно (Локоть та ін., 2019).

### Матеріал і методи

Відповідно до поставленої мети і завдань дослідження, використано наступні методи: аналіз, синтез, статистика, спостереження, економіко-математичні методи, узагальнення.

Основний метод - польовий, доповнений лабораторними дослідженнями.

Польовий експеримент проводився в лісостеповій зоні України на дослідних ділянках. Ґрунт дослідних ділянок - чорнозем типовий дренований, середньоглибокий, малогумусний, з шаром грубого суглинку на карбонатному суглинку (Лень та ін., 2021).

Показники фотосинтетичної активності кукурудзи визначали за методом А. Ничипоровича. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом до сівби, одразу після сівби та під час збирання врожаю (Масик та ін., 2020).

### Результати

Застосування мінеральних добрив збільшувало висоту трави, площу листкової поверхні, діаметр стебла та масу однієї рослини на 8,9-26,7%, 23,6-49,7%, 5,9-18,3% та 21,3-48,5% як в окремих, так і в сумісних посівах кукурудзи (табл. 1).

Найвищі морфологічні та біологічні показники кукурудзи були отримані за максимального внесення добрив (N120P120K120) як за роздільного, так і за сумісного вирощування.

Сумісне вирощування кукурудзи збільшувало висоту трави на 3,6-7,8%, зменшувало площу листкової поверхні на рослині на 5,7-8,9%, діаметр стебла на 4,3-6,7% та масу рослини на 12,3-17,6%.

У монопосіві площа листкової поверхні кукурудзи зменшувалася на 0,22-6,20%

порівняно з сумісними посівами у фазі воскової стиглості зерна.

Зниження фотосинтетичного потенціалу становило від 1,3 до 16,2%, а чистої продуктивності фотосинтезу - від 0,6 до 5,3%. Порівняно з односортними посівами, спостерігалася тенденція до збільшення фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу в посівах кукурудзи.

Внесення мінеральних добрив збільшило площу листкової поверхні на 2,5

20,1%, фотосинтетичний потенціал на 5,9-33,1% та чисту продуктивність фотосинтезу на 6,8-18,3%. Максимальні значення цих показників - 55,46 тис. м<sup>2</sup>/га, 4,17 млн м<sup>2</sup>/добу/га та 6,21 г/м<sup>2</sup>/добу - були отримані при вирощуванні кукурудзи просапної на фоні N120P120K120 (Сеник та ін., 2023).

У нашому дослідженні найвища водозабезпеченість спостерігалася для рослин кукурудзи в проміжних посівах - від 494,8 до 518,8 мм.

Комбінована посадка та максимальне внесення добрив призвели до мінімальних передзбиральних запасів води у цих сортів і, відповідно, до більшого загального водоспоживання протягом вегетаційного періоду.

Коефіцієнти водоспоживання складали 47,9-64,4 м<sup>3</sup>/т для змішаних посівів цих культур. Коефіцієнти використання води були на 18,8-33,4% нижчими для сортів, оброблених мінеральними добривами, ніж для окремих сортів або проміжних посівів.

Внесення мінеральних добрив було ефективним у збільшенні відсотка листків, качанів і волотей як в окремих посівах, так і в проміжних посівах кукурудзи (Іванишин, 2021).

У гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ відсоток листків і качанів становив 14,1 % і 41,6 % та 14,8 % і 42,4 %, відповідно. У той же час, внесення добрив зменшило відсоток стеблової маси в обох культурах на 0,3% до 2,9%.

### Обговорення

Отримані нами результати співвідносяться із наведеними у літературі відомо-

Таблиця 1  
Зміна біологічних показників кукурудзи під впливом добрив (середнє за 2020-2024 рр.)

Спосіб сівби	Доза добрив	Висота рослин, см	Площа листків, см <sup>2</sup> /рослину	Діаметр стебла, см	Маса однієї рослини, г
Одновидий (кукурудза)	Без добрив	226,7	43,5	2,3	683,2
	N80P80K80	238,4	57,8	2,5	856,4
	<sup>N</sup> 100 <sup>P</sup> 100 <sup>K</sup> 100	244,3	60,7	2,6	942,7
	<sup>N</sup> 120 <sup>P</sup> 120 <sup>K</sup> 120	249,8	65,7	2,7	1012,5

стями. Зокрема, багато дослідників вивчали вплив мінеральних добрив на висоту рослин кукурудзи. Наприклад, М. Грабовський, Ю. Федорук, А. Правда, Т. Грабовська представили результати дослідження впливу мінерального живлення на ріст, розвиток і водоспоживання цукрового сорго та кукурудзи в одновидових і змішаних посівах. Сумісні посіви гібриду цукрового сорго Довіста та гібриду кукурудзи Моніка 350 МВ виявилися кращими за одновидові посіви (Грабовський та ін., 2018).

М. Дудка, О. Яқунін, С. Пустовій зазначили, що період сходи-цвітіння та вегетації (сходи-дозрівання) ранньостиглих гібридів є на 2-3 дні коротшим, ніж у середньостиглих гібридів (Дудка та ін., 2020).

Е. Захарченко довів, що застосування цинкових добрив збільшило площу листової поверхні, висоту трави, довжину колоса та врожайність. Обробка насіння моносином зумовила зростання енергії проростання на 3,1%, польової схожості – на 3,3% і лабораторної схожості – на 3,0% порівняно з контролем. Найвища врожайність спостерігалася за умов двох обробок насіння та позакореневого підживлення (Захарченко, 2019).

О. Іванишин визначив вплив ознак гібридів кукурудзи, норми внесення добрив та мікродобрив на показники структури врожаю, такі як висота рослин, довжина колоса, кількість зерен у колосі та у рядку. Аналіз за тестом Дункана показав значні відмінності в структурі рослин залежно від типу гібридів (Іванишин, 2021).

О. Лень, В. Тоцький, В. Гангур, А. Єремко використовували такі наукові методи у своїх дослідженнях: аналітичний, синтетичний, польовий та статистичний. Аналіз впливу способів обробітку ґрунту на лінійний приріст показав, що найбільша висота рослин гібридів ДН Патріот та ДН Фіеста була отримана при полицевому обробітку ґрунту, тоді як висота рослин гібриду ДН Юлія була майже однаковою при поверхневому або полицевому обробітку ґрунту (Лень та ін., 2021).

О. Локоть, О. Тимошенко, М. Селінний показали, що використання мікроелементів у мінеральному живильному фоні є економічно ефективнішим при вирощуванні кукурудзи на зерно на легких, малогумусних ґрунтах Лівобережного Полісся України. Дослідники рекомендували висівати ранні (80%) та середньоранні (20%) гібриди з ФАО 150-250 на фоні мінеральних добрив N120P60K60, внесення страхового

гербіциду Мейстер Пауер у фазі 3-5 листків культури (Локоть та ін., 2019).

І. Масик, О. Яриновський, О. Погіз, Ю. Пилипенко, В. Попко розробляють та впроваджують у виробництво спосіб оптимізації поживного режиму коренів кукурудзи шляхом додавання мікроорганізму *Agrobacterium radiobacter* 1333 (мікробний препарат Агробактерин) та внесення оптимального мінерального добрива, що не перевищує N90P90K90. Збільшилася кількість фосфатфіксуючих організмів, зросла активність фосфатази, підвищилася рухомість фосфатів у ризосферному шарі ґрунту, збільшилося поглинання фосфатів і, як наслідок, зросла врожайність і винос фосфатів, в результаті чого ефективність використання рослинами фосфорного живлення становила 62,9% (N90P90K90). Це опосередковано свідчить про те, що активний штаб фосфатфіксуючої бактерії *Agrobacterium radiobacter* 1333 був успішно інтродукований у ризосферу під досліджуваними агрофонами (Масик та ін., 2020).

Н. Рудавська і Р. Гук представили результати дослідження щодо впливу добрив на продуктивність окремих гібридів кукурудзи в умовах західного Лісостепу (Рудавська і Гук, 2017).

І. Сенік, В. Оничко і Є. Наумов визначили оптимальні параметри застосування мінеральних добрив для підживлення кукурудзи, особливості впливу різних форм і норм азотних добрив на динаміку висоти рослин кукурудзи в умовах північного сходу України (Сенік та ін., 2023).

### Висновки

1. Встановлено, що на різні фази розвитку і тривалість всього вегетаційного періоду кукурудзи найбільше впливають кліматичні умови року з різним рівнем природної вологості.

2. Застосування мінеральних добрив в умовах правобережного лісостепу збільшувало висоту трави, площу листової поверхні, діаметр стебла та масу однієї рослини на 8,9-26,7%, 23,6-49,7%, 5,9-18,3% та 21,3-48,5% як в окремих, так і в сумісних посівах кукурудзи.

3. Сумісне вирощування кукурудзи збільшувало висоту трави на 3,6-7,8%, зменшувало площу листової поверхні на рослині на 5,7-8,9%, діаметр стебла на 4,3-6,7% та масу рослини на 12,3-17,6%.

4. У монопосіві площа листової поверхні кукурудзи зменшувалася на 0,22-6,20% порівняно з сумісними посівами у фазі воскової стиглості зерна. Зниження фото-

синтетичного потенціалу становило від 1,3 до 16,2%, а чистої продуктивності фотосинтезу - від 0,6 до 5,3%. Порівняно з односортними посівами, виявлена тенденція до збільшення фотосинтетичного потенціалу й чистої продуктивності фотосинтезу в посівах кукурудзи. Внесення мінеральних

добрив збільшило площу листової поверхні на 2,5-20,1%, фотосинтетичний потенціал на 5,9-33,1% та чисту продуктивність фотосинтезу на 6,8-18,3%.

5. Встановлено, що найвища водозабезпеченість кукурудзи забезпечується у проміжних посівах - від 494,8 до 518,8 мм.

### Список використаної літератури

Грабовський М.Б., Федорук Ю.В., Правдива Л.А., Грабовська Т.О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. №103. С. 27–35. [Електронний ресурс]. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103\\_2018/7.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018/7.pdf) (дата звернення: 17.02.2024).

Дудка М.І., Якунін О.П., Пустовий С.І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. №115. С. 42–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>.

Захарченко Е.А. Ефективність застосування цинку при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2019. №4 (38). С. 8–14. [Електронний ресурс]. URL: <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/download/35/25> (дата звернення: 17.02.2024).

Іванишин О.С. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах лісостепу західного. *«Young Scientist»*. 2021. № 3(91). С. 15–19. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4>.

Лень О.І., Тоцький В.М., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Scientific Progress and Innovation*. 2021. №2. С. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

Локоть О.Ю., Тимошенко О.П., Селінний М.М. Застосування мікродобрив та страхових гербіцидів у технологіях вирощування кукурудзи. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2019. №2. С. 25–35. [Електронний ресурс]. URL: [https://hero.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/15274/1/Vkhnauc\\_roslyn\\_2019\\_2\\_5.pdf](https://hero.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/15274/1/Vkhnauc_roslyn_2019_2_5.pdf) (дата звернення: 17.02.2024).

Масик І., Яриновський О., Рогіз О., Пилипенко Ю., Попко В. Удосконалення основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного лісостепу України. *Збірник наукових праць*. 2020. №1. С. 92–94. <https://doi.org/10.36074/20.11.2020.v1.31>.

Рудавська Н.М., Гук Р.М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. № 61. С. 123–134. [Електронний ресурс]. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/61ua/13.pdf> (дата звернення: 17.02.2024).

Сеник І.І., Оничко В.І., Наумов Є.О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах Північного Сходу України. *Аграрні інновації*. 2023. №20. С. 69–75. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.11>

Шинкарук А. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність кукурудзи. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. №1. С. 162–166. [Електронний ресурс]. URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/images/archive/agro/25-2021/Agro-25-2021-31.pdf> (дата звернення: 17.02.2024).

### References (translated & transliterated)

Hrabovs'kyu, M.B., Fedoruk, YU.V., Pravdyva, L.A., & Hrabovs'ka, T.O. (2018). Vplyv rivnya mineral'noho zhyvlennya na rist, rozvytok ta vodospozhyvannya roslyn sorho tsukrovoho ta kukurudzy v odnovydovykh ta sumisnykh posivakh [The influence of the level of mineral nutrition on the growth, development and water consumption of sweet sorghum and corn plants in monospecies and intercrops]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*, 103, 27–35. [Electronic resource]. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103\\_2018/7.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018/7.pdf) (access date 17.02.2024) [in Ukrainian].

Dudka, M.I., Yakunin, O.P., & Pustoviy, S.I. (2020). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennya na formuvannya zernovoyi produktyvnosti kukurudzy za vyroshchuvannya yiyi pislya sonyashnyku [The influence of foliar feeding on the formation of grain productivity of corn when grown after

sunflower]. *Tavriys'kyu naukovyy visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*, 115, 42–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6> [in Ukrainian].

Zakharchenko, E.A. (2019). Efektyvnist' zastosuvannya tsynku pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno [Effectiveness of zinc application when growing corn for grain]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]*, 4(38), 8–14. [Electronic resource]. URL: <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/download/35/25> (access date 17.02.2024) [in Ukrainian].

Ivanyshyn, O.S. (2021). Pokaznyky struktury urozhayu zerna kukurudzy zalezno vid hibrydu, normy dobryv ta mikrodobryva v umovakh lisostepu zakhidnoho [Indicators of the structure of the corn grain yield depending on the hybrid, the rate of fertilizers and microfertilizers in the conditions of the forest-steppe of the Western]. «*Young Scientist*», 3(91), 15–19. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4> [in Ukrainian].

Len', O.I., Tots'kyi, V.M., Hanhur, V.V., & Yeremko, L.S. (2021). Vplyv systemy udobrennya ta osnovnoho obrobitku gruntu na produktyvnist' hibrydiv kukurudzy [The influence of the fertilization system and the main tillage on the productivity of corn hybrids]. *Scientific Progress and Innovation*, 2, 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06> [in Ukrainian].

Lokot', O.Yu., Tymoshenko, O.P., & Selinnyy, M.M. (2019). Zastosuvannya mikrodobryv ta strakhovykh herbicydiv u tekhnolohiyakh vyroshchuvannya kukurudzy [Use of microfertilizers and insurance herbicides in corn growing technologies]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University]*, 2, 25–35. [Electronic resource] URL: [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/15274/1/Vkhnau\\_roslyn\\_2019\\_2\\_5.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/15274/1/Vkhnau_roslyn_2019_2_5.pdf) (access date 17.02.2024) [in Ukrainian].

Masyk, I., Yarynovs'kyi, O., Rohiz, O., Pylypenko, YU., & Popko, V. (2020). Udoskonalennya osnovnoho obrobitku hruntu pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v umovakh Livoberezhnoho lisostepu Ukrayiny [Improvement of the main soil tillage when growing corn for grain in the conditions of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' [Collection of scientific works]*, 1, 92–94. <https://doi.org/10.36074/20.11.2020.v1.31> [in Ukrainian].

Rudavs'ka, N.M., & Huk, R.M. (2017). Vplyv udobrennya na formuvannya vrozhayu hibrydiv kukurudzy [The effect of fertilizer on the formation of the yield of corn hybrids]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*, 61, 92–94. [Electronic resource] URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/61ua/13.pdf> (access date 17.02.2024) [in Ukrainian].

Senyk, I.I., Onychko, V.I., & Naumov, YE.O. (2023). Dynamika vysoty roslyn kukurudzy zalezno vid form i norm vnesennya azotnykh dobryv v umovakh Pivnichnoho Skhodu Ukrayiny [The dynamics of the height of corn plants depending on the forms and rates of application of nitrogen fertilizers in the conditions of the North-East of Ukraine]. *Ahrarni innovatsiyi [Agrarian innovations]*, 20, 69–75. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.20.11> [in Ukrainian].

Shynkaruk, L. (2021). Vplyv makro- i mikrodobryv na vrozhaynist' kukurudzy [Effect of macro- and micro-fertilizers on corn yield. Agrochemistry and soil science]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo [Agrochemistry and soil science]*, 1, 162–166. [Electronic resource] URL: <http://visnuk.kl.com.ua/joom/images/archive/agro/25-2021/Agro-25-2021-31.pdf> (access date 17.02.2024) [in Ukrainian].

Отримано: 20.02.2024

Прийнято: 01.03.2024



## ЕКОЛОГІЯ

УДК 528.8+911.9:502

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.22>

### ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗМІНИ СТРУКТУРИ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ СЛОВЕЧАНСЬКО-ОВРУЦЬКОГО КРЯЖУ

О. В. Гарбар<sup>1</sup>, Е. В. Весельська<sup>2</sup>, І. В. Хом'як<sup>3</sup>, Д. А. Гарбар<sup>4</sup>

На основі аналізу даних дистанційного зондування Землі з використанням ГИС-методів встановлено особливості структури та просторово-часової динаміки земельного покриття на території Словечансько-Овруцького кряжу, проведено просторово-часовий аналіз динаміки земельного покриття кряжу та встановлено залежність між структурою земельного покриття і характеристиками ландшафтного біорізноманіття.

Для просторово-часового аналізу динаміки земельного покриття досліджуваного регіону використано дані космічних апаратів (КА) родини «Sentinel-2». Попередню обробку та класифікацію космічних знімків виконано у хмарному сервісі Google Earth Engine

Для класифікації космічних знімків використано алгоритм автоматичної кластеризації методом *k*-середніх (*k*-mean clustering). Оптимальна диференціація земельного покриття досягалась при виділенні 50-ти його класів. Оскільки у результаті такої класифікації формується надлишкова кількість класів земельного покриття, на наступному етапі здійснено пере класифікацію результатів з використанням *Q-gis*. Для виявлення часових змін земельного покриття використано алгоритм *Crosclassification*, реалізований в *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*.

У результаті класифікації космічних знімків території Словечансько-Овруцького кряжу виділено чотири основних класи земельного покриття: хвойний (сосновий) ліс, листяний ліс та чагарники, луки та агроценози, водоїми.

<sup>1</sup> доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: o.v.harbar@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-4357-4525

<sup>2</sup> студентка кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: veselska291@gmail.com  
ORCID: 0009-0003-5678-5855

<sup>3</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: khomyakivan@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-0080-0019

<sup>4</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: garbar.diana78@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5739-3114

У результаті аналізу просторово-часових змін земельного покриття кряжу встановлено, що на його території відбувається активне лісогосподарське використання соснових лісів. Спостерігаються значні площі «свіжих» вирубок у північній та західній частинах кряжу. Поряд із цим наявні значні площі природного та лісогосподарського відновлення соснових лісів. Втрати листяних лісів і чагарників децю менші ніж у випадку хвойних насаджень, що обумовлено віднесенням більшості їхніх масивів до об'єктів природно-заповідного фонду. При цьому відновлення переважно відбувається у північній частині кряжу у результаті лісогосподарських заходів. На інших територіях відновлення ймовірно відбувається природним шляхом

Господарське використання лісів Словечансько-Овруцького кряжу є цілком збалансованим. Втрати листяних лісів та чагарників вірогідно пов'язані із поверненням у сільськогосподарське використання перелогів. Площі водних об'єктів є відносно стабільними.

За структурою земельного покриття на космічних знімках добре диференціюються геоботанічні райони. Так територія Червонсько-Городецького геоботанічного району характеризується переважанням хвойних та листяних лісів, тоді як територія Овруцького геоботанічного району характеризується переважанням у земельному покритті агроценозів. У межах цих районів окремі геоботанічні урочища відрізняються лише за співвідношенням певних типів земельного покриття.

---

**Ключові слова:** Словечансько-Овруцький кряж, земельний покрив, рослинність, просторово-часові зміни.

---

## **SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES IN THE LAND COVER STRUCTURE OF THE SLOVECZANSKO-OVRUCHSKY RIDGE**

**O. V. Harbar, E. V. Veselska, I. V. Khomyak, D. A. Harbar**

*Based on the analysis of remote sensing data using GIS methods, the peculiarities of the structure and spatial and temporal dynamics of land cover in the territory of the Slovechansko-Ovruchsky ridge were determined, the spatial and temporal analysis of the dynamics of the ridge's land cover was carried out, and the relationship between the structure of land cover and the characteristics of landscape biodiversity was established.*

*For the spatial and temporal analysis of the land cover dynamics of the studied region, data from the Sentinel-2 spacecraft were used. Preliminary processing and classification of satellite images was performed in the Google Earth Engine cloud service.*

*The automatic clustering algorithm using the k-mean clustering method was used to classify the satellite images. Optimal differentiation of land cover was achieved by identifying 50 classes. Since such a classification results in an excessive number of land cover classes, the next step was to reclassify the results using Q-gis. The Crossclassification algorithm implemented in the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) was used to detect temporal changes in land cover.*

*The classification of satellite images of the Slovechansko-Ovruchsky ridge territory resulted in the identification of four main classes of land cover: coniferous (pine) forest, deciduous forest and shrubs, meadows and agrocenoses, and water bodies.*

*The analysis of spatial and temporal changes in the land cover of the ridge revealed that active forestry use of pine forests is taking place on its territory. Significant areas of «fresh» logging are observed in the northern and western parts of the ridge. At the same time, there are significant areas of pine forest restoration (both natural and forestry).*

*Losses of deciduous forests and shrubs are somewhat less than in the case of conifers, due to the fact that most of their areas are classified as nature reserves. At the same time, recovery is mainly taking place in the northern part of the ridge as a result of forestry activities. In other areas, recovery is likely to occur naturally.*

*The economic use of the forests of the Slovechansko-Ovruchsky ridge is quite balanced. Losses of deciduous forests and shrubs are likely related to the return of fallow land to agricultural use. The area of water bodies is relatively stable.*

*Geobotanical areas are well differentiated by the structure of land cover on satellite images. Thus, the territory of Chervonsko-Horodetskyi geobotanical region is characterized by the predominance of coniferous and deciduous forests, while the territory of Ovruch geobotanical region is characterized by the predominance of agrocenoses in the land cover. Within these districts, individual geobotanical tracts differ only in the ratio of certain land cover types.*

---

**Key words:** Sloveczansko-Ovruchsky ridge, land cover, vegetation, spatial and temporal changes.

---

## Вступ

Словечансько-Овруцький кряж – унікальний природний об'єкт Житомирського Полісся. Він простягається від м. Овруча до села Червонка, має довжину понад 50 км і завширшки від 6 км (в районі Овруча) до 17 км (на довготі Словечного). У 1998 р. на території кряжу створено лісовий заказник місцевого значення. Цей заказник є найбільшим серед об'єктів природно-заповідного фонду на території Житомирщини, за винятком природних заповідників. В заказнику охороняються унікальні ландшафтні комплекси, як інтразональне явище на Житомирщині, лісові фітоценози скельно-дубових лісів чорницевих, звичайнодубових та скельнодубових лісів жовторододендронових, занесених до «Зеленої книги України», а також багато рідкісних представників рослинного і тваринного світу, занесених до «Червоної книги України» (Природно-заповідний фонд..., 2015). Сьогодні цей регіон має складні соціально-економічні проблеми, причини яких лежать у віддаленості від промислових центрів і слабкому розвитку транспортної інфраструктури. Особливо ці проблеми загострились з початком повномасштабного вторгнення, яке суттєво ускладнило можливості оперативного моніторингу стану ландшафтних екосистем на території кряжу (Хом'як, 2022).

Давно визнано, що наземний моніторинг екосистем природоохоронних територій є дорогим, насамперед через розмір і матеріально-технічні обмеження великих природоохоронних об'єктів. Відомо також, що дистанційний моніторинг може надати важливу інформацію для ефективного, прозорого, повторюваного та обґрунтованого прийняття рішень щодо управління територіями (Gross, 2006; Давидчук та ін., 2011; Зацерковний та ін., 2020). Інтеграція наземних даних і дистанційного зондування практикується для моніторингу та моделювання змін навколишнього середовища на багатьох природоохоронних територіях. Дистанційне зондування має унікальні переваги в моніторингу динаміки ландшафту природоохоронних територій у всьому світі. Часова глибина дистанційного зондування може бути використана для забезпечення моніторингу з безперервним розгортанням нових супутників і сенсорних систем і можливістю отримання зображень (Лялько та ін., 2006; Lyalko et al., 2020; Wang Lu, 2020).

Враховуючи це, метою дослідження було на основі даних дистанційного зондування

Землі з використанням ГС-методів встановити особливості структури та просторово-часової динаміки земельного покриття на території Словечансько-Овруцького кряжу, провести просторово-часовий аналіз динаміки земельного покриття кряжу та встановити залежність між структурою земельного покриття і характеристиками ландшафтного біорізноманіття.

Отримані дані можуть бути основою для прийняття обґрунтованих рішень з управління територіями природно-заповідного фонду. Використана методика може в подальшому застосовуватись для оперативного дистанційного моніторингу стану екосистем як Словечансько-Овруцького кряжу, так і інших об'єктів ПЗФ України.

## Матеріал і методи

Для просторово-часового аналізу динаміки земного покриття досліджуваного регіону використано дані космічних апаратів (КА) родини «Sentinel-2». Використано космічні знімки, які характеризувались мінімальною захмареністю на території Словечансько-Овруцького кряжу (рис. 1) за літньо-осінні періоди 2020 р. та 2023 р.

Для попередньої обробки та класифікації космічних знімків використано хмарний сервіс Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017). Google Earth Engine – це платформа для наукового аналізу та візуалізації наборів геопросторових даних для академічних, некомерційних, бізнес-користувачів і державних користувачів.

Earth Engine розміщує супутникові зображення та зберігає їх у загальнодоступному архіві даних, який включає історичні зображення Землі за понад сорок років. Зображення, які надходять щодня, стають доступними для глобального аналізу даних. Earth Engine також надає API (Application Programming Interface) та інші інструменти для аналізу великих наборів даних.

Для класифікації космічних знімків використано алгоритм автоматичної кластеризації методом k-середніх (k-mean clustering). Оптимальна диференціація земельного покриття досягалось при виділенні 50-ти його класів. Оскільки у результаті такої класифікації формується надлишкова кількість класів земельного покриття, на наступному етапі здійснено переключення класифікації результатів з використанням Q-gis.

Для виявлення часових змін земельного покриття використано алгоритм Crosclassification, реалізований в Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (Congedo, 2021).

### Результати

Структура та просторово-часові зміни земельного покриття Словечансько-Овруцького кряжу за період 2020 – 2023 рр. Кольоровий композит в природніх кольорах знімка Sentinel-2 на територію кряжу за 2020 р. представлений на рис. 2. Це зображення використано для візуального дешифрування, інтерпретації та перекласифікації класів земельного

покриття, отриманих в результаті некерованої класифікації космічних знімків.

Кольоровий композит в інфрачервоному спектрі (рис. 3) використовувався для візуального дешифрування та інтерпретації класів рослинності (різні відтінки червоного). Окрім цього на такому зображенні добре диференціюються водні поверхні (виглядають майже чорними).

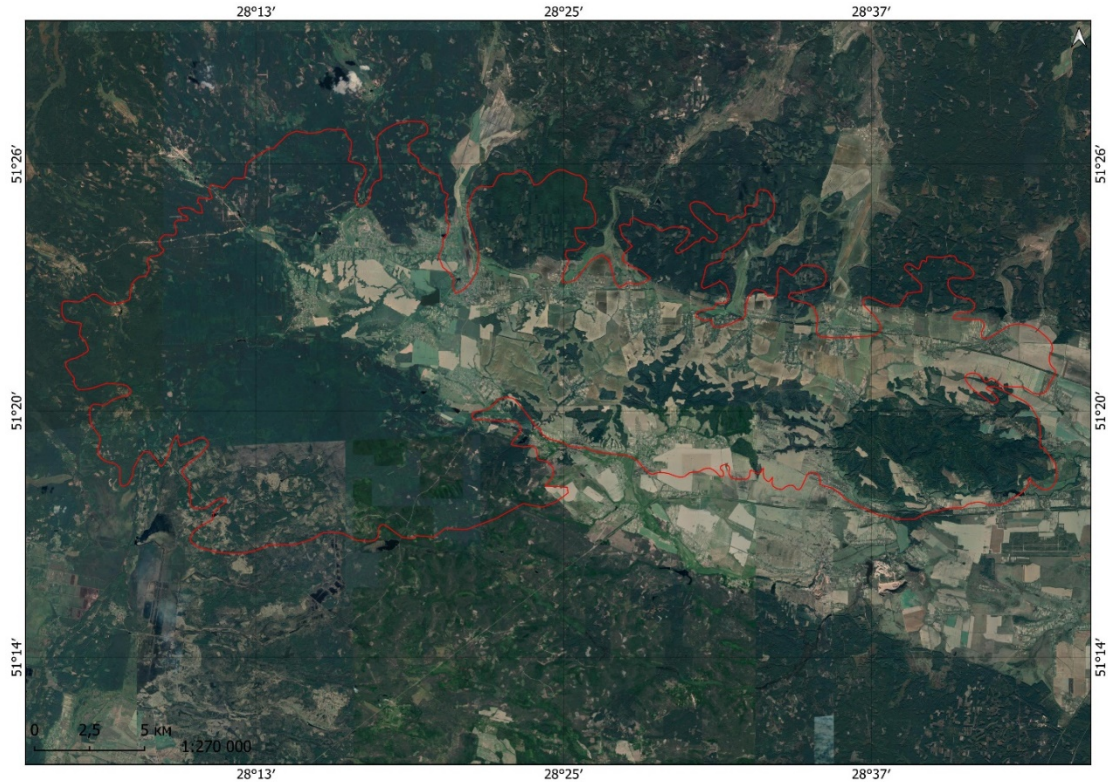


Рис. 1. Локалізація території дослідження на супутниковому знімку (Google satellite, композит RGB «природні кольори»)

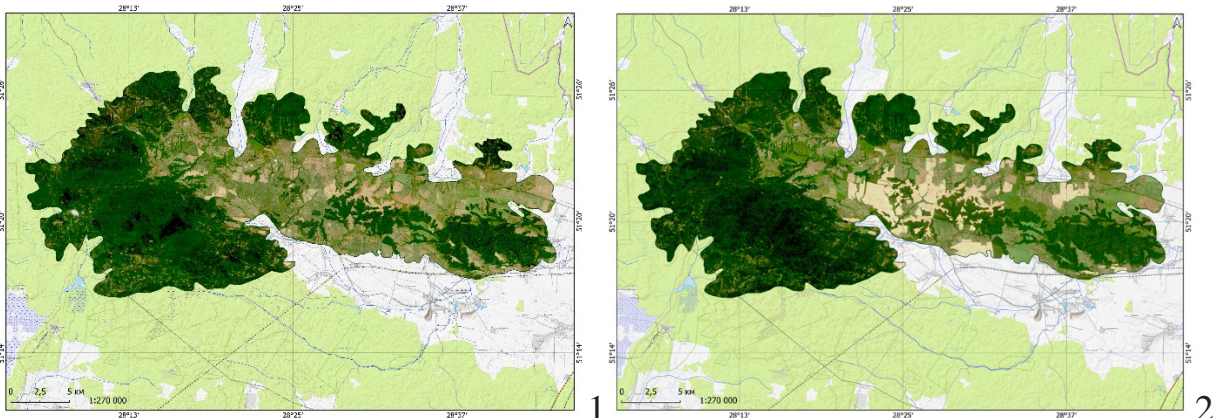


Рис. 2. Кольоровий композит в природніх кольорах знімка Sentinel-2 на територію кряжу за 2020 р. (1) та 2023 р. (2)



У результаті некерованої класифікації космічних знімків було виділено чотири основних класи земельного покриття: хвойний (сосновий) ліс, листяний ліс та чагарники, луки та агроценози, водойми (рис. 4-5).

Отримані результати свідчать, що домінуючим класом земельного покриття кряжу в центральній та східній його частині

є агроценози та луки. У цій частині кряжу ліси поширені переважно на еродованих ділянках - ці території знаходяться на підвищенні і активно розорюються, а насадження лісових культур використовувались для захисту від подальшого розростання ярів. В північній частині кряжу (на північному його схилі) домінують хвойні ліси.

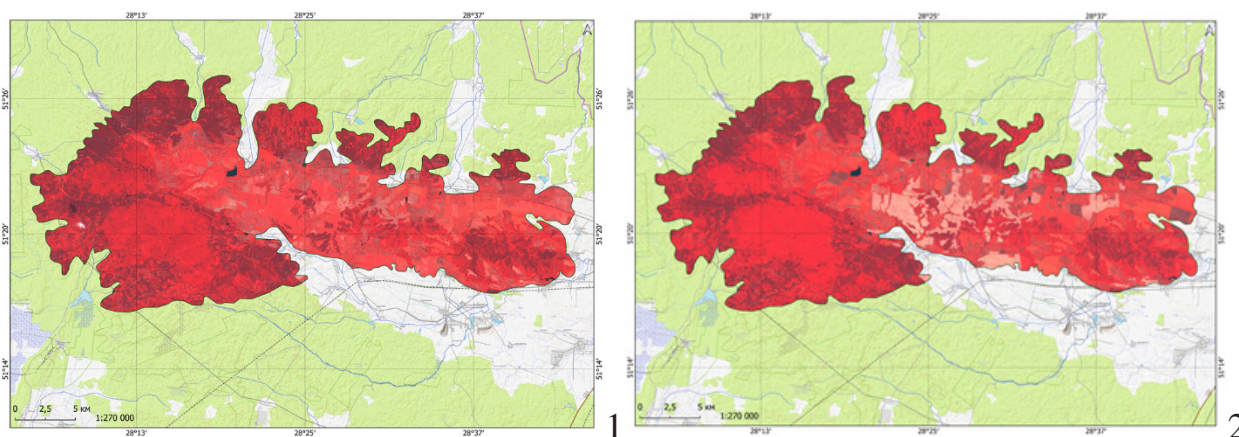


Рис. 3. Кольоровий композит в «інфрачервоних» кольорах знімка Sentinel-2 на територію кряжу за 2020 р. (1) та 2023 р. (2)

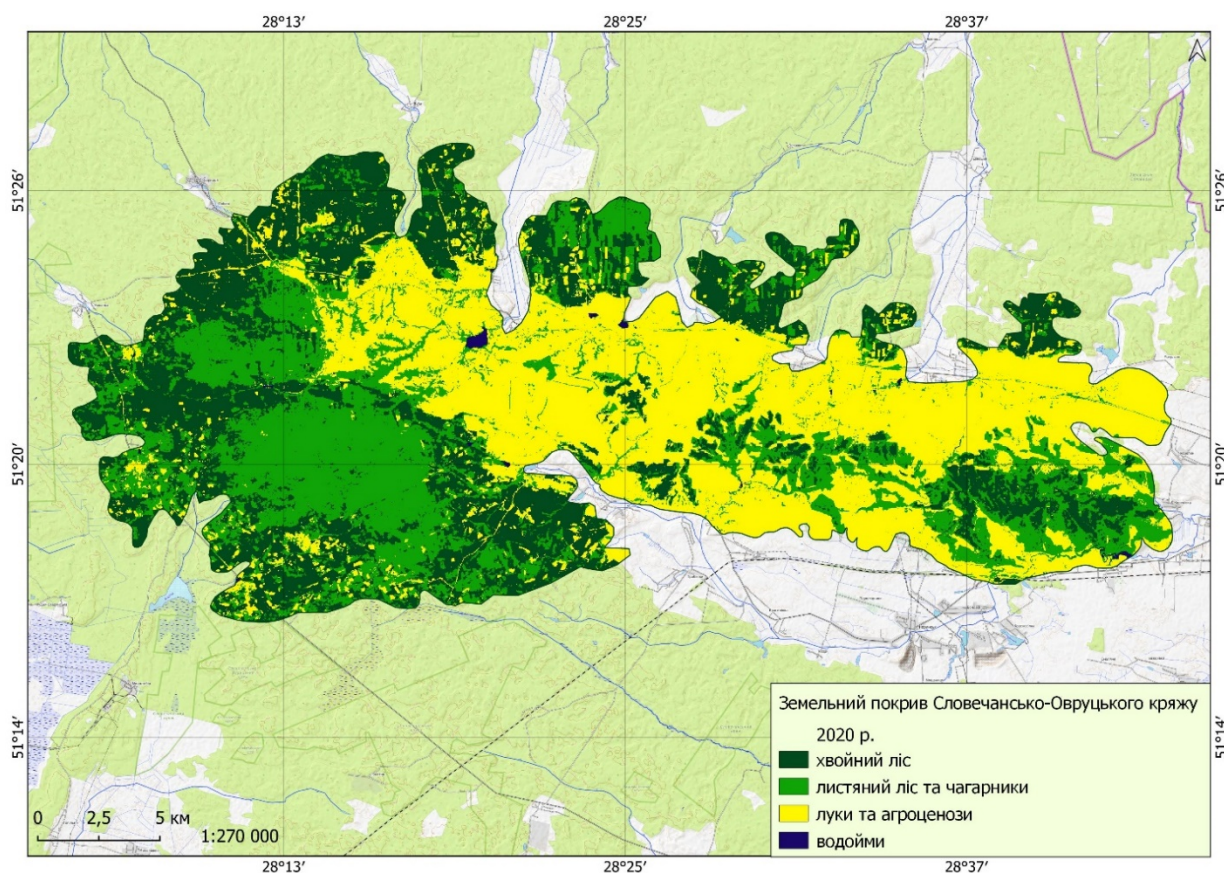


Рис. 4. Класи земельного покриття Словечансько-Овруцького кряжу (2020 р.)

Найбільш залісненою територією є західна частина кряжу, де на лесах переважають листяні ліси, а на кварцитних породах - хвойні ліси. Історично кварцитна частина кряжу також була вкрита листяними дубово-грабовими лісами, але через монокультуру сосни їхні площі значно скоротилися. (Хом'як, 2006). Винятком є лісовий заказник місцевого значення «Словечанський кряж», де збереглися значні масиви широколистяних лісів. Водойми займають дуже незначну територію кряжу, тому в подальшому дослідженні не обговорюються. Була простежена лише динаміка хвойних та листяних лісів, як найбільш соцологічно-цінних територій на кряжі (рис. 6-7).

Як видно з отриманих карт, на території Словечансько-Овруцького кряжу відбувається активне лісогосподарське використання соснових лісів. Спостерігаються значні площі «свіжих» вирубок у північній та західній частинах кряжу. Слід розуміти, що частина цих вирубок уже може бути заліснена, однак дуже молоді соснові насадження на знімку не відрізняються від лучної рослинності. Поряд із цим спостері-

гаються значні площі природного та лісогосподарського відновлення соснових лісів. На цих, раніше вирубаних площах молоді сосняки уже досягли того віку, коли вони починають ідентифікуватись на космічних знімках і цей якісний «стрибок» якраз і відбувся за період, охоплений дослідженням (див. рис. 6).

Деякі інші тенденції простежуються щодо листяних лісів та чагарників. Візуально їх втрати менші ніж у випадку хвойних насаджень, однак і площі відновлення менші. Це пов'язано із організацією в 1998 році лісового заказника місцевого значення «Словечанський кряж». Молоді грабові та дубові ліси існували тут і до впровадження заповідного режиму. Показово, що відновлення переважно відбувається у північній частині кряжу по старих вирубках. Можна припустити, що тут має місце лісогосподарське відновлення листяних лісів. На інших територіях відновлення листяних лісів ймовірно відбувається природним шляхом (див. рис. 7).

Аналіз зміни площ різних типів земельного покриву на території кряжу за 2020 –

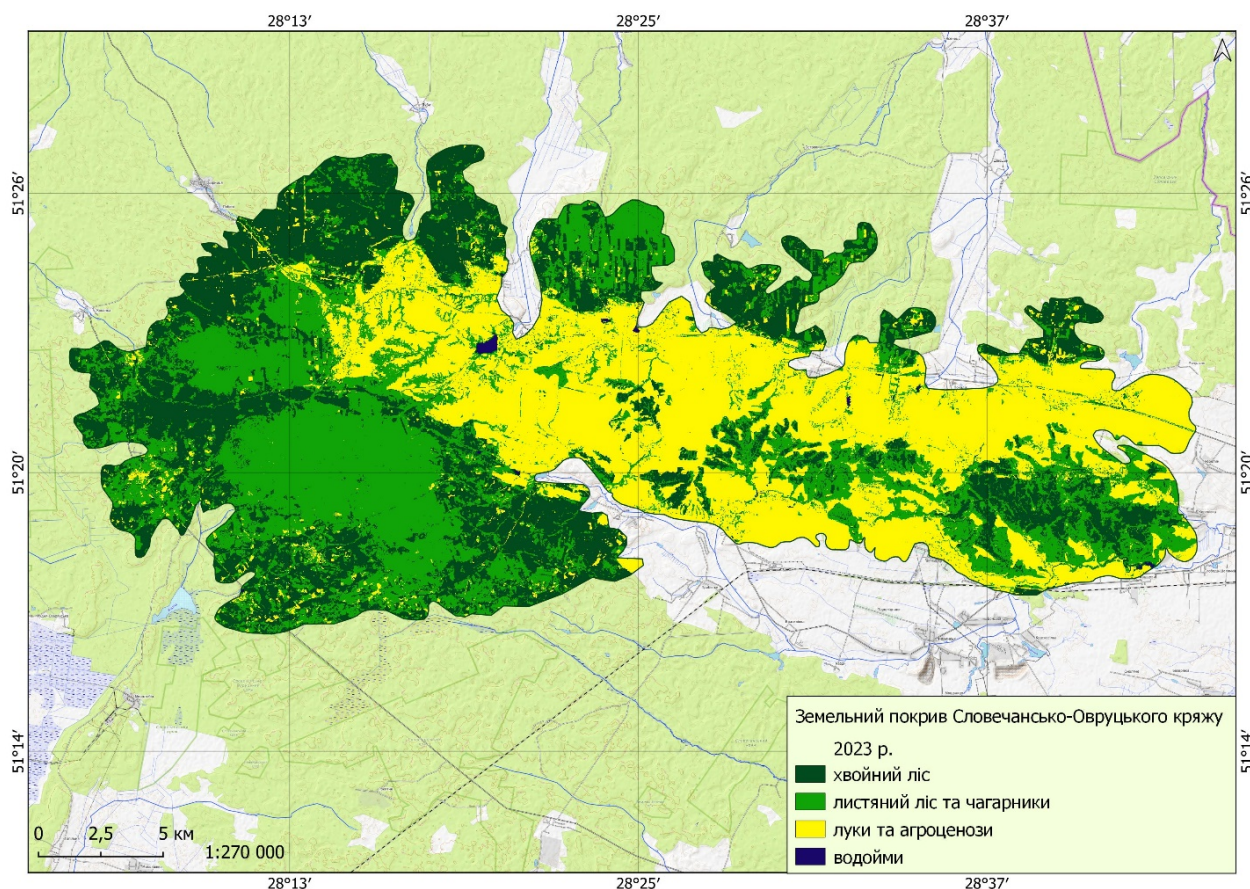


Рис. 5. Класи земельного покриву Словечансько-Овруцького кряжу (2023 р.)

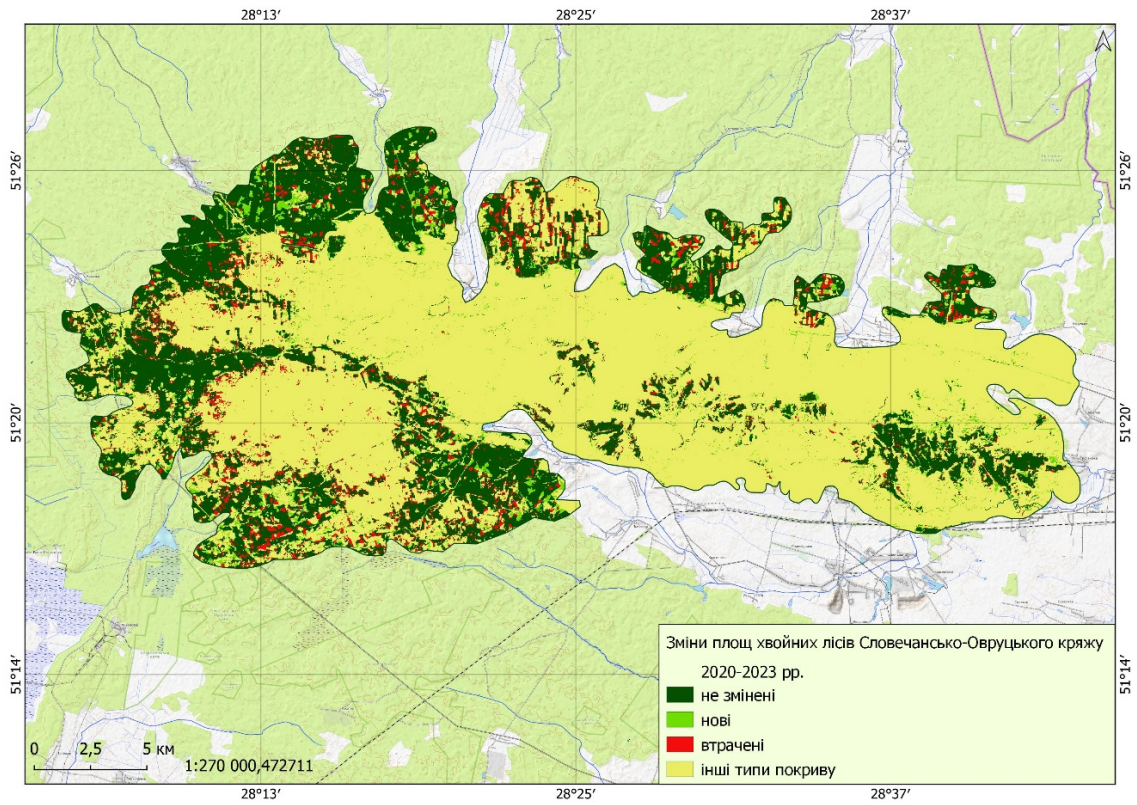


Рис. 6. Зміни площ хвойних лісів Словечансько-Овруцького краю (2020 - 2023 рр.)

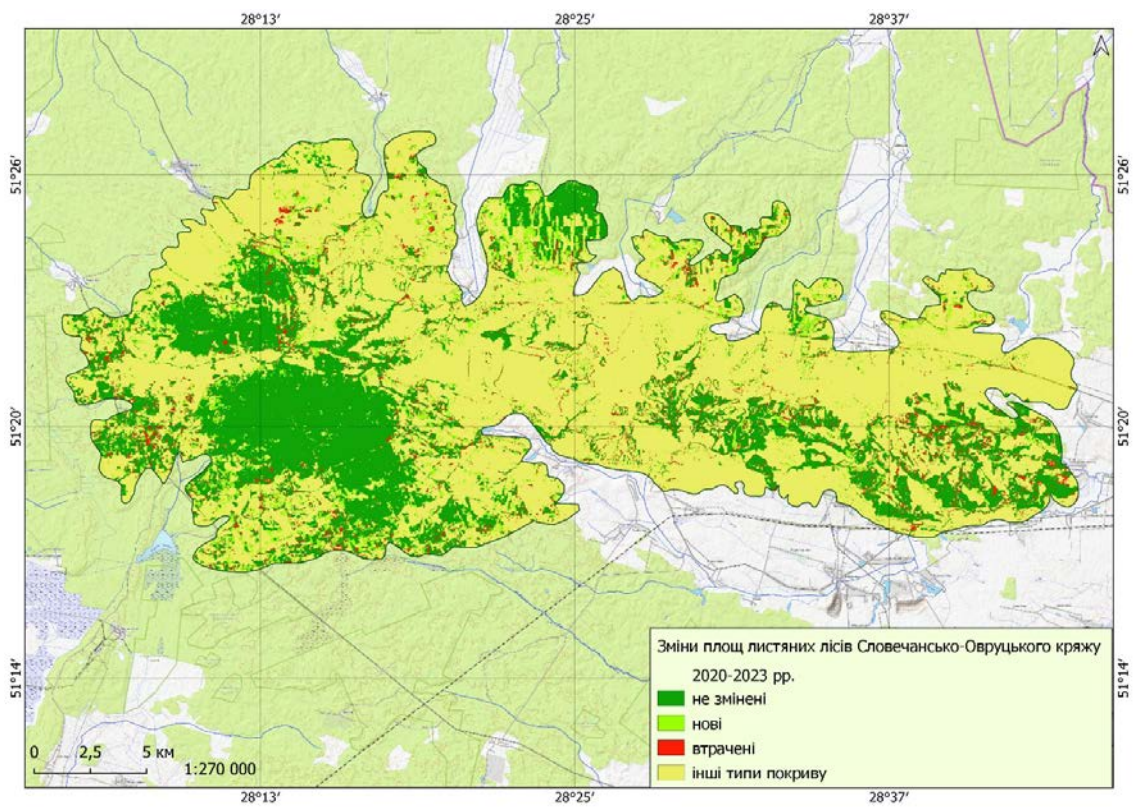


Рис. 7. Зміни площ листяних лісів Словечансько-Овруцького краю (2020 - 2023 рр.)

2023 рр. (рис. 8) свідчить про те, що втрати хвойних лісів практично повністю врівноважуються їх відновленням. Різниця їх площ у 2020 та 2023 році знаходиться в межах статистичної похибки. А от площі листяних лісів та чагарників зменшилися на 4 га. Разом із цим на аналогічну площу зросли території луків та агроценозів. Тому можна припустити, що тут активно відбувається повернення у сільськогосподарське використання перелогів, які ще у 2020 р. були зайняті чагарниками та молодим підростом листяних порід.

Отже, проведений аналіз структури та динаміки земельного покриву Словечансько-Овруцького кряжу свідчить про відносну його стабільність. Господарське використання лісів є цілком збалансованим. Втрати листяних лісів та чагарників вірогідно пов'язані із поверненням у сільськогосподарське використання перелогів. Площі водних об'єктів є відносно стабільними. Їх зміни можуть бути пов'язаними із природними коливаннями рівня води та різним ступенем розвитку водної та прибережної рослинності у різні роки.

#### Обговорення

Ландшафтне біорізноманіття Словечансько-Овруцького кряжу та його зв'язок із типами земельного покриву. На формування ландшафтних екосистем суттєвий вплив мають тип ґрунту і підстилаючих осадових порід, а також вологість ґрунтів, пов'язана з мікрорельєфом, особливостями діяльності людини та стадією автогенної сукцесії. Ці характеристики дозволяють поділити

територію Словечансько-Овруцького кряжу на окремі ландшафтні екосистеми. Їх межі збігаються з межами ділянок, визначених геоботанічними методами.

За геоботанічним районуванням територія кряжу належить до Коростенсько-Житомирського району фізико-географічної області Житомирського (Центрального) Полісся (Геоботанічне районування..., 1977). Територія кряжу поділяється на два райони: Червонсько-Городецький з ацидофільними лісами дуба звичайного та Овруцький з дубово-грабовими лісами, що цілком відповідає традиційному поділу кряжу на лесові та скельні (кварцитові) ділянки (рис. 9) (Якушенко, 2005). Вони відрізняються комплексом геологічних, ґрунтових, ценотичних, антропологічних характеристик і мікрорельєфу.

У межах першого регіону поширені бідні і переважно середньокам'янисті дерново-підзолисті ґрунти. Рельєф горбисто-улоговинистий з горбами до 319 м над рівнем моря. Людська діяльність здебільшого представлена лісовим господарством. Обробіток полів зосереджений у кількох невеликих населених пунктах. За останні кілька десятиліть чисельність населення різко скоротилася, і більша частина орних земель залишається під паром.

У межах другого району переважають сільськогосподарські угіддя на світло-сірих лісових ґрунтах над лесовими осадовими породами. Людська діяльність на схилах лесових пагорбів призвела до активної ерозії (Хом'як, 2015). У балках сформувалися

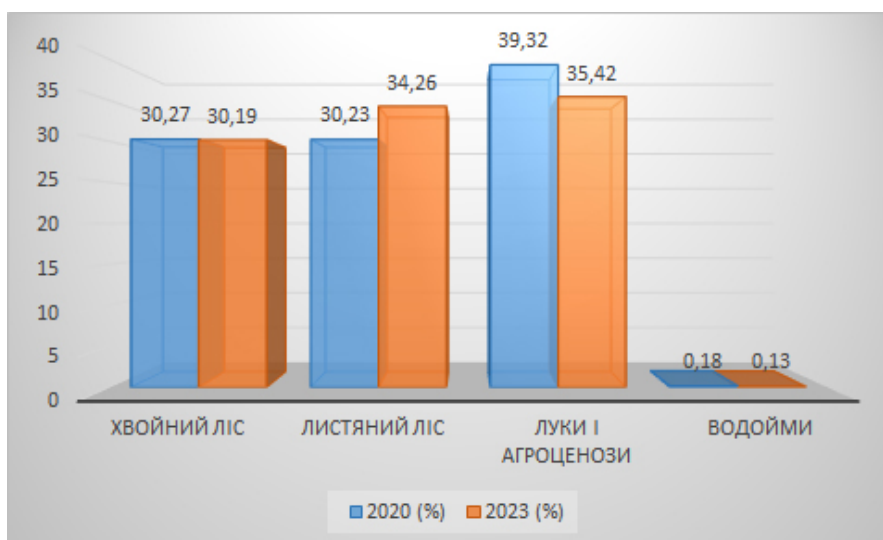


Рис. 8. Зміни площ типів земельного покриву (га) Словечансько-Овруцького кряжу (2020 - 2023 рр.)

лісові екосистеми. На заході вони мають переважно природний тип, а на сході через вплив насаджень інвазійних видів-трансформерів є синантропними дериватами (Хом'як, 2006).

У Червонсько-Городецькому районі є чотири масиви ацидофільних лісів дуба черешкового. Вони схожі за багатьма факторами середовища та типами рослинності. Ці ландшафти відрізняються рельєфом, наявністю мінеральних фрагментів у ґрунті, розподілом території на ділянки з великими значеннями показників природної та антропогенної динаміки (Harbar et al., 2021). Червонсько-Городецький район добре ідентифікується на космічних знімках за наявністю суцільних лісових масивів. Як видно з Рис. 9., це мішані ліси з домінуванням на окремих ділянках сосни звичайної або листяних порід.

Урочище Тхоринсько-Піщаницьке (1) (див. рис. 9) – ацидофільні сосново-дубові ліси. Розташоване на півночі хребта, воно складається з п'яти скелястих пагорбів, зайнятих перетвореними лісовими угіддями, розділених річками Словечна, Ясенець, Дзвонка і Полохачевка. Перепади висоти від 180 м над рівнем моря в долинах річок і до 260 м на окремих вершинах. Висота вершин окремих скельних масивів зменшується із заходу на схід від 260 м до 220 м. Протяжність масивів приблизно 3-5 км від півночі на південь і 2-3 км від заходу на схід. Постійних річок і струмків мало. Зустрічаються дерново-підзолисті ґрунти, які мають дрібні уламки кварциту та пірофілу. Ландшафтні екосистеми переважно олігогемеробні (4-6 балів) і за індексом природної динаміки (9-16 балів)

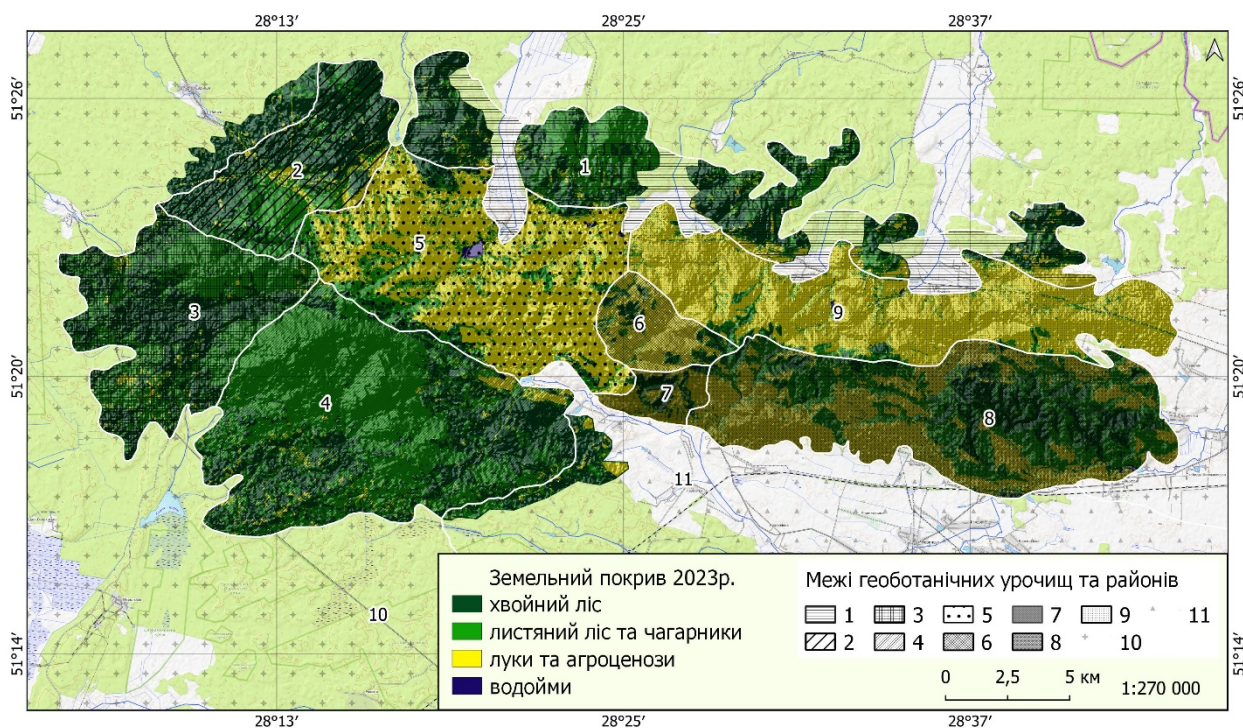


Рис. 9. Типи земельного покриття та геоботанічні урочища і райони (1 – Тхоринсько-Піщаницьке урочище ацидофільних сосново-дубових лісів; 2 – Бігунсько-Городецьке урочище ацидофільних сосново-дубово-рододендронових лісів; 3 – Червонсько-Городецьке урочище типових ацидофільних скельно-дубових лісів; 4 – Листвинсько-Перебродське урочище ацидофільних сосново-дубових; 5 – Городецько-Словечанське урочище балок із типовими широколистяними лісами; 6 – Білківське урочище балок із сильно трансформованою рослинністю; 7 – Велідницьке урочище балок із частково трансформованою рослинністю; 8 – Ілімківсько-Клинецьке урочище балок із сильно трансформованою рослинністю; 9 – Левковицько-Коренівське урочище аграрних угідь і прибережних чагарників; 10 – Убортсько-Словечнянський район соснових лісів зелено-мохових і лишайникових, мезотрофних та оліготрофних лісів; 11 – Жеревський район соснових лісів зелено-мохових) Словечансько-Овруцького кряжу.

перебувають на стадії молодих і пізніх корінних лісів (Harbar et al., 2021). Домінуючим типом земельного покриву в цьому урочищі є соснові ліси і дуже незначну площу займають луки та агроценози.

Урочище Бігунсько-Городецьке (2) (див. рис. 9) – ацидофільні сосново-дубово-рододендронові ліси. Розташоване на північний захід від лінії Бігун-Городець і зайняте трансформованими лісовими угіддями та реліктовими угрупованнями *Hedera helix* L. Ландшафт складається з двох масивів між річками Бігун і Пертниця, розділених долиною р. Зимухи. Максимальні висоти цих масивів 260 м і 253 м. Дерново-підзолисті ґрунти середньокам'яністі. Уламки кварциту діаметром близько 10-20 см в ґрунті зустрічаються ближче до вершин масивів. Екосистеми переважно олігогемеробні, значення індексу природної динаміки становить 9-16 балів. У долині річки Зимуха представлені переважно мезогемеробні екосистеми і значення індексу природної динаміки становить 5-8 балів (Harbar et al., 2021). Як і в попередньому випадку на цій території домінуючим типом земельного покриву є хвойні (соснові) ліси.

Урочище Червонсько-Городецьке (3) (див. рис. 9) має типові ацидофільні ліси дуба черешкового і розташоване в трикутнику Городець – Червонка – Усово. Зайняте перетвореними та природними лісами та заболоченими угіддями. Це урочище розташоване між річкою Пертницею та лівою притокою річки Лубенець. Складається з двох пагорбів (285 м і 321 м), розділених долиною річки Червонки. Дерново-підзолисті ґрунти дуже кам'яністі. На окремих схилах на денну поверхню виходять великі брили кварциту (0,2–1 м в діаметрі). Тут спостерігаються найбільші площі агемеробних екосистем і пралісів з індексом природної динаміки понад 16 балів (Harbar et al., 2021). В цьому урочищі у земельному покриві спостерігається приблизно рівне співвідношення площ хвойних та листяних лісів.

Урочище Листвинсько-Перебродське (4) (див. рис. 9) – ацидофільні сосново-дубові ліси. Розташоване між селищами Переброди та Листвин на південь від плато висотою 319 м і висотами 250 м і 261 м на північ і зайняте перетвореними та природними лісовими та заболоченими угіддями. Тут переважають типові дерново-підзолисті ґрунти. Ґрунти сформовані осадовими пісками по периферії території хребта. Ближче до вершин пагорбів зустрічаються суглинки і вкраплення уламків кварцитів. Ці ландшафти переважно олігогемеробні,

але мають нижчі значення індексу природної динаміки (до 14 балів) (Harbar et al., 2021). У земельному покриві на цій ділянці явно переважають листяні ліси.

Овруцький регіон дубово-грабових лісів можна поділити на п'ять урочищ. За рівнем антропогенної трансформації яружного лісу територія поділяється на більш дрібні ландшафтні екосистеми. Відбувається зміна походження рослинності, яка є цілком природною на заході та здебільшого інтродукованою на сході (Harbar et al., 2021). Ця ділянка кряжу на космічних знімках добре ідентифікується за переважанням у складі земельного покриву агроценозів та луків.

Урочище Городецько-Словечанське (5) (див. рис. 9) – балки з типовими листяними лісами, що добре помітно на карті земельного покриву. Охоплює західну частину суцільного лісу до лінії Верпа-Черевки. Ця ландшафтна екосистема має найвищі височини цієї частини кряжу – до 316 м. Межує з Червонсько-Городецьким районом дуба ацидофільного. Ґрунти сірі лісові суглинки на лесовій основі. Яружні ліси добре збереглися в природному стані. Окраїни балок піддаються підвищеному антропогенному навантаженню. Це відновлені похідні ліси, чагарники або екосистеми узлісся. Існує великий контраст у значеннях індексів антропогенної трансформації між окраїнами та дном і схилами балок.

Урочище Білківське (6) (рис. 9.) – балки з сильно трансформованою рослинністю. Включає ділянки з балками долини р. Білка. Ця ландшафтна екосистема має пагорби з меншою висотою (до 269 м), меншою глибиною і більшою шириною ярів. Глибина ярів не більше 20 м. В урочищі Городецько-Словечанське ширина яружної системи в середньому становить 100-200 м, а Білківської яружної системи – 400-500 м. У долині р. Білка є виходи на денну поверхню болотних залізників. Ландшафти переважно мезогемеробні та евгемеробні. Евгемеробні спостерігаються лише на дні ярів. Значення індексу природної динаміки досягає максимуму 13 балів на верхній частині схилів ярів. У земельному покриві домінують луки і агроценози. Однак у балках листяні деревостани доповнюються хвойними. Причому останні навіть переважають.

Урочище Велідницьке (7) (див. рис. 9) – балки з частково трансформованою рослинністю (включає ділянки з балками на південному схилі хребта між долинами р. Білка та р. Ілімка). Ця ландшафтна екосистема

має найменшу площу. Вона представлена схилами долини р. Норинь. Правий берег долини повністю антропоізований, а лівий має фрагменти природної рослинності в ярах. Ця ділянка є прикладом переходу від природних яружних лісів західної частини території до штучних насаджень інтродукованих видів східної частини. Є висока мозаїчність осадових порід. Тут переважають леси поверх рожевих овруцьких кварцитів, які іноді виходять на поверхню монолітними блоками. Спостерігаються потужні прошарки глини, а нижня частина лівого берега р. Норинь утворена крупнозернистими пісками з численними скам'янілостями морської фауни юрського періоду. За співвідношенням типів земельного покриття це урочище подібне до попереднього.

Урочище Іллімківсько-Клинецьке (8) (див. рис. 9) – це балки з сильно трансформованою рослинністю. Включає ділянки з балками на південному схилі кряжу від долини р. Іллімка до долини р. Клинець. Глибина ярів тут найбільша і досягає 70 м, незважаючи на невеликі висоти пагорбів (250 м). Це пояснюється різницею висоти пагорбів і долини Норині та її приток. Річка Норинь протікає на висоті 152 м, а її ліві притоки, які врізаються в хребет - 180-183 м. Борти ярів повністю зайняті штучними насадженнями. Інтродуковані види проникли в середину ярів і змінили рослинність ландшафтів, витісняючи аборигенні види та рослинні угруповання. Територія цього урочища за типами земельного покриття приблизно порівну розподілена між агроценозами та лісами. При цьому в західній частині урочища представлені переважно листяні ліси, тоді як у східній спостерігається тенденція до домінування хвойних лісів.

Урочище Левковицько-Коренівське (9) (див. рис. 9) – сільськогосподарські угіддя та прибережні чагарники. Воно розташоване на північному схилі лісової частини хребта і простягається на схід від долини р. Ясенця. Ці екосистеми розташовані на північному схилі лісової частини хребта. Висота пагорбів досягає 282 м, але яри дуже малі. У цій частині хребта розташована група окремих пагорбів висотою від 207 до 282 м. Це вододіл, що розділяє басейни річок Уж і Прип'ять. Далі на північ піднімається система пагорбів Торино-Піщаницької ландшафтної екосистеми. Більшість ерозійних утворень на цій території мають форму синантропоізованих і заселених річкових долин. На космічних знімках це урочище виділяється за доміну-

ванням в земельному покритті агроценозів. Лісова рослинність займає тут незначну площу, порівняно з площею урочища.

На південь від села Черевки вздовж південного схилу кряжу простягаються типові соснові ліси. Довжина цієї смуги близько 8 км, а ширина близько 700 м (від 300 м до 2200 м). Рослинність і показники екологічних факторів відрізняються від решти кряжу. Вони схожі на сусідній Жеревський район зеленомохових соснових лісів, що прилягають до пасма з південного сходу. Належність цієї території до Червонсько-Городецького району ацидофільних лісів дуба звичайного та черешкового є сумнівною. Подібна ситуація спостерігається на північно-західному краї хребта. Ця територія примикає до Уборцько-Словечанського геоботанічного району Північнопольського району. Отже територія кряжу (понад 200 м над рівнем моря з виходами овруцьких кварцитів) оточена Уборцько-Словечанським районом зеленомохово-лишайникових борів (10) (див. рис. 9), мезотрофних і оліготрофних боліт і Жеревським районом зеленомохових борів (11) (див. рис. 9) (Harbar et al., 2021). Ці ділянки ідентифікуються на космічних знімках за явним домінуванням соснових лісів у структурі земельного покриття.

Отже за структурою земельного покриття територія кряжу є неоднорідною. На космічних знімках у першу чергу диференціюються геоботанічні райони. Так територія Червонсько-Городецького геоботанічного району характеризується переважанням хвойних та листяних лісів, тоді як територія Овруцького геоботанічного району характеризується переважанням у земельному покритті агроценозів. У межах цих районів окремі геоботанічні урочища відрізняються лише за співвідношенням окремих типів земельного покриття.

### **Висновки**

У результаті аналізу просторово-часових змін земельного покриття Словечансько-Овруцького кряжу встановлено, що на його території відбувається активне лісогосподарське використання соснових лісів. Спостерігаються значні площі «свіжих» вирубок у північній та західній частинах кряжу. Поряд із цим наявні значні площі природного та лісогосподарського відновлення соснових лісів. Втрати листяних лісів і чагарників дещо менші ніж у випадку хвойних насаджень, що обумовлено віднесенням більшості їхніх масивів до об'єктів природно-заповідного фонду. При цьому відновлення переважно відбувається у північній частині кряжу у результаті лісогосподарських заходів. На інших терито-

ріях відновлення ймовірно відбувається природним шляхом. Отже, господарське використання лісів Словечансько-Овруцького кряжу є цілком збалансованим. Втрати листяних лісів та чагарників вірогідно пов'язані із поверненням у сільськогосподарське використання перелогів. Площі водних об'єктів є відносно стабільними.

За структурою земельного покриття на космічних знімках добре диференцію-

ються геоботанічні райони. Так територія Червонсько-Городецького геоботанічного району характеризується переважанням хвойних та листяних лісів, тоді як територія Овруцького геоботанічного району характеризується переважанням у земельному покритті агроценозів. У межах цих районів окремі геоботанічні урочища відрізняються лише за співвідношенням певних типів земельного покриття.

### Список використаної літератури

- Геоботанічне районування Української РСР. Київ, 1977. 301 с.
- Давидчук В.С., Сорокіна Л.Ю., Зарудна Р.Ф., Петров М.Ф., Назарчук Н.І. Методика картографування ландшафтів та їх антропогенних змін для радіоекологічної ГІС Чорнобильської зони відчуження. *Український географічний журнал*. 2011. №4. С. 3–12.
- Зацерковний В., Савков П., Пампуха І., Васецька К. Застосування технологій ГІС та ДЗЗ в задачах моніторингу лісових пожеж. *Військово-спеціальні науки*. 2020. № 2 (44). С. 54–58.
- Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. Багатоспектральні методи дистанційного зондування землі в задачах природокористування. Київ, 2006. 357 с.
- Природно-заповідний фонд Житомирської області: довідник / за заг. ред. О.О. Орлова. Житомир – Новоград-Волинський, 2015. 404 с.
- Хом'як І.В. Особливості територіальної диференціації екотопів лісових формацій Словечансько-Овруцького кряжу. *Український ботанічний журнал*. 2006. № 2. С. 235–243.
- Хом'як І.В. Вплив умов середовища на напрям первинних сукцесій в районі виходів лесових порід Правобережного Полісся. *Питання біоіндикації та екології*. 2015. № 1 (20). С. 35–46.
- Хом'як І.В., Лаврик О.Д., Весельська Е.В. Збереження ландшафтного біорізноманіття Словечансько-Овруцького кряжу шляхом створення національного природного парку. *Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції*: тези доповідей всеукр. наук.-практ. конф. Житомир, 2022. С. 16–18.
- Якушенко Д. М. Екосистеми Житомирського Полісся: класифікація, територіальна диференціація, охорона : Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.16. Київ, 2005. 20 с.
- Congedo Luca. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*. 2021. № 6 (64). 3172 p. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017. 202 (1). P. 18–27.
- Gross J.E., Nemani R.R., Turner W., Melton F. Remote sensing for the national parks. *Park Sci*. 2006. № 24. P. 30–36.
- Harbar O., Khomiak I., Kotsiuba I., Demchuk N., Onyshchuk I. Anthropogenic and Natural Dynamics of Landscape Ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky Ridge (Ukraine). *Socijalna ekologija*. 2021. Vol. 30. № 3. P. 347–367.
- Lyalko V.I., Romanciuc I.F., Yelistratova L.A., Apostolov A.A., Chekhniy V.M. Detection of Changes in Terrestrial Ecosystems of Ukraine Using Remote Sensing Data. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 2020. 29 (1). P. 102–110.
- Wang, Y., Lu Z., Sheng Y., Zhou Y. Remote Sensing Applications in Monitoring of Protected Areas. *Remote Sens*. 2020. № 12. 1370 p.

### References (translated & transliterated)

- Heobotanichne raionuvannia Ukrainskoi RSR. (1977). [Geobotanical zoning of the Ukrainian SSR]. Kyiv [in Ukrainian].
- Davydchuk, V.S., Sorokina, L.Iu., Zarudna, R.F., Petrov, M.F., & Nazarchuk, N.I. (2011). Metodyka kartohrafuvannia landshaftiv ta yikh antropohennykh zmin dlia radioekolohichnoi HIS Chornobyl'skoi zony vidchuzhennia [Methodology for mapping landscapes and their anthropogenic changes for radio-ecological GIS of the Chernobyl Exclusion Zone]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*, 4, 3–12 [in Ukrainian].



- Zatserkovnyi, V., Savkov, P., Pampukha, I., & Vasetska, K. (2020). Zastosuvannia tekhnologii HIS ta DZZ v zadachakh monitorynhu lisovykh pozhezh [Application of GIS and DZZ technologies in forest fire monitoring tasks]. *Viiskovo-spetsialni nauky [Military special sciences]*, 2 (44), 54–58. <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2020.44.54-58> [in Ukrainian].
- Lialko, V.I., Fedorovskyi, O.D., & Popov, M.O. (2006). Bahatospektralni metody dystantsiinoho zonduvannia zemli v zadachakh pryrodokorystuvannia [Multispectral methods of remote sensing of the earth in the tasks of nature management]. Kyiv [in Ukrainian].
- Orlov, O.O. (2015). Pryrodno-zapovidnyi fond Zhytomyrskoi oblasti: dovidnyk [Nature reserve fund of Zhytomyr region: guide]. Zhytomyr – Novohrad-Volynskiy [in Ukrainian].
- Khomiak, I.V. (2006). Osoblyvosti terytorialnoi dyferentsiatsii ekotopiv lisovykh formatsii Slovechansko-Ovrutskoho kriazhu [Peculiarities of territorial differentiation of ecotopes of forest formations of the Slovak-Ovrutsky ridge]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian botanical journal]*, 2, 235–243 [in Ukrainian].
- Khomiak, I.V. (2015). Vplyv umov seredovyshcha na napriam pervynnykh suktsesii v raioni vykhodiv lesovykh porid Pravoberezhnoho Polissia [The influence of environmental conditions on the direction of primary successions in the area of outcrops of loess rocks of the Right Bank Polissia]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Issues of bioindication and ecology]*, 20 (1), 35–46 [in Ukrainian].
- Khomiak, I.V., Lavryk, O.D., & Veselska, E.V. (2022). Zberezhennia landshaftnoho bioriznomanittia Slovechansko-Ovrutskoho kriazhu shliakom stvorennia natsionalnoho pryrodnoho parku [Preservation of landscape biodiversity of the Slovak-Ovrutsky ridge by creating a national nature park]. *Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehtratsii: tezy dopovidei vseukr. nauk.-prakt. konf [Sustainable development of the country within the framework of European integration: theses of the reports of the All-Ukraine. science and practice conf]*. Zhytomyr, 16–18 [in Ukrainian].
- Yakushenko, D.M. (2005). Ekosystemy Zhytomyrskoho Polissia: klasyfikatsiia, terytorialna dyferentsiatsiia, okhorona [Ecosystems of Zhytomyr Polissia: classification, territorial differentiation, protection]: Avto-ref. dys... kand. biol. nauk: 03.00.16. Kyiv [in Ukrainian].
- Congado, Luca. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6 (64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172> [in English].
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202 (1), 18–27 [in English].
- Gross, J.E., Nemani, R.R., Turner, W., & Melton, F. (2006). Remote sensing for the national parks. *Park Sci.*, 24, 30–36 [in English].
- Harbar, O., Khomiak, I., Kotsiuba, I., Demchuk, N., & Onyshchuk, I. (2021). Anthropogenic and Natural Dynamics of Landscape Ecosystems of the Slovechansko-Ovrutsky Ridge (Ukraine). *Socijalna ekologija*, 30 (3), 347–367. <https://doi.org/10.17234/SocEkol.30.3.1> [in English].
- Lyalko, V.I., Romanciuc I.F., Yelistratova L.A., Apostolov A.A., Chekhniy V.M. (2020). Detection of Changes in Terrestrial Ecosystems of Ukraine Using Remote Sensing Data. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 29 (1), 102–110. <https://doi.org/10.15421/112010> [in English].
- Wang, Y., Lu, Z., Sheng, Y., & Zhou, Y. (2020). Remote Sensing Applications in Monitoring of Protected Areas. *Remote Sens*, 12, 1370. <https://doi.org/10.3390/rs12091370> [in English].

Отримано: 31.01.2024  
Прийнято: 16.02.2024



УДК 63:632.2:502:519.2

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.23>

**ВИКОРИСТАННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ В МОДЕЛЮВАННІ  
ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕХОДУ  
ТОКСИЧНИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З КОРМІВ РАЦІОНУ ДІЙНИХ КОРІВ  
В ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ Й АКУМУЛЯЦІЇ ПОЛЮТАНТІВ У ГРУНТІ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СКОТАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**С. В. Портянник<sup>1</sup>**

*Важкі метали мають високу екологічну небезпеку для агроecosистем. Кадмій та свинець безперешкодно переміщуються в трофічних ланцюгах. З корму дійних корів потрапляють в органічні відходи, далі як добрива вносяться в ґрунт і акумулюються у високих концентраціях. Поведінка токсичних важких металів Cd і Pb в компонентах біосфери не прогнозована, що ускладнює ведення агровиробництва, особливо органічно-біологічного землеробства, виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва та рослинництва. Кореляційний і регресійний аналіз статистичної обробки даних, дозволяють вченим з різних країн США, Європейського Союзу, Китаю і т. ін. перевірити в дослідженнях та рекомендувати до застосування на практиці в екологічному моніторингу моделей прогнозування навантаження ґрунту важкими металами, встановити вірогідні джерела надходження, динаміку розсіювання у довкіллі тощо. Попередні дослідження зосереджувалися на концентраціях забруднення важкими металами Cd, Pb і ін. кормів для дійних корів, молока, органічних відходів, досліджувався сам кореляційний зв'язок, але методом Спірмена. Аналіз даних здійснювався за результатами науково-господарського дослідження проведеного на дійних коровах з різними типами годівлі в лісостеповій зоні України. Корів відібрано методом аналогів за живою масою та продуктивністю. До раціону входили корми з надлишком кадмію та свинцю. Токсичність поллютантів вплинула на перехід їх з кормів раціону в продукцію і органічні відходи. Мета досліджень аналіз кореляційного зв'язку та побудова рівнянь регресії між концентрацією важких металів Cd, Pb в кормах раціону дійних корів та їх органічних відходах за різних типів годівлі, що дозволить прогнозувати перехід поллютантів в органічні відходи (добрива), забруднення ґрунту, здійснювати ефективний екологічний моніторинг, вчасно оцінювати екологічні ризики в скотарських підприємствах чи господарствах з органічно-біологічним типом землеробства. За допомогою комп'юторної програми STATISTICA версії 10.0. зроблено кореляційний аналіз за параметричним коефіцієнтом кореляції Пірсона з урахуванням тестів Колмогорова-Смірнова та Лілієфорса (Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality) і тесту Шапіро – Уїлка (Shapiro-Wilk's W test). Для моделювання залежності між змінною Y (концентрація важких металів в органічних відходах) та векторною змінною X (концентрація важких металів в кормах раціону) застосовували побудову рівнянь лінійної регресії. Характер зв'язку перевіряли за побудовою діаграм розсіювання (Scatterplot); аналіз залишків на відповідність закону нормального розподілу (Гауссова); оцінку прийнятності моделі у цілому за рівнем вірогідності методом ANOVA; якість регресії за допомогою коефіцієнту детермінації R<sup>2</sup>. Аналіз встановив високу r=0.72-0.75 (Cd) (p<0.05), r=0.68 (Pb) (p<0.05) та дуже високу r=0.82 (Cd) (p<0.05), r=0.81 (Pb) (p<0.05) кореляційну залежність між*

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві  
(Державний біотехнологічний університет, м. Харків)  
e-mail: portynnyk@i.ua  
ORCID: 0000-0001-5716-7352

вмістом токсикантів у кормах і органічних відходах, дозволив побудувати відповідні лінійні рівняння регресії, запропонувати найбільш вірогідні з них  $Y = -0.0365 + 0.0054 \times X$  по Cd та  $Y = 2.1195 + 6.8156 \times X$  по Pb для прогнозування переходу політантів в органічні відходи (добрива). Переверені моделі, дадуть максимально точний результат концентрації політантів по Cd за даними експерименту з силосно-коренеплодним типом годівлі тварин, по Pb з силосно-сінажно-концентратним типом. Фахівці можуть використовувати моделі для екологічного моніторингу агроєкосистем, прогнозування ризиків забруднення та екологічно безпечного ведення як традиційного, так і органічно-біологічного землеробства. Подальші дослідження спрямовані на кореляційний та регресійний аналіз за іншими важливими у ветеринарній, зоотехнічній і екологічній практиці показниками екологічної безпеки з оцінкою відповідних ризиків ведення галузі скотарства у лісостеповій зоні України.

**Ключові слова:** кореляція, регресія, корма раціону, органічні добрива, екологічний ризик, велика рогата худоба.

## THE USE OF REGRESSION ANALYSIS IN MODELING THE ECOLOGICAL SITUATION BY PREDICTING THE TRANSITION OF TOXIC HEAVY METALS CADMIUM AND LEAD FROM THE FODDER OF THE RATION OF DAIRY COWS INTO ORGANIC WASTE AND THE ACCUMULATION OF POLLUTANTS IN THE SOIL OF AGRICULTURAL AND LIVESTOCK ENTERPRISES

S. V. Portiannik

Heavy metals have a high environmental hazard for agro-ecosystems. Cadmium and lead move freely in trophic chains. From the fodder of dairy cows, they fall into organic waste, then fertilizers are applied to the soil and accumulate in high concentrations. The behavior of toxic heavy metals Cd and Pb in the components of the biosphere is not predicted, which complicates the conduct of agricultural production, especially organic and biological farming, the production of ecologically safe animal husbandry and crop production. Correlation and regression analysis of statistical data processing allow scientists from various countries of the USA, the European Union, China, etc. to check in research and recommend for practical application in ecological monitoring models for predicting soil load with heavy metals, establish probable sources of input, dynamics of dispersion in the environment, etc. Previous studies focused on the concentrations of contamination by heavy metals Cd, Pb, etc. fodder for dairy cows, milk, organic waste, the correlation itself was investigated, but using the Spearman method. Data analysis was carried out based on the results of a scientific and economic experiment conducted on dairy cows with different types of feeding in the forest-steppe zone of Ukraine. Cows were selected by the method of analogues for live weight and productivity. The diet included feed with an excess of cadmium and lead. The toxicity of pollutants affected their transition from feed to products and organic waste. The purpose of the research is to analyze the correlation relationship and build regression equations between the concentration of heavy metals Cd, Pb in the feed of the ration of dairy cows and their organic waste under different types of feeding, which will allow predicting the transition of pollutants into organic waste (fertilizers), soil pollution, carry out effective environmental monitoring, timely assess environmental risks in livestock enterprises or farms with organic-biological type of agriculture. Using the computer program STATISTICA version 10.0. a correlation analysis was performed using the parametric Pearson correlation coefficient, taking into account the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality and the Shapiro-Wilk's W test. Linear regression equations were used to model the relationship between variable Y (concentration of heavy metals in organic waste) and vector variable X (concentration of heavy metals in feed). The nature of the relationship was checked by constructing scatter diagrams (Scatterplot); analysis of residuals for compliance with the law of normal distribution (Gauss-owl); assessment of the acceptability of the model as a whole according to the level of probability by the ANOVA method; regression quality using the coefficient of determination  $R^2$ . The analysis established high  $r = 0.72 - 0.75$  (Cd) ( $p < 0.05$ ),  $r = 0.68$  (Pb) ( $p < 0.05$ ) and very high  $r = 0.82$  (Cd) ( $p < 0.05$ ),  $r = 0.81$  (Pb) ( $p < 0.05$ ) correlation dependence between the content of toxicants in feed and organic waste, made it possible to construct appropriate linear regression equations, to propose the most probable of them  $Y = -0.0365 + 0.0054 \times X$  for Cd and  $Y = 2.1195 + 6.8156 \times X$  for Pb for predicting the transition pollutants in organic waste (fertilizers). The tested models will give the most accurate result of the pollutant concentration for Cd according to the data of the experiment with the silage-root type of animal feeding, for Pb with the silage-hay-concentrate type. Specialists can use the models for ecological monitoring of agro-ecosystems, forecasting of pollution risks and ecologically safe management of both traditional and organic-biological agriculture. Further research is aimed at correlational and regression analysis of other important indicators of environmental safety in veterinary, zootechnical and ecological practice, with an assessment of the relevant risks of cattle breeding in the forest-steppe zone of Ukraine.

**Key words:** correlation, regression, forage, organic fertilizers, ecological risk, cattle.

## Вступ

Техногенний вплив на довкілля підприємств розвинених урбанізованих промислових центрів, вихлопні гази автотранспорту, агрохімікати, органічні відходи, що утворюються в газузі тваринництва інші небезпечні фактори сучасної цивілізації, на жаль, негативно відбивають на стані екологічних систем, особливо ґрунтів, де вирощуються рослини, які йдуть на корм сільськогосподарським тваринам в т.ч. дійним коровам або застосовуються як їжа для харчування людини. Досить гострою є проблема забруднення агроєкосистем важкими металами в різних країнах світу, особливо в Китаї (Yazhu et al., 2020). Серед найбільш небезпечних важких металів кадмій, свинець, ртуть, миш'як. Дані полютанти всюдисущі, вплив їх на довкілля часто не прогнозований. Забруднення ґрунту важкими металами має потенційний екологічний ризик, а забруднення врожаю важкими металами, робить неможливим ведення органічно-біологічного землеробства, може спричинити ризик для здоров'я людини (Mingtao et al., 2021). Виробництво екологічно безпечного молока навколо розвинених промислових центрів теж має потенційний екологічний ризик.

Науковцями (Kuramshina et al., 2014) досліджено процес міграції важких металів із ґрунту у рослини (корми) і організм тварин в зоні впливу нафтових, рудних родовищ з метою біологічної індикації стану екосистеми та оцінки екологічної безпеки виробництва продукції тваринництва в різних сільськогосподарських районах. Авторами була ретельно досліджена центральна частина республіки з домінуючим сільськогосподарським комплексом як фоновою територією. Визначалися концентрації елементів в ґрунті, кормах, встановлено коефіцієнти переходу важких металів з кормів в організм тварин, оцінено вплив антропогенних факторів на забруднення навколишнього середовища важкими металами. Висновки зроблені вченими в даній ситуації не складні, але надзвичайно важливі з практичної точки зору – чим більше елементів надходило у довкілля, забруднюючи агроєкосистему, рослини (корми), тим більше їх споживалося тваринами.

Вчені з Бангладеш (Sazal et al., 2021) детально досліджували забруднення ґрунту і виявили 54 небезпечних токсиканти. Було відібрано 40 проб ґрунту навколо п'яти печей з виробництва цегли. В обробці результатів

дослідження використовувалася багатофакторна статистика. Дослідники стверджують, що крім спалювання вугілля в печах, забруднення ґрунту здійснює ведення сільського господарства (рис. 1). Зміни концентрацій важких металів були нелінійними залежно від відстані між печами та точками відбору проб.

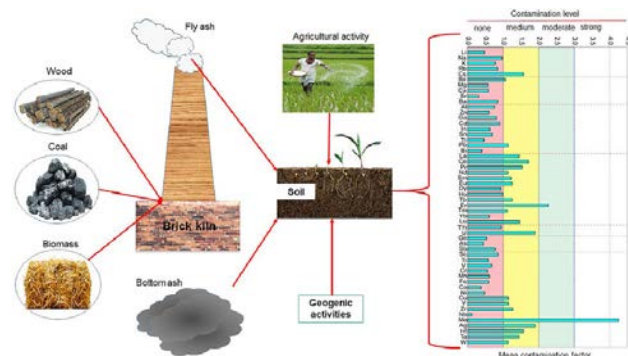


Рис. 1. Загальна схема досліджень забруднення ґрунтів важкими металами (Sazal et al., 2021)

Екологічний моніторинг забруднення довкілля важкими металами досить складний процес. Вітчизняні (Kozulya et al., 2004) і закордонні вчені (Ashraf Abdul Abedin Asha et al., 2023) для вирішення відповідних задач екологічного моніторингу ставлять перед собою завдання розробити перевірені в наукових дослідженнях математичні моделі з прогнозування забруднення екосистем важкими металами. Дослідники використовують під час статистичного аналізу отриманих результатів досліджень дво- і багатофакторний кореляційний аналіз між важкими металами в різних компонентах біосфери з побудовою відповідних рівнянь регресії для прогнозування рівня забруднення за допомогою перевірених моделей.

Екологічний моніторинг фіксує великі техногенні навантаження полютантів на агроєкосистеми багатьох господарств, де утримується поголів'я великої рогатої худоби в т.ч. дійних корів. В період війни та у післявоєнний період ситуація не покращиться, а навпаки значно погіршиться і буде ще більш складною. Проведення експериментів з дослідження міграції токсичних металів у трофічному ланцюзі і отримання відповідного масиву цифрових даних цілого ряду показників зроблених лабораторних аналізів не завжди може вказати на високу закономірність певних змін. Вчені (Mingtao et al., 2021) досліджували кореляційний

зв'язок вмісту важких металів у ґрунті і рослинах, які вирощуються для оцінки ризику забруднення сільськогосподарських культур та прогнозування небезпеки шкідливого впливу токсичних металів, особливо ртуті, кадмію, на організм людини. Науковці здебільшого звертали увагу на забруднення ґрунту і рослин важкими металами та не звертали уваги на зв'язок між ними. Результати показали, що досліджувані токсичні метали у ґрунті мали найбільший вплив на рівень цинку в рослинах, а Pb, Cr – мали синергічний вплив на поглинання Zn рослинами. Експерименти доводять важливість кореляційного аналізу для контролю ризику забруднення, котрий до цього не враховувався. Прикладів застосування кореляційного і регресійного аналізу можна навести багато як у сільському господарстві, так і в інших галузях пов'язаних з забрудненням довкілля в різних країнах світу, але вивчення кореляційного зв'язку між вмістом токсичних металів в кормах раціону дійних корів та органічних відходах тваринництва з побудовою відповідних рівнянь регресії зроблено нами вперше і є актуальним дослідженням.

Хімічний аналіз кормів раціону дійних корів в агропідприємствах здійснюється фахівцями майже регулярно в т.ч. на вміст токсичних важких металів на відміну від аналізу органічних відходів. Дослідження кореляції між вмістом токсичних металів в кормах та органічних відходах тварин є зручним і досить надійним індикатором прогнозу екологічної безпеки ґрунтів (оцінки ризику) в господарстві, застосування перевірених рівнянь регресії доповнює інструментарій екологічного моніторингу агроєкосистем.

Метою досліджень є побудова математичних моделей для прогнозування екологічної ситуації за допомогою перевірених рівнянь лінійної регресії з урахуванням сили кореляційної залежності між концентрацією токсичних важких металів кадмію, свинцю в кормах раціону корів і їх органічних відходах, оцінкою ризику забруднення ґрунту небезпечними поліутантами в зоні діяльності агропідприємств з виробництва молока.

#### **Матеріал і методи**

Науково-господарський дослід на дійних коровах української чорно- та червоно-рябої молочних порід з виробництва екологічно безпечного молока проведено в господарствах розташованих навколо промислового міста лісостепової зони України. Для експе-

рименту відібрали 126 голів корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі, 63 з силосно-сінажним, 36 – силосно-коренеплодним та 195 з силосно-сінним типом годівлі відповідно. Тваринам усіх груп згодовували корми з вмістом важких металів Cd та Pb вище встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Середня жива маса корів – 500-545 кг. Порівняльний період становив 42 дні. Корови відібрані методом аналогів за живою масою, продуктивністю знаходилися в однакових умовах годівлі та утримання. Дослід тривав 120 днів. Біохімічний аналіз зразків рослинного та тваринного походження на вміст макро-, мікроелементів, токсичних важких металів і ін. проведено методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (спектрофотометр ААС-30). Метод екологічного моніторингу екосистем застосовується постійно починаючи з 2000 року по сьогодні у відповідності до етапів виконання НДДКР Державний реєстраційний номер: 0121U113933 від 18.11.2021 року.

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують з експериментальною та науковою метою (European ..., 1986).

Аналіз даних проводився з урахуванням особливостей отриманих у дослідженні результатів: розміру вибірки та типу розподілу даних, характеру дисперсій. Кореляційну залежність вважали статистично вірогідною за  $p < 0.05$ . Кореляційний аналіз здійснювався за параметричним коефіцієнтом кореляції Пірсона з урахуванням тестів Колмогорова-Смірнова та Лілієфорса (Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality) і тесту Шапіро – Уїлка (Shapiro-Wilk's W test). Для методу моделювання залежності між змінною Y (концентрація важких металів в органічних відходах) та векторною змінною X (концентрація важких металів в кормах раціону) застосовували побудову рівнянь лінійної регресії. Характер зв'язку між показниками перевіряли за допомогою побудови діаграм розсіювання (Scatterplot). Аналіз залишків перевіряли на відповідність закону нормального розподілу (Гауссова). Оцінку прийнятності моделі уцілому за її рівнем вірогідності оцінювали методом ANOVA. Якість розрахованої регресії перевіряли за допомогою коефіцієнту детермінації  $R^2$ . Вважали якщо  $R^2$  менше 0.3 (менше 30% дуже низький рівень) модель скоріше за все вірогідно

працювати nebude. Розрахунок проводився в пакеті програм STATISTICA версії 10.0 для операційної системи Windows 7.

### Результати

Підвищена концентрація токсичних важких металів кадмію та свинцю в кормах раціону дійних корів спричинила перехід їх не лише в продукцію (молоко), але і органічні відходи тварин. Регресійний аналіз, одночасно з кореляційним, є одним з найбільш розповсюджених методів обробки отриманих експериментальних даних при вивченні закономірностей як серед вітчизняних, так і закордонних вчених. Суть даного аналізу полягає у визначенні того, яким чином зміна однієї величини (залежного фактора) обумовлюється впливом однієї чи декількох незалежних величин (незалежних факторів). Регресійний аналіз належить до групи параметричних методів статистичного аналізу, відповідно його застосування потребує виконання ряду обов'язкових умов: 1. лінійний характер залежності; 2. «нормальний» розподіл даних. Умовою, котра визначає можливість застосування параметричних чи непараметричних методів аналізу, є встановлення відповідності досліджуваних даних закону нормального (Гауссова) розподілу, графічне відображення котрого має вигляд властивий цзвіноподібній кривій. У випадку коли досліджувані дані підпорядковуються закону нормального розподілу (Гауссова) застосовують параметричні методи кореляційного та регресійного аналізу, а коли досліджувані дані не підпорядковуються закону нормального розподілу непараметричні методи. Застосування параметричних методів аналізу для даних, що не підпорядковуються закону нормального розподілу (Гауссова), приводить до висновків, котрі не відповідають дійсності. Щоб уникнути помилок аналіз будь-яких отриманих даних результатів лабораторного аналізу повинен розпочинатися з перевірки «нормальності» розподілу.

Перший етап. Встановлення відповідності отриманих результатів досліджень закону нормального (Гауссова) розподілу. Оскільки тест  $\chi^2$ -квадрат досить часто призводить до помилкового висновку про «нормальність» розподілу, що відбулося і в нашому випадку, потужність його відносно невисока, ми застосували більш потужні і надійні тести Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality та Shapiro-Wilk's W test. Дані тести перевіряють гіпотезу про відсутність відмінностей між спостережуваним і теоре-

тично очікуваним, «нормальним» розподілом. Найбільшою потужністю, особливо за невеликих вибірок ( $n < 50$ ), як в нашому випадку, володіє Shapiro-Wilk's W test. На рисунку 2-3 наведено результати обох тестів по концентрації кадмію та свинцю в кормах для корів і їх органічних відходах за різних типів годівлі тварин.

Результати обох тестів автоматично розташовуються в заголовку графіка (гістограма) (рис. 2-3). Вірогідність за тестом Shapiro-Wilk's W test по концентрації кадмію в кормах становить  $p=0.163$ ,  $p=0.215$ ,  $p=0.564$ ,  $p=0.161$ , а по вмісту поліюганта в органічних відходах  $p=0.846$ ,  $p=0.484$ ,  $p=0.996$ ,  $p=0.294$  відповідно, що значно більше, ніж 0.05 ( $p > 0.05$ ). Тест Kolmogorov-Smirnov в усіх випадках був так само більшим за 0.05 і становив  $p > 0.20$ . Lilliefors test for normality теж був вищим за 0.05, як і тест Kolmogorov-Smirnov  $p > 0.20$ , лише у корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі вірогідність становила  $p < 0.15$ . За концентрацією свинцю в кормах вірогідність за тестом Shapiro-Wilk's W test становить  $p=0.103$ ,  $p=0.654$ ,  $p=0.782$ ,  $p=0.871$ , а по вмісту поліюганта в органічних відходах  $p=0.940$ ,  $p=0.062$ ,  $p=0.844$ ,  $p=0.577$ , що також значно більше, ніж 0.05 ( $p > 0.05$ ). Тест Kolmogorov-Smirnov теж, як і по концентрації кадмію, в усіх випадках був більшим за 0.05 і становив  $p > 0.20$ . Lilliefors test for normality був вищим за 0.05, як і тест Kolmogorov-Smirnov  $p > 0.20$ , лише у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі вірогідність становила  $p < 0.20$  (рис. 2-3).

Виходячи зі зробленого аналізу, за всіма проведеними тестами помилка значно більша ніж 0.05 ( $p > 0.05$ ), гіпотеза правильна, розподіл даних, що складає відповідні вибірки статистично не відрізняється від нормального. Такий розподіл можна вважати нормальним, таким, що відповідає (підпорядковується) закону «нормального» розподілу (Гауссова). Тому далі для точності кореляційного і регресійного аналізу ми вибираємо параметричні методи. Кореляційний аналіз проводимо методом Пірсона, а не Спірмена, а регресійний аналіз здійснюємо без лагорифмічної трансформації даних.

Другий етап. Кореляційний аналіз. В меню Statistics / Basic Statistics/Tables / Correlation Matrices, програми STATISTICA версії 10.0, у Twolists (rect. matrix) вибираємо стовбці, що містять необхідні дані і натискаємо піктограму Summary:

Correlation matrix. З'явиться таблиця з результатами аналізу. На рисунку 4-5 наведено розраховані коефіцієнти кореляції Пірсона між вмістом токсичних елементів (Cd і Pb) в кормах раціону дійних корів та їх органічних відходах за різних типів годівлі.

Коефіцієнт кореляції між вмістом важких металів кадмію та свинцю в кормах

раціону і органічних відходах дійних корів в усіх проаналізованих випадках був позитивним, переважно високим, а в окремих випадках навіть дуже високим від  $r=0.69$  до  $r=0.82$ , що вказує на прямий високий ступінь взаємозв'язку. Найменшим на рівні  $r=0.53$  (середня кореляція) був встановлений кореляційний зв'язок між показниками

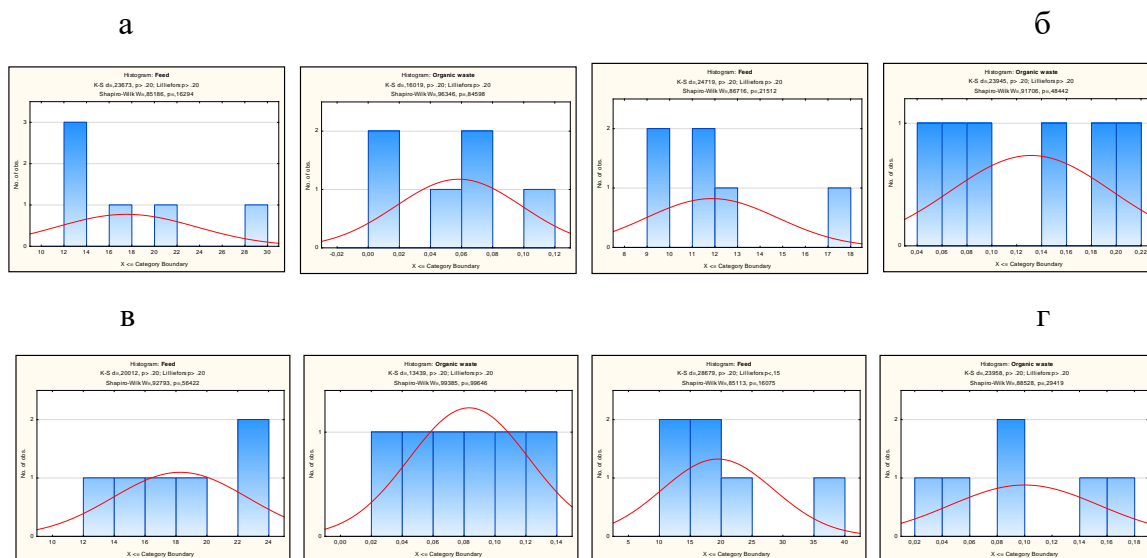


Рис. 2. Аналіз розподілу досліджуваних показників вміст Cd в кормах раціону корів (мг/кг) за тестами Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality та Shapiro-Wilk's W test типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

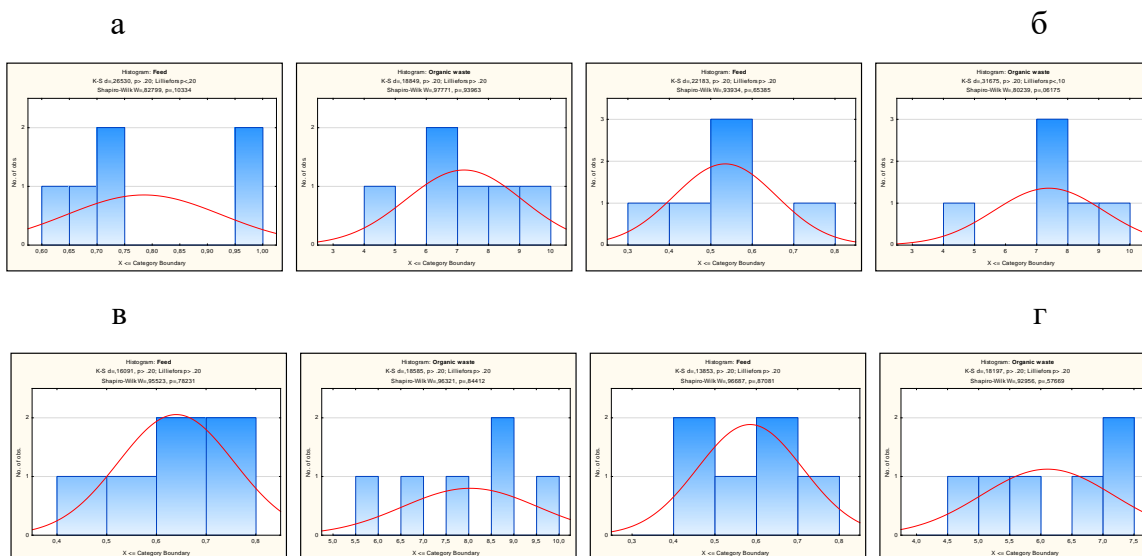


Рис. 3. Аналіз розподілу досліджуваних показників вміст Pb в кормах раціону корів (мг/кг) за тестами Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality та Shapiro-Wilk's W test типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

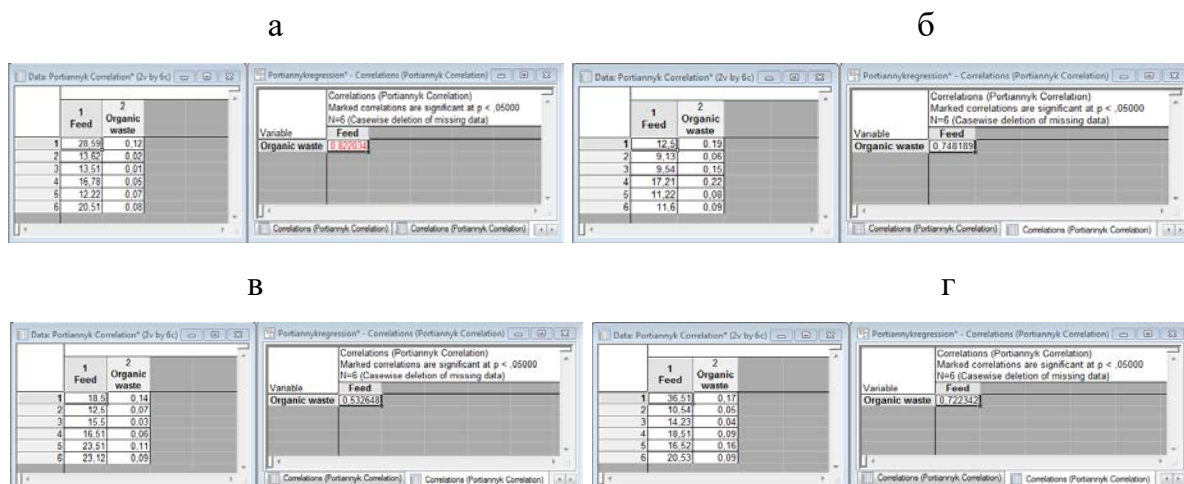


Рис. 4. Записані у вікно програми показники вмісту Cd мг/кг в кормах раціону та органічних відходах корів n=6 і коефіцієнт кореляції Пірсона між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

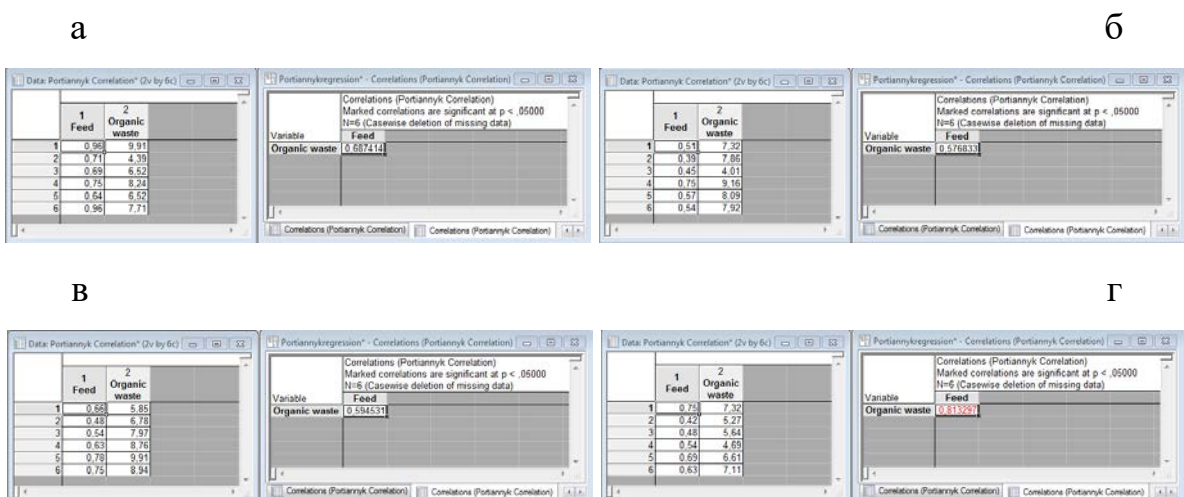


Рис. 5. Записані у вікно програми показники вмісту Pb мг/кг в кормах раціону та органічних відходах корів n=6 і коефіцієнт кореляції Пірсона між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

у корів з силосно-сінажним типом годівлі по концентрації кадмію. На рівні середнього  $r=0.58$  кореляційний зв'язок встановлений також за вмістом свинцю у тварин з силосно-сінним типом годівлі та  $r=0.60$  у корів з силосно-сінажним типом годівлі ( $p<0.05$ ). Найвищим коефіцієнт кореляції встановлено за вмістом кадмію у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі  $r=0.83$  (дуже висока кореляція) ( $p<0.05$ ) та

за вмістом свинцю у корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі  $r=0.81$  (дуже висока кореляція) ( $p<0.05$ ). Дуже високий кореляційний зв'язок програма виділяє червоним кольором (див. рис. 4-5). Програма одночасно встановлює і статистичну вірогідність, котра в усіх досліджених випадках становила  $p<0.05$ . Тобто вірогідність отриманих результатів є достатньо високою.



За вмістом Cd найслабшим кореляційний зв'язок встановлений у тварин з силосно-сінажним типом годівлі  $r=0.53$  (середня кореляція) ( $p<0.05$ ), більш сильним він був у корів з силосно-сінажно-концентратним  $r=0.73$  (висока кореляція) ( $p<0.05$ ) та силосно-сінним  $r=0.75$  (висока кореляція) ( $p<0.05$ ), дуже високою кореляційна залежність була у тварин з силосно-коренеплодним типом годівлі  $r=0.83$  ( $p<0.05$ ) (рис. 4-5). За вмістом Pb найслабший кореляційний зв'язок встановлений у тварин з силосно-сінним типом годівлі  $r=0.58$  (середня кореляція) ( $p<0.05$ ), більш сильним він був у корів з силосно-сінажним типом  $r=0.60$  (середня кореляція) ( $p<0.05$ ) та силосно-коренеплодним типом годівлі  $r=0.69$  (висока кореляція) ( $p<0.05$ ), дуже високою кореляційна залежність була у тварин з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі  $r=0.81$  ( $p<0.05$ ) (див. рис. 4-5).

Корми, що входили до складу різних раціонів мали підвищений рівень концентрації даних небезпечних елементів поллютантів: у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі перевищення гранично допустимої концентрації Cd становило у сінні злаково-бобовому у 5.7 раза, соломі пшеничній та силосі кукурудзяному у 2.7 раза, сінажі люцерновому 3.4, буряку кормовому 2.4 та дерті кукурудзяній у 4.1 раза відповідно і по Pb у 3.2, 2.4, 2.3, 2.5, 2.1, 3.2 раза відповідно; у корів з силосно-сінним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило в соломі пшеничній у 2.5 раза, силосі кукурудзяному 1.8, сінажі люцерновому 1.9, буряку кормовому 3.4, сінні люцерновому 2.2 та дерті ячмінній у 2.3 раза відповідно і по Pb у 1.7, 1.3, 1.5, 2.5, 1.9, 1.8 раза відповідно; у корів з силосно-сінажним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило в сінні злаково-бобовому у 3.7 раза, силосі кукурудзяному 2.5, сінажі люцерновому 3.1, сінні люцерновому 3.3, дерті гороховій 4.7 та дерті вівсяній у 4.6 раза відповідно і по Pb у 2.2, 1.6, 1.8, 2.1, 2.6, 2.5 раза відповідно; у корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило у сінні злаково-бобовому у 7.3 раза, силосі кукурудзяному 2.1, сінажі люцерновому 2.8, дерті кукурудзяній 3.7, сінні люцерновому 3.3 та дерті гороховій у 4.1 раза відповідно і по Pb у 2.5, 1.4, 1.6, 1.8, 2.3, 2.1 раза відповідно.

Таким чином, застосування параметричного методу аналізу у вигляді коефіцієнту кореляції Пірсона, за допомогою програми STATISTICA версії 10.0, дозволило розрахувати і тим самим достовірно ( $p<0.05$ ) у всіх

випадках встановити середню, високу і дуже високу силу кореляційного зв'язку між важливими для експерименту показниками – вмістом токсичних металів Cd і Pb у кормах раціону дійних корів та їх органічних відходах за різних типів годівлі, що сприяє проведенню регресійного аналізу.

Третій етап. Регресійний аналіз. Перш, ніж безпосередньо провести регресійний аналіз, необхідно перевірити характер зв'язку між двома змінними з концентрації кадмію та свинцю. Для цього необхідно побудувати діаграми розсіювання. У вкладці Graphs вибираємо розділ Scatterplots у Variables встановлюємо відповідний незалежний фактор X (корм) і залежний фактор Y (органічні відходи) та отримуємо графік (рис. 6-7).

Розташування точок на діаграмі має відповідне розсіювання по полотну, немає скупчень чи зміщень в якомусь одному напрямку тощо. Більше того в заголовку діаграми ми маємо вже побудоване рівняння регресії (див. рис. 6-7).

Важливе значення в регресії має аналіз залишків. Тому спочатку побудуємо гістограму залишків і перевіримо на відповідність закону нормального розподілу (рис. 8-9).

Залишки розсіяні більш менш семантично (див. рис. 8-9). Гіпотеза нормальності не відхиляється. Також дивимось нормально-вірогіднісний графік залишків. Систематичних відхилень фактичних даних від теоретичної нормальної прямої не спостерігається. Значить залишки розподілені нормально. Перевіряємо наявність або відсутність залежності залишків від прогнозованих значень. Якогось певного системного напрямку руху точок не спостерігається. В іншому випадку нам довелося констатувати відповідну залежність. Точки не мають системності у своєму розташуванні. Розташовуються хаотично на полотні діаграми, що доводить незалежність залишків від прогнозованих значень (див. рис. 8-9). Всі умови виконані, аналіз залишків показав, що модель у нас за даним параметром досить добра.

Наступний крок оцінка прийнятності моделі у цілому. Для цього ми дивимось параметр ANOVA і рівень вірогідності (рис. 10-11).

Рівень вірогідності за концентрацією кадмію становить  $p=0.04$ ,  $p=0.09$ ,  $p=0.28$ ,  $p=0.10$ , а свинцю  $p=0.13$ ,  $p=0.23$ ,  $p=0.21$ ,  $p=0.05$  відповідно (рис. 10-11). Найбільш

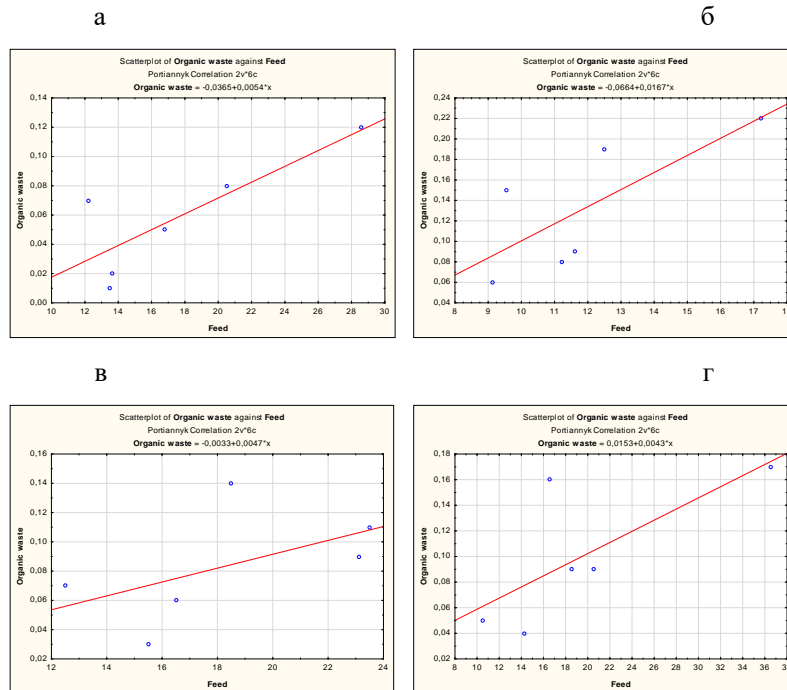


Рис. 6. Діаграма розсіювання для даних вміст Cd (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах з відповідним рівнянням регресії типу годівлі:  
 а – силосно-коренеплодний  $y = -0.0365 + 0.0054 \times x$ ; б – силосно-сінний  $y = -0.0664 + 0.0167 \times x$ ; в – силосно-сінажний  $y = -0.0033 + 0.0047 \times x$ ; г – силосно-сінажно-концентратний  $y = 0.0153 + 0.0043 \times x$

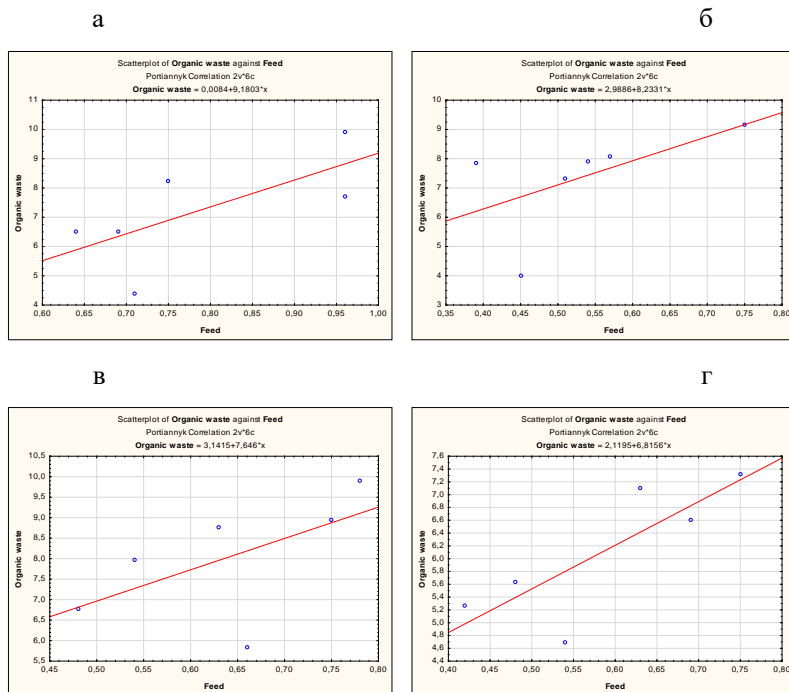


Рис. 7. Діаграма розсіювання для даних вміст Pb (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах з відповідним рівнянням регресії типу годівлі:  
 а – силосно-коренеплодний  $y = 0.0084 + 9.1803 \times x$ ; б – силосно-сінний  $y = 2.9886 + 8.2331 \times x$ ; в – силосно-сінажний  $y = 3.1415 + 7.646 \times x$ ; г – силосно-сінажно-концентратний  $y = 2.1195 + 6.8156 \times x$

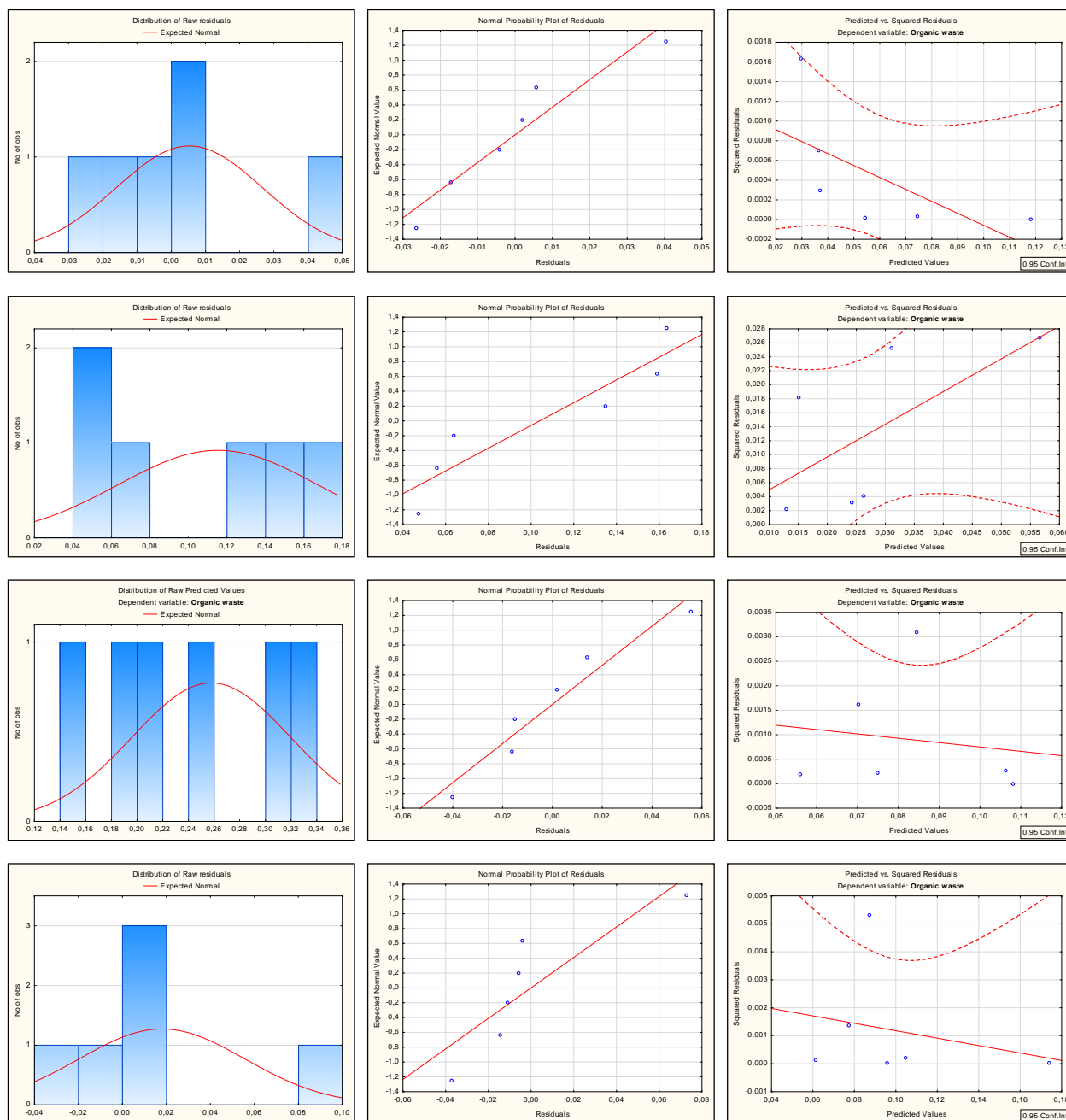


Рис. 8. Аналіз залишків за концентрацією Cd (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах типу годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

прийнятною буде модель за концентрацією кадмію у тварин з силосно-коренеплодним типом годівлі  $p < 0.05$ , а за вмістом свинцю модель у тварин з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі  $p < 0.05$  відповідно. Дані моделі працюватимуть значно краще ніж прогноз за середніми значеннями. Всі інші моделі не мають рівня вірогідності  $p < 0.05$  тому точність прогнозу може бути гіршою.

Після аналізу ANOVA робимо аналіз детермінації  $R^2$  (рис. 12-13).  $R^2$  змінюється від 0 до 1 і вказує яка кількість факторів з тих, котрі впливають на відгук, врахована в моделі.  $R^2$  по концентрації Cd становить 0.68 (68%) (силосно-коренеплодний тип годівлі); 0.56 (56%) (силосно-сінний); 0.28 (28%) (дуже низький) (силосно-сінажний); 0.52 (52%) (силосно-сінажно-концентратний). Якщо  $R^2$  менше 0.3 (менше 30% дуже

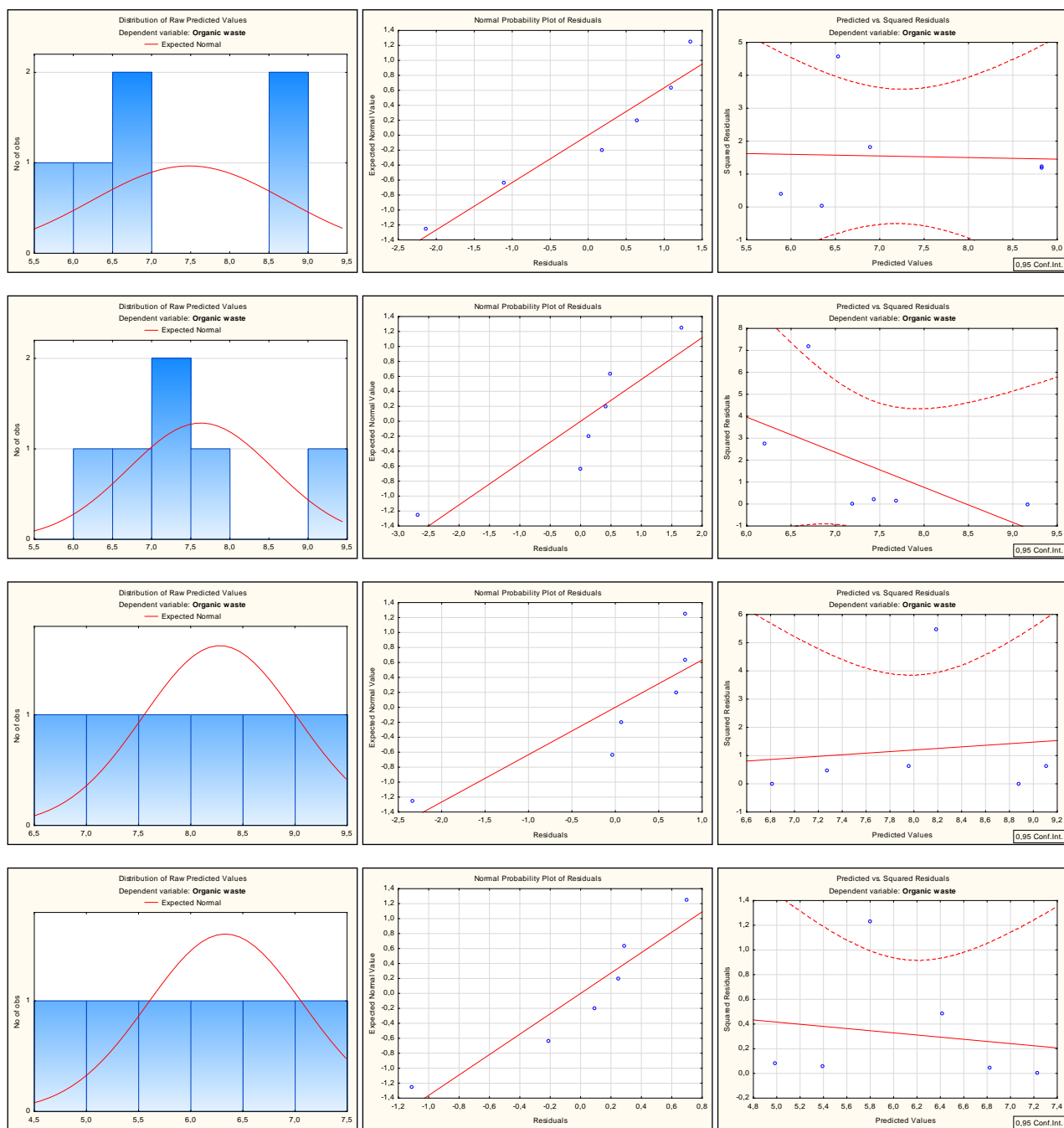


Рис. 9. Аналіз залишків за концентрацією Pb (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах типу годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

низький рівень) вказуватиме, що модель скоріше за все вірогідно працювати nebude. В нашому випадку є одна така модель у тварин з силосно-сінажним типом годівлі 0.28 (28%). Кількість факторів, що буде врахована при побудові моделі дуже низка і становить лише 28%, тому вірогідність прогнозу за таким рівнянням регресії теж буде низькою.  $R^2$  по концентрації Pb ста-

новить 0.47 (47%) (силосно-коренеплодний тип годівлі); 0.33 (33%) (силосно-сінний); 0.35 (35%) (силосно-сінажний); 0.66 (66%) (силосно-сінажно-концентратний). За вмістом свинцю  $R^2$  менше 0.3 (менше 30% дуже низький рівень) не виявлено. Кількість факторів, що врахована при побудові моделі висока. Значить всі моделі будуть працювати з достатньою вірогідністю. Всі рівні

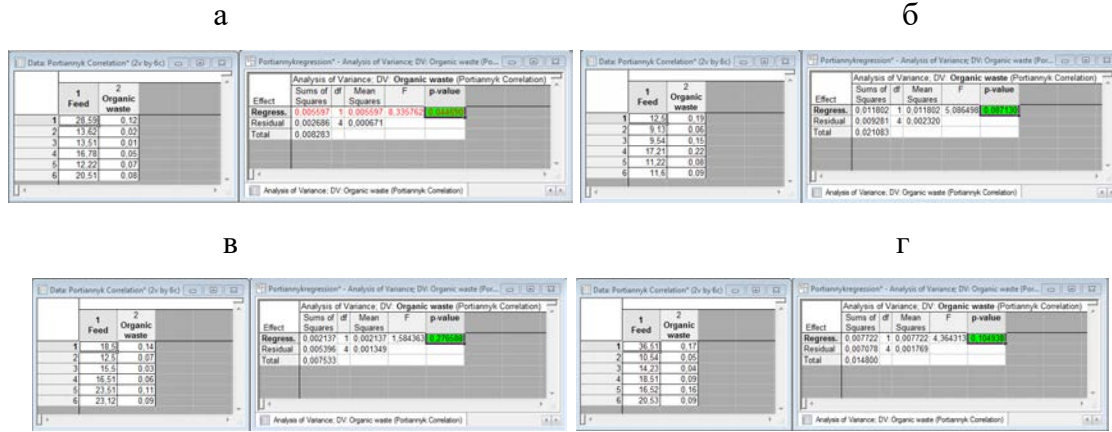


Рис. 10. Оцінка прийнятності моделі уцілому за концентрацією Cd (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах (ANOVA) типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

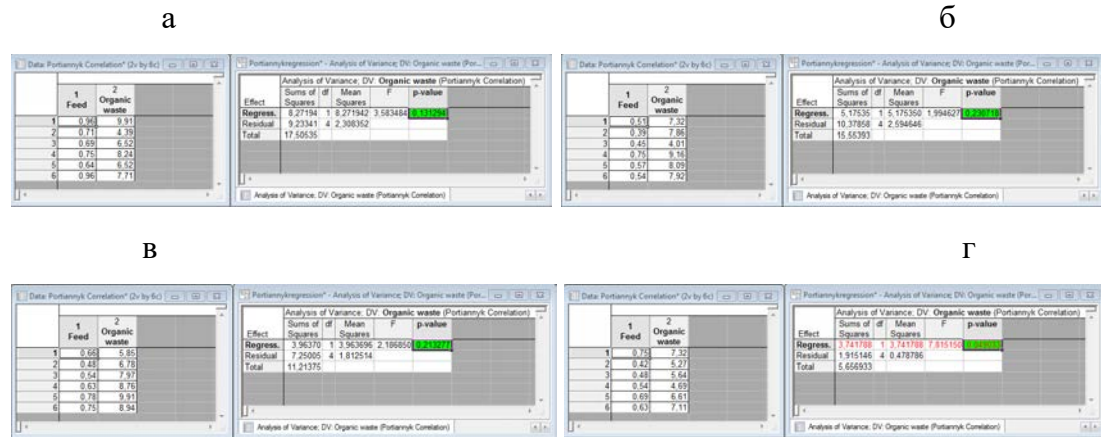


Рис. 11. Оцінка прийнятності моделі уцілому за концентрацією Pb (мг/кг) у кормах раціону корів та їх органічних відходах (ANOVA) типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

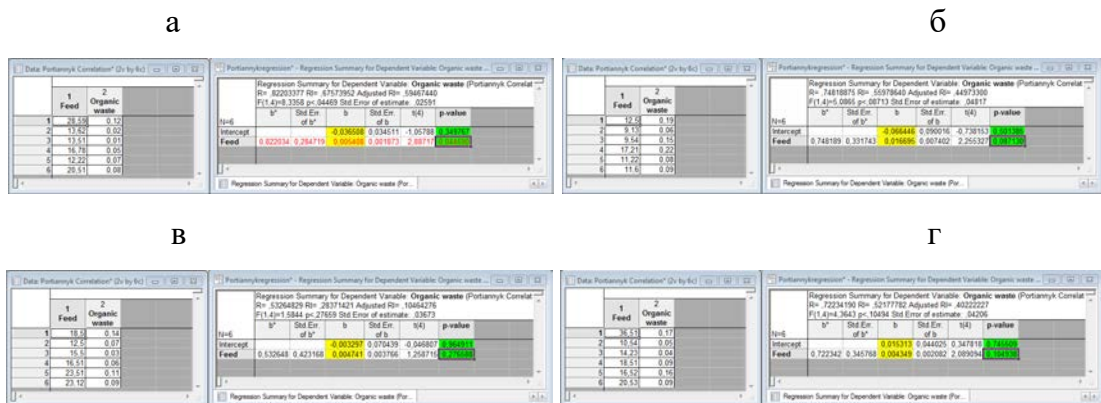


Рис. 12. Записані у вікно програми показники вмісту Cd в кормах раціону та органічних відходах корів n=6 та результат – регресійний аналіз між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

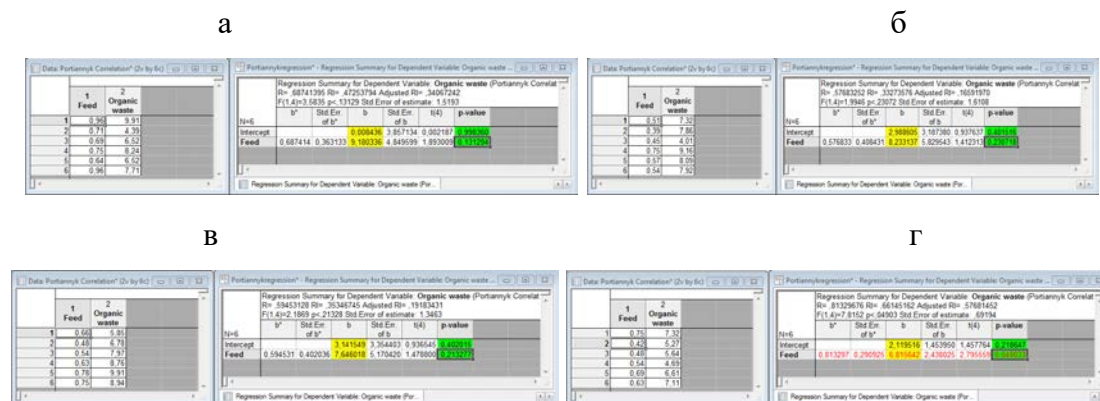


Рис. 13. Записані у вікно програми показники вмісту Pb в кормах раціону та органічних відходах корів n=6 та результат – регресійний аналіз між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний

вірогідності, котрі становлять  $p < 0.05$  є прийнятними для побудови моделі. В нашому випадку за концентрацією Cd  $p < 0.045$  (прийнятний) (силосно-коренеплодний тип годівлі);  $p < 0.087$  (неприйнятний) (силосно-сінний тип годівлі);  $p < 0.277$  (неприйнятний) (силосно-сінажний тип годівлі);  $p < 0.105$  (неприйнятний) (силосно-сінажно-концентратний тип годівлі), а по Pb  $p < 0.131$  (неприйнятний);  $p < 0.231$  (неприйнятний);  $p < 0.213$  (неприйнятний);  $p < 0.049$  (прийнятний) (силосно-сінажно-концентратний тип годівлі) відповідно.

Нами зроблені відповідні перевірки вірогідності отриманих результатів від застосування побудованих рівнянь регресії на практиці. Залишається лише перевірити побудову прогнозів навівши ряд прикладів по кожному з досліджуваних оксидних важких металів.

По кадмію. Лабораторний аналіз кормів раціону дійних корів встановив концентрацію кадмію в кормах на рівні 30.35 мг/кг, а концентрація в органічних відходах є невідомою. Годівля тварин відбувається за силосно-коренеплодним типом годівлі. Підставляємо даний показник у програму або відповідне рівняння регресії  $y = -0.0365 + 0.0054x$  і отримуємо результат  $0.12739 = -0.0365 + 0.0054 \times 30.35$  (рис. 14). Прогнозована концентрація Cd в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 0.127 мг/кг. Даний результат узгоджується з фактичними результатами лабораторного аналізу органічних відходів наведених у вихідних табличних даних (рис. 14). Так само перевіряємо

всі інші моделі прогнозу в т.ч. по Pb (рис. 15). Перевіряємо прогноз концентрації важких металів в органічних відходах корів з силосно-сінним типом годівлі. Концентрація полюганта в кормах становить 23.45 мг/кг.  $0.325215 = -0.0664 + 0.0167 \times 23.45$  (див. рис. 14). Прогнозована концентрація Cd в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 0.325 мг/кг. Даний результат узгоджується з фактичними результатами лабораторного аналізу органічних відходів наведених у вихідних табличних даних (див. рис. 14). Далі перевіряємо прогноз концентрації Cd в органічних відходах корів з силосно-сінажним типом годівлі. Концентрація полюганта в кормах становить 33.27 мг/кг.  $0.153069 = -0.0033 + 0.0047 \times 33.27$  (див. рис. 14). Прогнозована концентрація Cd в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 0.154 мг/кг. Даний результат узгоджується з фактичними результатами лабораторного аналізу органічних відходів наведених у вихідних табличних даних (див. рис. 14). Перевіряємо прогноз концентрації Cd в органічних відходах корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі. Концентрація полюганта в кормах становить 43.51 мг/кг.  $0.202393 = 0.0153 + 0.0043 \times 43.51$  (див. рис. 14). Прогнозована концентрація Cd в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 0.205 мг/кг. Даний результат узгоджується з фактичними результатами лабораторного аналізу органічних відходів наведених у вихідних табличних даних (див. рис. 14).

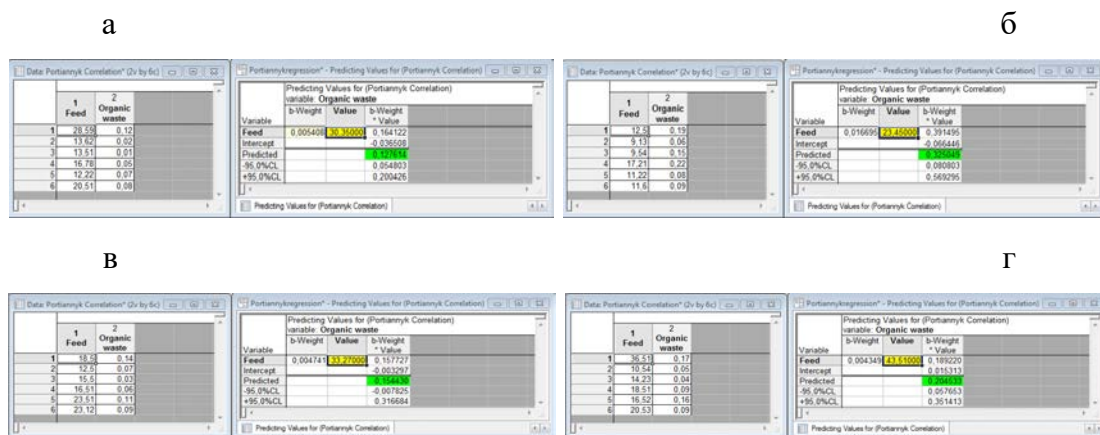


Рис. 14. Прогнозування концентрації Cd мг/кг в органічних відходах дійних корів за встановленої лабораторним аналізом концентрації поліютанта в кормах

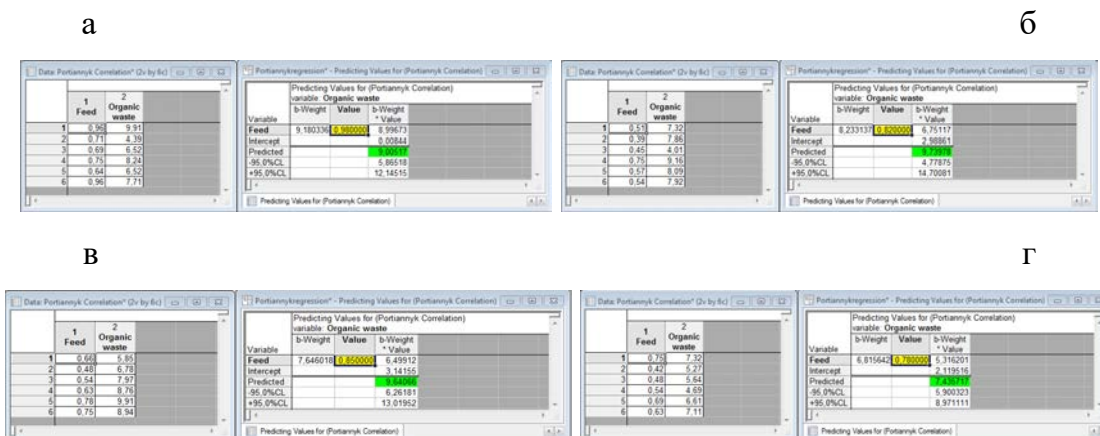


Рис. 15. Прогнозування концентрації Pb мг/кг в органічних відходах дійних корів за встановленої лабораторним аналізом концентрації поліютанта в кормах

По свинцю. Лабораторний аналіз кормів раціону дійних корів встановив концентрацію свинцю в кормах на рівні 0.98 мг/кг, а концентрація в органічних відходах є невідомою. Годівля тварин відбувається за силосно-коренеплодним типом годівлі. Підставляємо даний показник у програму або відповідне рівняння регресії  $y = 0.0084 + 9.1803 \times x$  і отримуємо результат  $9.005094 = 0.0084 + 9.1803 \times 0.98$  (див. рис. 15). Прогнозована концентрація Pb в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 9.01 мг/кг (результат узгоджується) (див. рис. 15). Перевіряємо прогноз концентрації Pb в органічних відходах корів з силосно-січним типом годівлі. Концентрація поліютанта в кормах становить 0.82 мг/кг.  $9.739742 = 2.9886 + 8.2331 \times 0.82$  (див. рис. 15). Прогнозована концентрація Pb в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт

як органічні добрива, становить 9.740 мг/кг (результат узгоджується) (див. рис. 15). Далі перевіряємо прогноз концентрації Pb в органічних відходах корів з силосно-сінажним типом годівлі. Концентрація поліютанта в кормах становить 0.85 мг/кг.  $9.41122 = 3.1415 + 7.646 \times 0.82$  (див. рис. 14). Прогнозована концентрація Pb в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 9.641 мг/кг (результат узгоджується) (див. рис. 15). Перевіряємо прогноз концентрації Pb в органічних відходах корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі. Концентрація поліютанта в кормах становить 0.78 мг/кг.  $7.435668 = 2.1195 + 6.8156 \times 0.78$  (див. рис. 15). Прогнозована концентрація Pb в органічних відходах, котрі будуть вноситися в ґрунт як органічні добрива, становить 7.436 мг/кг результат узгоджується з фактичними результатами лаборатор-

ного аналізу органічних відходів наведених у вихідних табличних даних (див. рис. 15).

### Обговорення

Вченими давно і досить широко застосовуються методи кореляційного та регресійного аналізу отриманих результатів досліджень. При цьому використовуються різні комп'юторні програми та алгоритми аналізу. Важливе значення має не лише аналіз сили кореляційного зв'язку між показниками, а і правильний вибір самих показників. Вчені (Lili et al., 2015) використовували кореляційний аналіз для виявлення співвідношення між важкими металами в морських осадах Гонконгу. При цьому застосовували на першому етапі – рангову кореляцію Спірмена, а потім Пірсона. Затока і гавань (Victoria) були забруднені важкими металами Pb і Cu, що корелювало з забрудненням Cr, Ni та Zn. (Lili et al., 2015) вважають, що ними вперше застосовано подібний аналіз для дослідження забруднення навколишнього середовища, крім того, що такі методи вже широкого застосовувалися в біології, соціології та інформатиці. Важливим є те, що досліджений кореляційний і регресійний аналіз можна застосовувати не лише для морських відкладень, а й у інших екологічних системах, що було зроблено нами. Спочатку ми перевірили кореляційний зв'язок між вмістом токсичних важких металів кадмію та свинцю в кормах і органічних відходах корів за допомогою методу Спірмена (Correlations Spearman), оскільки даний метод рекомендується застосовувати для вибірок ( $n < 50$ ), що в попередніх роботах нами вже розглядалося. Кореляційний аналіз методом Пірсона показав дуже високу кореляційну залежність між досліджуваними показниками по кадмію у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі  $r = 0.822$  ( $p < 0.05$ ), по свинцю силосно-сінажно-концентратним типом  $r = 0.813$  ( $p < 0.05$ ). Високу кореляційну залежність встановлено по Cd у тварин з силосно-сінним типом годівлі  $r = 0.748$  ( $p < 0.05$ ) та силосно-сінажно-концентратним  $r = 0.722$  ( $p < 0.05$ ), а по Pb лише у тварин з силосно-коренеплодним типом  $r = 0.687$  ( $p < 0.05$ ). Середній кореляційний зв'язок за концентрацією Pb був встановлений у корів з силосно-сінним типом годівлі  $r = 0.577$  ( $p < 0.05$ ) і силосно-сінажним  $r = 0.595$  ( $p < 0.05$ ). Аналіз методом Спірмена встановив в усіх експериментах тільки високий і дуже високий кореляційний зв'язок від  $r = 0.66$  до  $r = 0.83$  ( $p < 0.05$ ).

Вчені (Boldizar et al., 2017) досліджували біосорбційні характеристики іонів Cd (II) та

Zn (II) з монокомпонентних водних розчинів макрогрибом *Agaricus bisporus*. Початкова концентрація іонів металу, час контакту, початковий pH і температура були параметрами, котрі впливали на біосорбцію. Експериментальні дані проаналізовано за допомогою кінетичних моделей, розраховано різні моделі у лінійній та нелінійній (CMA-ES optimization algorithm) пересії. Коефіцієнти Ленгмюра та Фрейндліха (Langmuir and Freundlich) були розраховані за допомогою лінійної регресії для біосорбції Cd (II) і Zn (II) на біомасі макрогриба *Agaricus bisporus*. Вчені у своїй роботі наводять відповідні графіки, де вказано показник детермінації  $R^2$  та відповідне рівняння регресії (рис. 16), що було зроблено й нами (див. вище). В експерименті дослідників  $R^2$  був дуже високим і становив 97-99% (рис. 16) в нашому дослідженні показник був меншим від 28% (дуже низький) до 68%, але рівняння регресії побудоване в експерименті з силосно-сінажним типом годівлі тварин, де  $R^2 = 0.28$  ми рекомендуємо використовувати для прогнозу забруднення важкими металами у виключних ситуаціях (обмежено) з подальшим лабораторним аналізом проб органічних відходів (добрив). В усіх інших типах годівлі  $R^2$  був вище 30% тож рівняння регресії за цим показником є достатньо релевантними. У регресійному аналізі результатів експерименту вчені (Boldizar et al., 2017) враховують також нелінійну регресію. Порівнюючи два методи, дослідники роблять висновок, що фактори закладені в модель у їхньому варіанті, нелінійна регресія є найбільш прийнятним методом, котрий можна використовувати для оцінки параметрів моделі. Отримані параметри моделі, розраховані за допомогою нелінійної регресії, більш релевантні, ніж отримані за допомогою лінійної регресії. В умовах нашої моделі закладено всього два параметри: 1-й концентрація кадмію та свинцю в кормах раціону корів і 2-й концентрація кадмію та свинцю в органічних відходах тварин. Тому перевірка моделей за тестами Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality та Shapiro-Wilk's W test, параметричний кореляційний аналіз Пірсона, побудова діаграм розсіювання, аналіз залишків, оцінка прийнятності моделі за параметром ANOVA і коефіцієнтом детермінації  $R^2$  дозволяє вибрати самі ефективні й максимально точні для прогнозу рівняння регресії. Після зробленого аналізу (Boldizar et al., 2017) приходять висновку, що макрогриб *Agaricus bisporus* можна використовувати



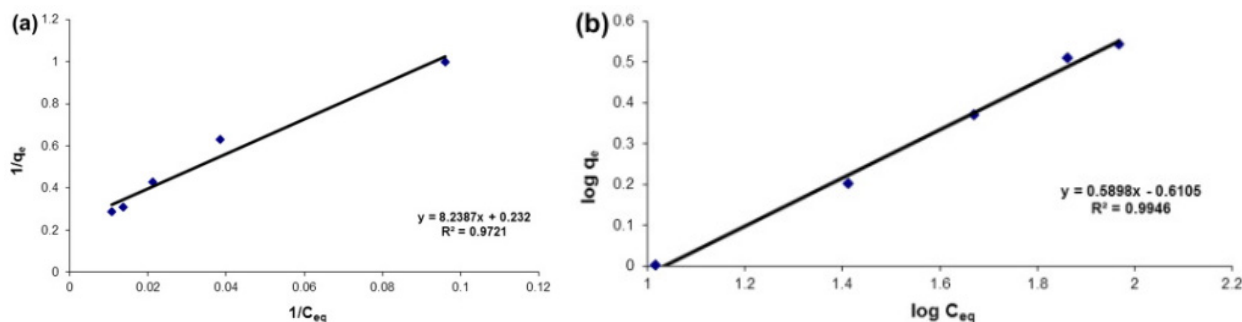


Рис. 16. Графіки Лянгмюра (a) і Фрейдліха (b) у лінійному регресійному аналізі для біосорбції Cd (II) з використанням біомаси *Agaricus bisporus* (Boldizar et al., 2017)

вати як економічно ефективний біосорбент для видалення Cd (II) та Zn (II) із водних синтетичних розчинів. Ми рекомендуємо використовувати побудовані рівняння регресії по концентрації Cd за силосно-коренеплодного типу годівлі корів  $y = -0.0365 + 0.0054 \times x$ , силосно-сінного  $y = -0.0664 + 0.0167 \times x$ , силосно-сінажного  $y = -0.0033 + 0.0047 \times x$ , силосно-сінажно-концентратного типу  $y = 0.0153 + 0.0043 \times x$ , по Pb  $y = 0.0084 + 9.1803 \times x$ ,  $y = 2.9886 + 8.2331 \times x$ ,  $y = 3.1415 + 7.646 \times x$ ,  $y = 2.1195 + 6.8156 \times x$  відповідно, як інструмент для екологічного моніторингу, прогнозування (моделювання) переходу токсичних важких металів в органічні відходи і далі у ґрунт в скотарських господарствах.

Вчені (Covelo et al., 2008) застосовували регресійний аналіз досліджуючи сорбцію частинками ґрунту важких металів Cd, Cr, Cu, Ni, Pb і Zn, що мінімізує їх потрапляння в поверхневі та підземні води, але одночасно створює вірогідність, що зміна ґрунтових умов може призвести до викиду акумульованих токсикантів у ґрунтовий розчин, спричиняючи таким чином забруднення як підземних вод, так і рослин. Поведінка важких металів у ґрунті і токсичний ризик, що вони представляють, значною мірою залежить від їхньої сорбційно-десорбційної рівноваги та динаміки в ґрунтах, де вони акумулюються і від зміни екологічної рівноваги у відповідь на зміну умов навколишнього природного середовища. Множинну лінійну регресію застосовували (Weibin et al., 2022) у дослідженні забруднення важкими металами індустріального парку (рис. 17). Вчені створили метод, котрий поєднує аналіз головних компонентів, геодетектор і множинну лінійну регресію відстані до джерел викидів забруднюючих речовин, котра впливає на рівень забруднення ґрунту. Основні джерела забруднення конкретними

елементами були ідентифіковані вченими за рівняннями регресії.

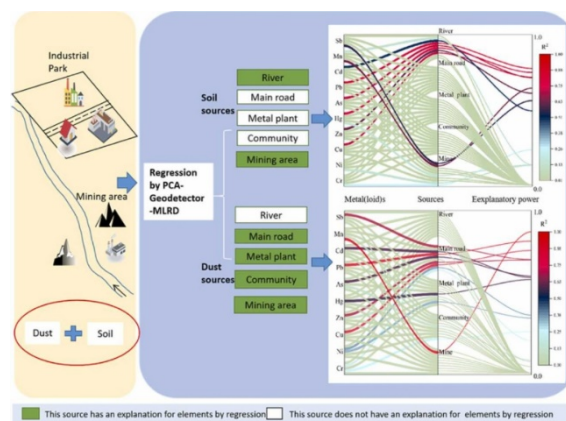


Рис. 17. Концептуальна схема дослідження (Weibin et al., 2022)

Виявлення потенційних джерел забруднення є основою контролю екологічного ризику, а аналіз джерел забруднення важкими металами ґрунту є однією з найважливіших проблем в останні роки (Weibin et al., 2022, Yanxue et al., 2017, Xufeng et al., 2020, Geng et al., 2020)

Ми погоджуємося з вітчизняними вченими (Kozulya et al., 2004), які обґрунтовують важливість дослідження проблеми забруднення навколишнього природного середовища пов'язану з токсичністю важких металів, що здійснюють шкідливий вплив на живі організми, підкреслюючи визначальний показник негативного впливу хімічних речовин концентрацію. Саме концентрацію поллютантів ми заклали і в нашу модель регресії. Найбільш пріоритетними для хіміко-токсикологічного аналізу вчені вказують Pb, Hg, Cd, Cu, Ni, Co, Zn, котрі мають високу токсичність, міграційну здатність, що узгоджується з нашими досліджен-

нями. В ході експерименту ми визначали в кормах і органічних відходах концентрацію міді, цинку, але в даній публікації для аналізу вибрали найбільш екоцидні кадмій та свинець. Поведінка токсикантів в різних природних середовищах обумовлена їх специфічністю і відповідними властивостями такими як токсичність, акумуляція, рухомість, комплексоутворення тощо. Науковці (Kozulya et al., 2004) дослідивши кореляційний зв'язок між вмістом важких металів у ґрунтах різних екосистем при вирішенні задач математичного моделювання в екологічному моніторингу приходять до висновку, що існує тісний зв'язок між накопиченням важких металів у ґрунтах при їх малій міграційній здатності завдяки наявності нерозчинних сполук, до складу яких вони входять і цей факт обумовлено комплексним забрудненням навколишнього середовища, саме техногенними речовинами хімічної природи катіоногени і аніоногени. Встановивши кореляційний зв'язок і отримавши відповідні рівняння регресії вчені за допомогою математичної моделі можуть прогнозувати відповідні екологічні зміни, оцінювати екологічні ризики. Дослідження вчених не лише тісно пов'язані з нашими дослідженнями, але й мають подібну методологію. Досліджені нами органічні відходи тваринництва містять токсичні важкі метали Cd, Pb ін., потрапивши в ґрунт, органічні добрива підвищують його родючість, але одночасно спричиняють акумуляцію поллютантів, котрі можуть утворювати не лише валові, а і рухомі форми токсичних елементів й далі, в залежності від рН ґрунту інших факторів, мігрувати в рослини, які є кормом для сільськогосподарських тварин.

Ми перевірили всі рівняння регресії увівши, в якості прикладу, замість X умовно відому з лабораторного аналізу, концентрацію кадмію чи свинцю в кормах і отримали відповідну прогнозовану концентрацію поллютанта в органічних відходах. Розрахунок провели двома способами. Простим математичним і за допомогою програми STATISTICA версії 10.0, де теж безпосередньо є така функція. Всі рівняння регресії показали прийнятний результат, але більше необхідно застосувати ті моделі, де зафіксована висока вірогідність. Cd – силосно-коренеплодний тип годівлі 0.12739 – математичний розрахунок; 0.127 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 0.12 мг/

кг); силосно-сінний тип годівлі 0.325215 – математичний розрахунок; 0.325 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 0.22 мг/кг); силосно-сінажний тип годівлі 0.153069 – математичний розрахунок; 0.154 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 0.14 мг/кг); силосно-сінажно-концентратний тип годівлі 0.202393 – математичний розрахунок; 0.205 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 0.17 мг/кг). Pb силосно-коренеплодний тип годівлі 9.005094 – математичний розрахунок; 9.01 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 9.91 мг/кг); силосно-сінний тип годівлі 9.739742 – математичний розрахунок; 9.740 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 9.16 мг/кг); силосно-сінажний тип годівлі 9.41122 – математичний розрахунок; 9.641 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 9.91 мг/кг); силосно-сінажно-концентратний тип годівлі 7.435668 – математичний розрахунок; 7.436 мг/кг програмний розрахунок (узгоджується з лабораторним аналізом встановленим у пробах органічних відходів на максимальному рівні 7.32 мг/кг).

Побудовані і перевірені нами рівняння регресії допоможуть прогнозувати концентрацію важких металів в органічних відходах тваринництва, а отже і забруднення ґрунту поллютантами в залежності від кількості внесених органічних добрив. В післявоєнний період відбуватиметься відновлення аграрного виробництва в Україні, нарощування поголів'я великої рогатої худоби в т.ч. дійних корів, збільшиться кількість органічних відходів, котрі вноситимуться у великих об'ємах у ґрунт як органічні добрива, тож моделювання навантаження ґрунту небезпечними поллютантами в агроекосистемах матиме важливе значення особливо в умовах ведення органічно-біологічного землеробства, виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва і рослинництва.

## Висновки

Встановлено високий і дуже високий кореляційний зв'язок між концентрацією важких металів кадмію, свинцю в кормах раціону дійних корів та їх вмістом в органічних відходах у тварин з силосно-коренеплодним типом годівлі і силосно-сінажно-концентратним. Високим був кореляційний зв'язок за вмістом кадмію у корів з силосно-сінним типом годівлі. Для прогнозування концентрації важких металів в органічних відходах, забруднення ґрунту небезпечними токсичними поліюгантами Cd і Pb після внесення органічних відходів як добрив, оцінки ризику та проведення екологічного моніторингу сільськогосподарських угідь скотарських агропідприємств побудовано відповідні рівняння лінійної регресії. Перевірені моделі, котрі рекомендуються до застосування, дадуть максимально точний результат прогнозування по Cd за даними експерименту з силосно-коренеплодним типом годівлі тварин, а по Pb з силосно-сінажно-концентратним типом. Вірогідними також будуть прогнози забруднення при використанні рівнянь регресії отриманих в експерименті з годівлею корів за силосно-сінним та силосно-сінажно-концентрат-

ним типами годівлі. Рівняння регресії розраховані в експерименті з силосно-сінажним типом годівлі тварин можуть використовуватися в екологічному моніторингу з урахуванням більшої похибки, що потребуватиме частішої перевірки в лабораторних умовах концентрації важких металів у пробах органічних відходів (добривах), котрі вноситимуться у ґрунт та у пробах ґрунту.

Рівняння регресії можуть використовуватися для оцінки екологічних ризиків ведення органічно-біологічного землеробства агропідприємств і застосування відповідних заходів зменшення концентрації важких металів в органічних відходах, органічних добривах, котрі вносяться у ґрунт. Зменшення забруднення ґрунту важкими металами забезпечить дотримання вимог діючих Директив, Регламентів ЄС щодо стану ґрунтів і поводження з відходами.

Подальші дослідження спрямовані на проведення кореляційного та регресійного аналізу за іншими важливими у ветеринарній, зоотехнічній і екологічній практиці показниками екологічної безпеки з оцінкою відповідних ризиків ведення галузі скотарства у лісостеповій зоні України.

## Список використаної літератури

- Ashraful Abedin Asha S.M., Moshfequr Rahman Md., Tahmid Tayef Md., Reazul Islam Md., Anti S., Szal K. Comprehensive pollution and ecological risk of heavy metals in an industrial region of south-west Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2023. Vol. 20. P. 100899. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100899>.
- Boldizsar N., Carmen M., Andrada M., Cerasella I., Lucian B., Cornelia M. Linear and nonlinear regression analysis for heavy metals removal using *Agaricus bisporus* macrofungus. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. Vol. 10. № 2. P. 3569—3579. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.004>.
- Covelo E.F., Matias J.M., Vega F.A., Reigosa M.J., Andrade M.L. A tree regression analysis of factors determining the sorption and retention of heavy metals by soil. *Geoderma*. 2008. Vol. 147. № 1–2. P. 75—85. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.08.001>.
- European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. Strasbourg, 1986. 11 p.
- Geng L., Ying S., Guanlin G., Long Z., Junjie N., Chao Z. Soil pollution characteristics and systemic environmental risk assessment of a large-scale arsenic slag contaminated site. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 251. 119721 p. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119721>.
- Kozulya T.V., Glushkova L.V., Shtitelman Z.V. Determination of correlations between the content of heavy metals in soils of different ecosystems when solving problems of mathematical modeling in ecological monitoring. *Radio electronics and informatics*. 2004. № 4 (29). P. 159—164.
- Kuramshina N.G., Kuramshin E.M., Nikolaeva S.V., Imashev Y.B. The biogeochemical characteristics of the content of heavy metals in soil, plants and animals in different natural areas of Bashkortostan. *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. Vol. 144. Part B, P. 237—240. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.01.027>.
- Lili L., Zhiping W., Feng J., Tong Z. Co-occurrence correlations of heavy metals in sediments revealed using network analysis. *Chemosphere*. 2015. Vol. 119. P. 1305—1313. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.01.068>.

Mingtao X., Yan L., Jiayu Y., Kaige L., Yi L., Feng L., Daofu Z., Xiaoqian F., Yu C. Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops. *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 278. P. 116911. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116911>.

Sazal K., Meixia Z., Haiyang Z., Aminur R.Md., Chuanxiu L., Mohammad M.R. Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns. *Chemosphere*. 2021. Vol. 263. P. 127882. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127882>.

Weibin Z., Xiaoming W., Lingqing W., Mei L., Tongbin C., Gaoquan Gu. Apportionment and location of heavy metal(loid)s pollution sources for soil and dust using the combination of principal component analysis, Geodetector, and multiple linear regression of distance, *Journal of Hazardous Materials*. 2022. Vol. 438. P. 129468. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129468>.

Xufeng F., Zhaohan L., Rui X., Zhouqiao R., Xiaonan Lv. Contamination assessment and source apportionment of heavy metals in agricultural soil through the synthesis of PMF and GeogDetector models. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 747. P. 141293. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141293>.

Yanxue J., Sihong C., Jianwei L., Yue Y., Yanjiao C., Aichen Z., Hongbin C. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. *Chemosphere*. 2017. Vol. 168. P. 1658—1668. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.088>.

Yazhu W., Xuejun D., Lei W. Spatial distribution and source analysis of heavy metals in soils influenced by industrial enterprise distribution: Case study in Jiangsu Province. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 710. P. 134953. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134953>.

Отримано: 26.01.2024

Прийнято: 21.02.2024



УДК 504+332.712

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.24>

## ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ БІОКОНВЕРСІЙНИХ КУЛЬТУР

В. П. Резніченко<sup>1</sup>, А. В. Коломієць<sup>2</sup>, Т. М. Туник<sup>3</sup>

Актуальність полягає в тому, що технології виробництва біогазу з переробки біоконверсійних культур сприяють формуванню більш чистого екологічного середовища, забезпечуючи енергетичну незалежність від постачання вугілля та газу, а також дозволяють генерувати електроенергію та тепло без шкоди для довкілля. Процес біоконверсії вигідний не тільки через виробництво газу, але й завдяки створенню екологічно чистих видів енергії. Проведене дослідження має за мету дослідити та оцінити можливість застосування біоконверсійних культур як відновлювальних енергетичних ресурсів для збільшення ефективності виробництва енергії. Завданням є аналіз потенціалу отримання енергії з біологічних культур, що можуть сприяти розвитку більш надійних та екологічно безпечних енергетичних систем. Методами дослідження є: аналіз статистики щодо виробництва, застосування та продуктивності біоконверсійних культур у різноманітних регіонах світу, що дозволяє порівняти їх як джерела відновлюваної енергії та оцінити їхній енергетичний потенціал; лабораторні дослідження для визначення енергетичної цінності біоконверсійних культур, продуктивність різних методів обробки та аналізує вплив різноманітних умов на вироблення біогазу, біодизеля та інших продуктів; використання моделювання для дослідження біоконверсійних процесів, оцінки їх енергетичної ефективності та екологічного впливу. Цей метод дозволяє аналізувати складні системи, які складно або неможливо вивчати лише через експерименти, включаючи розгляд хімічних реакцій. Практичні результати дослідження підтверджують значний інтерес до розробки та імплементації технологій біоконверсії для виробництва енергії з органічних відходів, що відповідає потребам зменшення екологічного навантаження та збільшення ефективності використання відновлюваних джерел енергії. Зокрема, анаеробне бродіння

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри загального землеробства  
(Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)  
e-mail: vita.micenko16@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5693-0942

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя  
(Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)  
e-mail: lyudkolomiec11@meta.ua  
ORCID: 0000-0002-6410-1762

<sup>3</sup> кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя  
(Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)  
e-mail: lyudkolomiec11@meta.ua  
ORCID: 0009-0003-6333-0832

сільськогосподарських відходів та гною продемонструвало високий потенціал у виробництві біогазу, який може бути ефективною альтернативою традиційним енергоресурсам. Перспективи подальших досліджень у сфері біоконверсійних технологій та виробництва енергії з органічних відходів відкривають широкі можливості для наукової спільноти, промисловості та суспільства в цілому. З огляду на зростаючий попит на екологічно чисті та відновлювані джерела енергії, важливо сконцентрувати зусилля на оптимізації існуючих технологій та розробці інноваційних методів переробки біомаси.

**Ключові слова:** біоконверсійна культура, біоконверсійні процеси, біогаз, анаеробна ферментація, енергетична ємність, біогазова станція, екологія.

## EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF RENEWABLE ENERGY SOURCES BASED ON BIOCONVERSION CULTURES

V. P. Reznichenko, L. V. Kolomiets, T. M. Tunik

*Technologies for the production of biogas from the processing of bioconversion crops contribute to the formation of a cleaner ecological environment, ensuring energy independence from the supply of coal and gas, and also allow the generation of electricity and heat without harming the environment.*

*The bioconversion process is beneficial not only through the production of gas, but also through the creation of environmentally friendly types of energy. The purpose of the conducted research is to investigate and evaluate the possibilities of using bioconversion crops as renewable energy resources to increase the efficiency of energy production. The task is to analyze the potential of obtaining energy from biological crops, which can contribute to the development of more reliable and ecologically safe energy systems. Research methods are: statistical analysis of production, application and productivity of bioconversion crops in various regions of the world, which allows comparing them as sources of renewable energy and assessing their energy potential; laboratory studies to determine the energy value of bioconversion crops, the performance of various processing methods and analyzes the impact of various conditions on the production of biogas, biodiesel and other products; the use of modeling for the study of bioconversion processes, assessment of their energy efficiency and environmental impact.*

*This method allows the analysis of complex systems that are difficult or impossible to study only through experiments, including consideration of chemical reactions. The practical results of the research confirm the significant interest in the development and implementation of bioconversion technologies for the production of energy from organic waste, which meets the needs of reducing the environmental burden and increasing the efficiency of the use of renewable energy sources. In particular, anaerobic fermentation of agricultural waste and manure has shown high potential in the production of biogas, which can be an effective alternative to traditional energy resources. Prospects for further research in the field of bioconversion technologies and energy production from organic waste open wide opportunities for the scientific community, industry and society as a whole. Given the growing demand for environmentally friendly and renewable energy sources, it is important to focus efforts on optimizing existing technologies and developing innovative biomass processing methods.*

**Key words:** bioconversion culture, bioconversion processes, biogas, anaerobic fermentation, energy capacity, biogas plant, ecology.

### Вступ

Кожного року в Україні на агропромислових підприємствах та у харчових заводах утворюється велика кількість органічних відходів, включаючи тваринний гній, пташиний послід, соломку, відходи овочевих сховищ та м'ясопереробних заводів, листя дерев та чагарників, деревну кору та тирсу. Лише частина цих відходів після обробки використовується як джерело енергії для сільськогосподарських територій. Більшість відходів накопичується біля тваринницьких та птахівницьких ферм, що погіршує їх якість та спричиняє забруднення повітря і ґрун-

тових вод токсичними речовинами через спалювання або захоронення на звалищах. Оптимальним розв'язанням цієї проблеми є застосування сучасних методів біоконверсійної утилізації органічних відходів, таких як анаеробна ферментація для виробництва біогазу, твердофазна аеробна біоферментація та вермікомпостування (Амонс і Красняк, 2023). Ці технології не тільки екологічно безпечні, але й економічно вигідні, оскільки дозволяють перетворювати біогаз в електричну та теплову енергію для різних потреб.

Літературний аналіз проблеми ресурсозбереження виокремлює ключові аспекти,

Таблиця 1

Енергетична ємність деяких видів твердого та рідкого біопалива (Products. Energy, sustainability and innovation. Enel Group, 2023)

Вид палива	Вміст води, % мас.	Енергоємність біопалива	
		МДж/кг	кВт/кг
Дуб	20	14,1	3,9
Сосна	20	13,8	3,8
Солома	15	14,3	3,9
Зернові	15	14,2	3,9
Ріпакова олія	-	37,1	10,3
Антрацит	4	30,0-35,0	8,3
Буре вугілля	20	10,0-20,0	5,5
Пічне паливо	-	42,7	11,9
Біометанол	-	16,0	4,48
Біоетанол	-	19,6	5,5
Біобутанол	-	29,2	8,2
Біодизель	Відсутнє	37,0	10,3

які вивчаються дослідниками: Кудря, 2020; Фрайер, 2021; Обухов, Ібрагім, Толба, Ель-Ріфаї, 2019 види збережених ресурсів, характер процесів, можливості впровадження заходів, етапи життєвого циклу ресурсів і продукції, обсяги фінансування та результати заощадження. Як зазначають Редько та Аленіна, 2021, біоконверсійні процеси мають значний соціально-екологічний вплив, який полягає у зменшенні викидів парникових газів і неприємних запахів, а також у профілактиці санітарних проблем. Різні галузі професійного світу вбачають у біоконверсії свої переваги та розробляють економічні методики для впровадження цих технологій (Чумаченко, 2022). В результаті цих процесів отримують продукцію з ринковою цінністю, таку як біогаз, та тверді та рідкі органічні добрива.

### Матеріал та методи

1) Аналіз статистичних даних. Використання статистичних даних про виробництво, використання та ефективність біоконверсійних культур у різних країнах дозволяє провести порівняльний аналіз та оцінити потенціал цих культур як відновлюваних джерел енергії. Енергетичний потенціал біомаси, маються на увазі всі матеріали, отримані з рослин: деревина, трави, відходи деревообробки та збирання зернових, гній тощо. Біомаса як сухе паливо може бути порівняна з вугіллям. Теплотворна здатність сухої біомаси варіюється від 17,5 ГДж/т для різних трав до майже 20 ГДж/т для деревини. Для порівняння, відповідні показники для бітумного вугілля та лігніну становлять 30 і 20 ГДж/т. При заготівлі біомаса містить значну кількість вологи: від 8-20% маси для соломи, 30-60% маси для деревини та 75-90% маси для гною (табл. 1).

2. Експериментальний метод. Цей метод включає проведення лабораторних та польових експериментів для визначення енергетичного потенціалу біоконверсійних культур, ефективності різних методів їх переробки та вивчення впливу різних умов на виробництво біогазу, біодизеля тощо. Дослідження проводилося за наступним алгоритмом: 1) підготовка і вибір типів біоконверсійних культур для дослідження; 2) збір зразків біомаси для кожної культури; підготовка зразків до аналізу, висушування їх до постійної ваги за контрольованих умов; 3) визначення вологості за допомогою термогравіметричного аналізу і сухої маси зразків після висушування; 4) здійснення хімічного аналізу біомаси для визначення

вмісту целюлози, геміцелюлози, лігніну та інших компонентів; 5) оцінка енергетичного потенціалу, застосування методу анаеробного зброджування для визначення кількості та складу біогазу, отриманого з кожного типу біомаси; 6) проведення калориметричного аналізу для визначення теплоти згоряння біомаси, що є індикатором енергетичної цінності; 7) аналіз результатів: зіставлення отриманих даних для кожної культури, включно з врожайністю, вологістю, хімічним складом, кількістю та складом біогазу, тепловою згоряння.

3. Моделювання та симуляція. Використання комп'ютерного моделювання та симуляцій для аналізу процесів біоконверсії, оцінки енергетичної ефективності та впливу на довкілля Це дозволяє моделювати великі та складні системи, які важко дослідити експериментально. В роботі використано метод хімічних реакцій. Біогаз, який є первинним продуктом отриманим з органічної маси або біомаси, формується через складні хімічні реакції. Ці реакції включають розщеплення та стабілізацію органічної речовини через різні метаболічні шляхи за участю мікроорганізмів у анаеробних умовах. Головними компонентами анаеробного газу є метан (CH<sub>4</sub>) та вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>). Цей газ також містить сірководень (H<sub>2</sub>S), аміак (NH<sub>3</sub>), водень (H<sub>2</sub>), та окис вуглецю (CO). Метаногенез, процес утворення метану,

відбувається через послідовне розкладання біологічної маси, яка складається з води, білків, жирів, мінералів, вуглеводів та різних видів мікроорганізмів. При цьому утворюється газова суміш, де основною частиною є метан (до 85%).

Мета дослідження полягає в аналізі та оцінці потенціалу використання біоконверсійних культур як відновлюваних джерел енергії з метою підвищення енергетичної ефективності. Робота спрямована на вивчення можливостей виробництва енергії з біологічних культур, які можуть бути використані для створення більш стійких та екологічно чистих джерел енергії.

Завданнями даного дослідження є:

- оцінка потенціалу різних видів біоконверсійних культур в контексті їх здатності генерувати енергію.

- аналіз технологій перетворення біомаси на енергію, включаючи їх економічні та екологічні аспекти.

- розгляд можливостей інтеграції біоконверсійних культур у сучасні енергетичні системи з метою зменшення залежності від традиційних джерел енергії та зниження викидів парникових газів.

- оцінка впливу використання біоконверсійних культур на енергетичну безпеку та стійкість енергопостачання.

- розробка рекомендацій щодо ефективного впровадження біоконверсійних культур в енергетичний сектор.

### Результати

Інтерес до розробки та застосування технологій біоконверсії органічних відходів для виробництва енергії зростає на тлі погіршення екологічної ситуації, зменшення запасів невідновлюваних енергетичних ресурсів та підвищення їх цін. Біоенергетика, що використовує біомасу як джерело палива, може стимулювати економічний розвиток промисловості, при цьому не завдаючи шкоди довкіллю, оскільки вона не сприяє збільшенню рівня вуглекислого газу в атмосфері (Македон і Байлова, 2023). Біоенергетика базується на використанні біомаси як безпосереднього палива або після її обробки. Сьогодні розроблено численні способи конверсії біомаси в паливо та енергію, залежно від типу біомаси, її призначення та умов обробки. Технологічна обробка біомаси, залежно від її вологості, може бути розділена на термохімічну, фізико-хімічну та біотехнологічну. Біохімічне перетворення біомаси відбувається за допомогою мікро-

організмів, які використовують біомасу для підтримки своєї життєдіяльності, але не окислюють її повністю. З енергетичної точки зору важливими є два основні типи біохімічних процесів: анаеробне бродиння, яке призводить до утворення біогазу, і ферментація, при якій виділяється етанол (EarthExplorer, 2023).

Біомасу можна класифікувати на первинну (рослини, тварини, мікроорганізми тощо) та вторинну (відходи переробки первинної біомаси, а також продукти життєдіяльності людини та тварин). Хімічний склад біомаси варіюється залежно від її типу. Наприклад, рослинна біомаса є складною сумішшю різноманітних сполук, де в сухій речовині міститься 5-30% водорозчинних речовин (цукор, крохмаль, сечовина, солі), 2-40% протеїнів, 25-88% целюлози та геміцелюлози, а також 5-30% лігніну. Оскільки біомаса містить різні типи та групи сполук, важливо враховувати природу вихідних продуктів, технологію їх переробки та характеристики відходів при розробці ефективних способів її практичного використання. Основні характеристики, за якими види біомаси розрізняються, включають (Products. Energy, sustainability and innovation. Enel Group, 2023):

- технічні параметри, такі як зольність, вологість і калорійність;

- елементний склад;

- склад мінеральної частини;

- характеристики, що визначають утворення шлаку;

- екологічні показники;

- корозійні властивості;

- також важливо відзначити позитивні екологічні аспекти біомаси;

- низький рівень зольності (в середньому 4% маси);

- невеликий вміст сірки (0,02-0,1% маси) та азоту (0,3-1,2% маси);

- зниження загрози забруднення атмосфери парниковими газами, завдяки циркуляції CO<sub>2</sub> (кількість CO<sub>2</sub>, поглинутого рослинами, еквівалентна кількості, що виділяється під час їхнього спалювання);

- малий вміст хлору в мінеральній частині (в середньому 0,04% маси, для рослинних відходів до 4,3% маси).

Головними джерелами твердої біомаси для енергетичних потреб слугують аграрний та лісовий сектори. Згідно з інформацією, наданою Інститутом відновлюваної енергетики НАН України та іншими відкритими джерелами, щорічне виробни-



цтво зернових та бобових культур в Україні перевищує 60 млн тон, при цьому утворюється значна кількість побічних продуктів, таких як солома та рослинні відходи. Річний енергетичний потенціал біомаси в Україні дорівнює приблизно 35 млн тон нафтового еквіваленту, використання якого може дозволити економити близько 38 млрд м<sup>3</sup> природного газу щорічно.

1. Анаеробне бродіння біоконверсійних сільськогосподарських культур. Головними джерелами сировини для анаеробного бродіння є гній та деякі види сільськогосподарських відходів. Гній містить органічні речовини, які не були засвоєні тваринами. Через діяльність різних видів бактерій ця субстанція перетворюється на біогаз, який складається з діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) і метану (CH<sub>4</sub>). Ефективність цього процесу залежить від підтримуваної температури, яка може бути мезофільною (біля 37°C) або термофільною (біля 55°C). Дані свідчать про перспективи використання біогазу як палива. Один кубічний метр біогазу еквівалентний приблизно 0,7 м<sup>3</sup> природного газу або 0,8 л мазуту (Фурдичк, 2022). Кількість виробленого біогазу залежить як від типу використаної сировини, так і від технології її переробки (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив виду вихідної сировини на вихід біогазу при біоконверсії відходів ряду сільськогосподарських культур (Фурдичк, 2022)

Початкова сировина	Вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, л/кг.	Зміст метану в газі, %
Трава	630	70
Листя деревне	220	59
Соснова голка	370	69
Бадилля картопляне	420	60
Стебла кукурудзи	420	53
Мякіна	615	62
Солома пшенична	340	58
Солома лляна	360	59
Лущиння соняшника	300	60

Метанове бродіння гною сприяє його беззапахості, дегельмінтизації, знищенню здатності бур'янових насінин до проростання та перетворенню добрив у форму,

що легко засвоюється рослинами. При цьому важливі для рослин поживні речовини, такі як азот, фосфор та калій, зберігаються майже повністю (Фрайер, 2021).

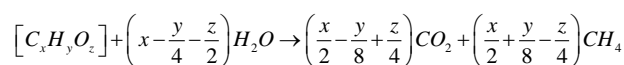
У процесі метанового бродіння можна виокремити три головні фази, кожна з яких включає активність різних бактерій:

1) Розкладання нерозчинної органічної речовини (целюлоза, жири, полісахариди) з утворенням вуглеводнів та жирних кислот;

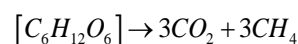
2) Діяльність кислотоутворюючих бактерій, які переважно виробляють оцтову та пропіонову кислоти;

3) Поглинання цих речовин метаноутворюючими бактеріями, що призводить до утворення біогазу, який складається з 60-70% метану (CH<sub>4</sub>) та 30-40% вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), а також містить водень, сірководень і інші гази.

Загальна реакція анаеробного бродіння може бути представлена як:



Наприклад, перетворення глюкози за загальною реакцією:



Теплове згоряння глюкози видає майже 2800 кДж/моль енергії, тоді як 3 моль метану виробляє приблизно 2700 кДж. Цей процес має екзотермічний характер, тому частина енергії втрачається у вигляді тепла. Теоретична ефективність цього процесу при повній переробці сировини досягає приблизно 95%, але ефективність переробки целюлози становить близько 90% (Чумаченко, 2022).

Гній як сировина для виробництва біогазу переробляється у так званих метанових резервуарах. Гній подається в ці резервуари у формі кашки, яка зазвичай містить 95% води за масою. У цих резервуарах підтримується потрібна температура (35°C для мезофільного та 55°C для термофільного процесів). Отриманий біогаз має теплоту згоряння близько 25 МДж/м<sup>3</sup> і може використовуватися як паливо для топків, парових котлів або як заміник моторного палива у двигунах. Теплотехнічні характеристики біогазу представлені в таблиці 3 і на рис. 1.

Процес отримання біогазу ґрунтується на анаеробному бродінні органічних відходів при температурах від 25 до 35°C (мезофільні умови) та від 50 до 60°C (термофільні

Таблиця 3

Теплотехнічні характеристики біогазу (Кудря, 2020)

Показник	CH <sub>4</sub>	Компоненти CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Суміш 60% конверсійна маса + 40% CO <sub>2</sub>
Об'ємна частка, %	55-70	2744	1	3	100
Об'ємна теплота згоряння, МДж/м <sup>3</sup> (нижча)	353	10,8	22,8		21,5
Температура займання, С°	650-750		585		650-750
Густина:					
нормальна, г/л	0,72	1,98	0,09	1,54	1,20
критична, г/л	102	408	31	349	320

умови) у спеціалізованих біогазових установках, відомих як метантенки. Ці металеві резервуари оснащені системами підігріву. Метаногенерація дозволяє скоротити час ферментації та знезараження органічних відходів до 5-10 днів. Біогазові технології вирізняються тим, що вони не обмежуються лише виробництвом енергії, але також включають вирішення екологічних, агрохімічних, лісотехнічних та інших проблем, що сприяє їх високій рентабельності та конкурентоздатності (Zhang та ін., 2021).

2. Твердофазна аеробна ферментація – складний біологічний процес, в ході якого органічні речовини обробляються в аеробних умовах при температурі 50-65°C та вологості субстрату 60-70%. Термохімічний метод передбачає нагрівання біомаси без доступу кисню до 500-800 °C (для деревних відходів), що значно нижче температури газифікації вугілля. В результаті такого процесу утворюються H<sub>2</sub>, CO і CH<sub>4</sub>. Біохімічний метод заснований на використанні бактерій, таких як: «Rhodobacter spheroides», «Enterobacter cloacae».

Мікробіологічний процес ферментації проходить за такою послідовністю. Спочатку у субстраті розвиваються мезофільні мікроорганізми, які розщеплюють органічні азотомісні речовини, споживаючи вуглеводи та вивільняючи аміак до моменту, коли його концентрація стає токсичною для цих мікроорганізмів. Внаслідок цього температура субстрату зростає, що призводить до загибелі мезофільної мікрофлори, створюючи умови для розвитку термофільних мікроорганізмів. Вони використовують аміак, органічні речовини, мертві мікроорганізми, а також проміжні метаболіти та синтезують мікробіологічний білок, знову вивільняючи аміак, який асимілюється мікроорганізмами. Компостування слід припинити тоді, коли компост найбільш багатий

на поживні речовини, оскільки подальше продовження ферментації може призвести до повного перетворення органічної речовини на діоксид вуглецю, воду, аміак і мінеральні солі. Зазвичай ферментація триває від 7 до 14 днів. Отриманий продукт – компост – є однорідною сухою сипучою масою темно-коричневого кольору, яка не має неприємного запаху. Він характеризується високим рівнем біогенності та поживності, що обумовлено вивільненням поживних елементів з природних біополімерів органічної сировини та мікробіологічним синтезом вторинних метаболітів під час ферментації (Обухов, Ібрагім, Толба, Ель-Ріфаї, 2019).

Технологія твердофазної аеробної ферментації є технічно та економічно доступною для впровадження у господарствах різних форм власності та різного фінансово-економічного стану. Ця технологія особливо перспективна для застосування у біологічному землеробстві, зокрема в обробці органічних відходів.

3. Вермікомпостування базується на переробці органічних відходів та різних типів гною за допомогою дощових хробаків, в результаті чого утворюється високоякісне органічне добриво, відоме як вермікомпост або комерційно як біогумус. Для цього процесу використовується безліч видів дощових хробаків, але найбільшу популярність здобув червоний каліфорнійський хробак, який був селекційно виведений у 1950-х роках у Каліфорнії (США) на основі продуктивної лінії гнойового хробака. Цей гібрид та подібні до нього штами широко поширилися в країнах Західної та Східної Європи, включаючи Україну з початку 1990-х років (Ярмола, 2023).

Харчуванням для хробаків служать ферментовані органічні відходи та різні типи гною. У багатьох закордонних технологіях використовується попередня метан-гене-

рація або твердофазна аеробна ферментація перед подачею корму хробакам. Прості та доступні методи виробництва вермікомпосту включають застосування буртів, лежаків або ящиків. Оптимальні умови для активного розмноження хробаків – температура близько  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , вологість 65-70%, рН середовища 6,5-7,5. При дотриманні технології популяція хробаків може зрости протягом року.

Вермікомпости вважаються якіснішими та ефективнішими, ніж звичайні компости, вони більш стерильні, містять корисні штами мікрофлори та біостимулятори, що сприяють росту, розвитку та дозріванню рослин. Також дощові хробаки мають здатність накопичувати важкі метали або інші забруднювачі у своєму організмі, знижуючи їх концентрацію у вермікомпості порівняно з оригінальним кормом. Вермікомпост може бути застосований як компонент ґрунту у теплицях до 20-23% від загального об'єму (Products. Energy, sustainability and innovation. Enel Group, 2023).

Біогазові технології переробки гною та органічних відходів особливо перспективні для фермерських та тепличних господарств, оскільки вони дозволяють отримувати цінні добрива разом з біогазом, який складається з 55-85% метану і 15-45% вуглекислого газу. Біогаз може використовуватися для опалення теплиць, пропарювання ґрунту та інших потреб. З 1 тонни органічних речовин (з вологістю 10%) можна отримати до 552 м<sup>3</sup> біогазу. Енергія, що міститься в 1 м<sup>3</sup> біогазу з вмістом метану 62%, еквівалентна 0,6 м<sup>3</sup> природного пального газу, 0,74 л нафти, 0,67 л дизельного пального, 0,49 л бензину тощо. Застосування біогазу також дозволяє економити мазут, вугілля, електроенергію та інші енергоресурси. Згідно із закордонним досвідом, переробка гною від 300 корів забезпечує біогазом потреби 600 осіб (Редько та Аленіна, 2021).

Метанове анаеробне ферментування органічних субстратів є складним багатостадійним процесом, що включає чотири основні стадії: гідроліз, кислотогенез, ацетогенез та метаногенез. Кінцевим продуктом цього ферментування є біогаз. На першому етапі, гідролізі, органічний матеріал субстрату розкладається на білки, вуглеводи та жири. Гідролітична мікрофлора перетворює білки на амінокислоти, вуглеводи на моносахариди, а жири на моносахариди та високомолекулярні жирні кислоти. На другому етапі, кислотогенезі, відбувається перетворення моносахаридів та амінокислот на леткі жирні кислоти. Далі, на етапі ацетогенезу, ці леткі та високомолекулярні

жирні кислоти перетворюються на ацетати та водород (Амонс і Красняк, 2023). На завершальному етапі, метаногенезі, з ацетату, а також водороду та вуглекислого газу утворюється метан.

Біогаз можна класифікувати за трьома категоріями залежно від вихідної сировини (Ярмола, 2023):

- з відходів тваринництва (наприклад, гній, послід птахів), відходів рослинництва (наприклад, кукурудзяний силос, сорго, буряковий жом) та відходів харчової промисловості (наприклад, молочна сироватка, мелясна барда, пивна дробина);
- з органічної складової полігонів твердих побутових відходів;
- з осадів стічних вод міських і промислових очисних споруд.

Для переробки відходів сільськогосподарських підприємств використовуються реактори типу CSTR (реактор з постійним перемішуванням). На рис. 1 зображена типова блок-схема роботи біогазової станції з таким реактором. Сировину, яка є субстратом для отримання біогазу, спочатку подрібнюють та гомогенізують, при необхідності виконують попередню хімічну обробку. Підготовлений субстрат подається до реактора, де він перемішується з мікроорганізмами при підтримці сталої температури. Біогаз, що утворюється під час ферментації, накопичується у верхній частині реактора чи в газгольдері. Після видалення з біогазу домішок сірководню та вологи, його використовують для генерації електричної енергії або очищають від вуглекислого газу для отримання біометану (Renewables, 2020: Analysis ..., 2020).

Для ферментування деяких видів сировини без застосування коферментів потрібно використовувати двостадійну технологію. Як приклад, отримання біогазу з посліду птахів або спиртової барди в стандартному реакторі може бути складним. Ефективна переробка таких матеріалів і досягнення високого виходу біогазу вимагають застосування додаткового реактора для гідролізу, де можна регулювати рівень кислотності, щоб запобігти утворенню умов з надмірним вмістом кислот або лугів. Більшість сучасних біогазових установок включає декілька реакторів (Makedon et al., 2021).

На основі отриманих досліджень було створено комплексну енергетичну систему, яка складається з газогенератора та анаеробного реактора. Газ, вироблений у газогенераторі, направляється в анаеробний реактор, де відбувається охолодження, конденсація вологи та органічних речовин, які потім змішуються з коров'ячим гноєм. Генераторний газ проходить через суб-

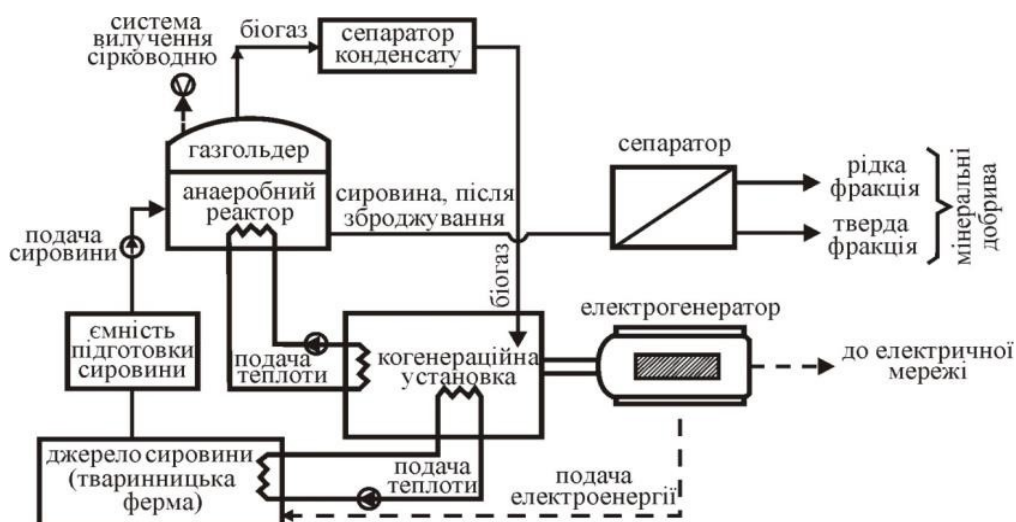


Рис. 1. Типова блок-схема роботи біогазової станції при використанні у якості палива біоконверсійних культур (Македон, Михайленко, Красніков, 2023; Affordable and Clean Energy. Swedish Energy Agency, 2021)

страт, забезпечуючи його перемішування, руйнування кірки на поверхні субстрату, зміщується з біогазом і направляється у дизель-генератор для виробництва електроенергії [17]. Для промислового застосування методу переробки конденсату була розроблена основна схема, яка представлена на рис. 2.

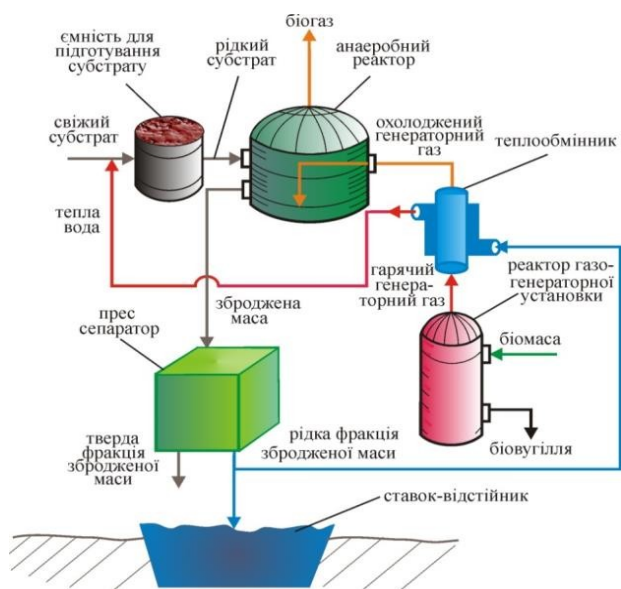


Рис. 2. Комплексна енергетична установка отримання біогазу з біоконверсійних культур (BDO in Україна, 2023)

Переваги спільного використання біогазових та газогенераторних систем включають:

- тепло, що генерується генераторним газом, застосовується або для забезпечення стабільної температури у біогазовому реакторі, або для передпідігріву субстрату;

- органічні кислоти, розчинні смоли та фенольні сполуки використовуються як вихідний матеріал для виробництва біогазу.

При проходженні генераторного газу крізь шар субстрату відбувається його ефективне перемішування та розпад поверхнього шару субстрату. Використання стічних фенольних вод з газогенераторних систем у біогазових установках, без необхідності застосування спеціальних бактерій, дозволяє переробляти ці води у вже існуючих промислових біогазових комплексах, число яких зростає.

### Обговорення

Одним з основних напрямків майбутньої роботи є подальше вдосконалення методів анаеробного бродіння та ферментації з метою підвищення ефективності виробництва біогазу та біоетанолу. Це включає розробку нових штамів мікроорганізмів з підвищеною продуктивністю, а також оптимізацію умов ферментації. Крім того, важливим аспектом є розширення спектру сировинної бази для біоконверсії, зокрема через використання відходів сільськогосподарського та харчового виробництва, а також міських органічних відходів. Дослідження у цій області допоможуть знайти оптимальні способи переробки різних типів біомаси та їх ефективне використання. Потенціал розвитку біогазових технологій та інтеграції газогенераторних систем з біогазовими технологіями є великим.

нераторних систем в енергетичний ланцюг також є предметом подальших досліджень. Це включає розробку ефективних та економічно вигідних систем для переробки біогазу у вищі форми енергії, такі як біометан або електрична енергія, а також вивчення можливостей зберігання та транспортування біогазу. Наукові дослідження в галузі твердофазної аеробної ферментації та вермікомпостування відкривають нові можливості для створення цінних органічних добрив та покращення ґрунтів, що сприятиме сталому розвитку сільськогосподарського сектору.

Існують певні недоліки та обмеження, які слід взяти до уваги: дослідження може бути зосереджене на обмеженій кількості видів біомаси, що не дозволяє повною мірою оцінити потенціал інших біоконверсійних культур. Розширення спектру вивчених культур може відкрити нові можливості для виробництва енергії; умови анаеробного бродіння та ферментації, такі як температура, рН та вологість, можуть істотно впливати на ефективність процесів. Відсутність стандартизованих умов у дослідженні може призводити до заниження або завищення реальної енергетичної ефективності.

#### **Висновки**

Визначено, що розвиток технологій біоконверсії органічних відходів у енергію відображає зростаючий інтерес до альтер-

нативних джерел енергії на тлі екологічних викликів, зменшення запасів невідновлюваних ресурсів та підвищення цін на традиційне паливо. Використання біомаси як джерела енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, оскільки рослини під час росту абсорбують цей газ, що компенсує його викиди при спалюванні біомаси. Досліджено спектр технологій біоконверсії, від анаеробного бродіння, що виробляє біогаз, до ферментації для виробництва етанолу та аеробних методів, які включають компостування та вермікомпостування. Обґрунтовано, що анаеробне бродіння сільськогосподарських відходів демонструє високий потенціал у виробництві біогазу, що може бути використано як паливо, забезпечуючи альтернативу природному газу та іншим видам фосильного палива. Біогазові технології забезпечують не тільки виробництво енергії, але й сприяють вирішенню екологічних проблем, пов'язаних з органічними відходами, тим самим підвищуючи їх рентабельність і конкурентоздатність. Розроблені технології та методики, включаючи спільне використання біогазових і газогенераторних систем, демонструють значний потенціал для промислового впровадження, особливо у фермерських та тепличних господарствах, забезпечуючи виробництво енергії і цінних добрив.

#### **Список використаної літератури**

Амонс С., Красняк О. Екологізація аграрного виробництва як основа формування системи продовольчої безпеки України. *Економіка та суспільство*. 2023. №(47). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-41>.

Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

Еколого-економічні засади збалансованого аграрного виробництва та використання природних ресурсів агросфери: монографія / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2022. 408 с.

Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2023. № 47. С. 16–26. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3>.

Македон В., Михайленко О., Красніков П. Управління розробкою та реалізацією національних і міжнародних проектів у сфері відновлювальної енергетики. *Підприємництво та інновації*. 2023. №(26). С. 5–13. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/26.1>

Резніченко В.П., Ковальов М.М., Кулик Г.А. Обґрунтування замкненого ресурсозберігаючого виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції у сучасних енергонезалежних агроєкокомплексах. *Таврійський науковий вісник*. № 109 (1). 2019. С. 109–114. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.17>.

Фрайер Е. Розвиток відновлювальної енергетики: досвід Східної Німеччини для України. *Журнал європейської економіки*. 2021. Т. 20. № 3. С. 464–483. [Електронний ресурс]. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/jee\\_2021\\_20\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/jee_2021_20_3_6) (дата звернення: 20.12.2023).

Чумаченко О. Роль відновлюваних джерел енергії у електроенергетичному балансі України. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2022. №3(67). С. 39–47. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-67-39-47>.

Ярмола К.В. Стратегії виходу компаній на ринок відновлювальних джерел енергії в умовах глобальних кліматичних змін. *Нові компетенції для Індустрії 5.0 та управління даними для закладів вищої освіти* : збірник матеріалів круглого столу / під заг. ред. Храпкіної В.В., Пічик К.В.; Національний університет «Києво-Могилянська академія» [та ін.]. Київ : НАУКМА, 2023. С. 76–83.

Affordable and Clean Energy. Swedish Energy Agency. 2021. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.energimyndigheten.se/en/aboutus/> (дата звернення: 10.01.2024).

BDO in Україна. 2023 рік: найближче майбутнє відновлювальних джерел енергії. Міжнародна аудиторська компанія BDO – BDO. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2023-the-near-futureof-renewables> (дата звернення: 12.01.2024).

EarthExplorer. 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата звернення: 12.01.2024).

Makedon V., Dzeveluk A., Khaustova Y., Bieliakova O., Nazarenko I. Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*. 2021. Volume 29, Issue 1. pp. 73–91.

Obukhov S., Ibrahim A., Tolba M.A., M.El-Rifaie A. Power balance management of an autonomous hybrid energy system based on the dual-energy storage. *Energies*. 2019. Vol. 12. <https://doi.org/10.3390/en12244690>.

Products. Energy, sustainability and innovation. Enel Group. [Електронний ресурс] URL: <https://www.enel.com/company/services-and-products> (дата звернення: 04.01.2024).

Renewables 2020: Analysis and forecast to 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020> (дата звернення: 04.01.2024).

The big choices for oil and gas in navigating the energy transition / McKinsey & Company. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-big-choices-for-oil-and-gas-in-navigating-the-energytransition?cid=emlweb> (дата звернення: 04.01.2024).

Zhang X., Yao G., Vishwakarma S., Musumba M., Heyman A., Eric A. Davidson. Quantitative assessment of agricultural sustainability reveals divergent priorities among nations. *One Earth*. 2021. № 4. pp. 1262–1277.

### References (translated & transliterated)

Amons, S., & Krasnyak, O. (2023). Ekolohizatsiia ahrarnoho vyrobnytstva yak osnova formuvannia systemy prodovolchoi bezpeky Ukrainy [Ecologization of agricultural production as the basis of the formation of the food security system of Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society]*, 47. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-41> [in Ukrainian].

Kudriya, S.O. (2020). Vidnovlyuvani dzherela enerhiyi [Renewable energy sources]. Kyiv, Instytut vidnovlyuvanoyi enerhetyky NANU [in Ukrainian].

Furdychko, O.I. (Ed.). (2022). Ekoloho-ekonomichni zasady zbalansovanoho ahrarnoho vyrobnytstva ta vykorystannya pryrodnykh resursiv ahrosfery: monohrafiya [Ecological and economic principles of balanced agricultural production and use of natural resources of the agrosphere: monograph]. Kyiv, DIA [in Ukrainian].

Makedon, V.V., & Bailova, O.O. (2023). Planuvannya i orhanizatsiya vprovadzhennya tsyfrovyykh tekhnolohiy v diyal'nist' promyslovykh pidpryyemstv. [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. *Naukovyy visnyk Khersons'koho derzhavnogo universytetu. Seriya «Ekonomichni nauky» [Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"]*, 47, 16–26. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3> [in Ukrainian].

Makedon, V., Mykhaylenko, O., & Krasnikov, P. (2023). Upravlinnya rozrobkoyu ta realizatsiyeyu natsional'nykh i mizhnarodnykh proektiv u sferi vidnovlyuval'noyi enerhetyky [Management of the development and implementation of national and international projects in the field of renewable energy]. *Pidpryyemnytstvo ta innovatsiyi [Entrepreneurship and Innovation]*, 26, 5–13. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/26.1> [in Ukrainian].

Reznichenko, V.P., Koval'ov, M.M. & Kulyk, H.A. (2019). Obgruntuvannya zamknenoho resursozberihayuchoho vyrobnytstva ekolohichno bezpechnoyi sil'skohospodars'koyi produktsiyi u suchasnykh enerhonezaleznykh ahrokokompleksakh [Justification of closed resource-saving production of ecologically safe agricultural products in modern energy-independent agro-

ecocomplexes]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk [Taurian Scientific Herald]*, 109 (1), 109–114. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.17> [in Ukrainian].

Frayyer, E. (2021). Rozvytok vidnovlyuval'noyi enerhetyky: dosvid Skhidnoyi Nimechchyny dlya Ukrayiny [Development of renewable energy: the experience of East Germany for Ukraine]. *Zhurnal yevropeys'koyi ekonomiky [Journal of European Economy]*, 20, 3, 464–483. [Electronic resource] URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/jee\\_2021\\_20\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/jee_2021_20_3_6) (access date 20.12.2023) [in Ukrainian].

Chumachenko, O. (2022). Rol' vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi u elektroenerhetychnomu balansy Ukrayiny [The role of renewable energy sources in the electricity balance of Ukraine]. *Vcheni zapysky Universytetu «KROK» [Scientific notes of the "KROK" University]*, 3(67), 39–47. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-67-39-47> [in Ukrainian].

Yarmola, K.V. (2023). Stratehiyi vykhodu kompaniy na rynek vidnovlyuval'nykh dzherel enerhiyi v umovakh hlobal'nykh klimatychnykh zmin [Strategies for companies to enter the market of renewable energy sources in conditions of global climate change]. *Novi kompetentsiyi dlya Industriyi 5.0 ta upravlinnya danymi dlya zakladiv vyshchoyi osvity – New competencies for Industry 5.0 and data management for institutions of higher education: collection of materials of the round table: zbirnyk materialiv kruhloho stolu / pid zah. red. Khrapkinoyi V.V., Pichyk K.V.; Natsional'nyy universytet "Kyievo-Mohylyans'ka akademiya, Kyiv. NaUKMA* [in Ukrainian].

Affordable and Clean Energy. Swedish Energy Agency, (2021). [Electronic resource]. URL: <http://www.energimyndigheten.se/en/aboutus/> (access date 10.01.2024) [in English].

BDO in Ukraine. (2023). Nayblyzhche maybutnye vidnovlyuval'nykh dzherel enerhiyi. Mizhnarodna audytors'ka kompaniya BDO – BDO [The near future of renewable energy sources. International auditing company BDO – BDO]. [Electronic resource]. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2023-the-near-future-of-renewables> (access date 12.01.2024) [in Ukrainian].

EarthExplorer. (2023). [Electronic resource] URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date 12.01.2024) [in English].

Makedon, V., Dzeveluk, A., Khaustova, Y., Bieliakova, O., & Nazarenko, I. (2021). Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 29, 1, 73–91 [in English].

Obukhov, S., Ibrahim, A., Tolba, M.A., & M.El-Rifaie, A. (2019). Power balance management of an autonomous hybrid energy system based on the dual-energy storage. *Energies*, 12. <https://doi.org/10.3390/en12244690> [in English].

Products. Energy, sustainability and innovation. Enel Group (2023). [Electronic resource]. URL: <https://www.enel.com/company/services-and-products> (access date 04.01.2024) [in English].

Renewables 2020: Analysis and forecast to 2025. (2020). [Electronic resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020> (access date 12.01.2024) [in English].

The big choices for oil and gas in navigating the energy transition (2023). McKinsey & Company. [Electronic resource]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-big-choices-for-oil-and-gas-in-navigating-the-energy-transition?cid=emlweb> (access date 04.01.2024) [in English].

Zhang, X., Yao, G., Vishwakarma, S., Musumba, M., Heyman, A., & Eric A., Davidson (2021). Quantitative assessment of agricultural sustainability reveals divergent priorities among nations. *One Earthe*, 4, 1262–1277 [in English].

Отримано: 30.01.2024

Прийнято: 19.02.2024



УДК 502+591.5

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.25>

## ВИДОВА РІЗНОМАНІТНІСТЬ ТА ФІТОЦЕНОТИЧНА ПРИУРОЧЕНІСТЬ ПРЕДСТАВНИКІВ ORTHOPTERA В КАР'ЄРАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

І. В. Хом'як<sup>1</sup>

Метою статті є встановлення видового різноманіття представників ряду Orthoptera на території кар'єрів Центрального полісся та їхній зв'язок із рослинними угрупованнями. Відповідно до мети були поставлені такі завдання: встановити видове різноманіття представників ряду Orthoptera на території кар'єрів Центрального Полісся; визначити синтаксономічну структуру рослинності території кар'єрів Центрального Полісся; встановити зв'язок між окремими видами ряду Orthoptera та рослинними угрупованнями. Представники ряду були виявлені лише в 86,2% обстежених об'єктів. На території більшості об'єктів зустрічаються *Chorthippus biguttulus* (75,9%), *Tettigonia viridissima* (68,9%), *Gryllus campestris* (58,6%) та *Locusta migratoria* (55,2%). *Chorthippus brunneus*, *Oedipoda caerulea*, *Omocestus viridulus*, *Podisma pedestris*, *Sphingonotus caeruleus* були виявлені лише на одному із об'єктів (3,4%). На території кар'єрів в межах Центрального Полісся виявлено 17 видів ряду Orthoptera, які належать до 13 родів 3 родин.

Найвище видове різноманіття спостерігається в родині Acrididae. Воно складає 12 видів, які належать до 8 родів. Представники ряду Orthoptera зустрічаються в рослинних угрупованнях які належать до 9 класів 14 порядків 19 союзів 35 асоціацій. Найвище фітоценотичне різноманіття мають класи рослинних угруповань *Molinio-Arrhenatheretea*, що об'єднує 11 асоціацій (31,4% фітоценотичного різноманіття), 3 союзи (15,8%) та 3 порядки (21,4%) і клас *Artemisietea vulgaris*, що складається із 10 асоціацій (28,6%), 4 союзи (21,1%) та 2 порядки (14,3%). Види ряду Orthoptera входять до складу чотирьох оселищ, занесених до 4 резолюції Бернської конвенції: «E1.71 Угруповання *Nardus stricta* (*Nardus stricta* swards)» із асоціацією рослинності *Calluno-Nardetum*, «E2.2 Рівнинні та низькогірні сінокосні луки (*Low and medium altitude hay meadows*)» із порядком рослинності *Arrhenatheretalia elatioris*, «E3.4 Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки (*Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland*)» із порядком рослинності *Molinetalia* та «F4.2 Сухі пущища (*Dry heaths*)» із класами рослинності *Sedo-Scleranthetetea* й *Calluno-Ulicetea*.

**Ключові слова:** біорізноманіття, селітебні екосистеми, рослинні угруповання, антропогенні ландшафти.

<sup>1</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)  
e-mail: khomyakivan@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-0080-0019



## SPECIES DIVERSITY AND PHYTOCENOTICS REPRESENTATIVES OF ORTHOPTERA IN THE QUARRIES OF THE ZHYTOMYR POLISSIA

I. V. Khomiak

The purpose of the article is to establish the species diversity of representatives of the Orthoptera order in the territory of the Central Polissia quarries and their relationship with plant communities. Following the goal, the following tasks were set: to establish the species diversity of representatives of the Orthoptera order in the territory of the Central Polissia quarries; determine the syntaxonomic structure of the vegetation of the territory of the Central Polissia quarries; to establish a connection between individual species of the Orthoptera order and plant groups. Representatives of the series were found in only 86.2% of the examined objects. *Chorthippus biguttulus* (75.9%), *Tettigonia viridissima* (68.9%), *Gryllus campestris* (58.6%) and *Locusta migratoria* (55.2%) are found on the territory of most objects. *Chorthippus brunneus*, *Oedipoda caerulescens*, *Omocestus viridulus*, *Podisma pedestris*, and *Sphingonotus caeruleus* were found only at one of the sites (3.4%). 17 species of Orthoptera order belonging to 13 genera of 3 families were found on the territory of the quarries within the Central Polissia. The highest species diversity is observed in the Acrididae family. It consists of 12 species belonging to 8 genera. Representatives of the Orthoptera order are found in plant groups belonging to 9 classes, 14 orders, 19 unions, and 35 associations. Among them, the highest phytocoenotic diversity has the classes of plant groups *Molinio-Arrhenatheretea*, which includes 11 associations (31.4% of the phytocoenotic diversity), 3 associations (15.8%) and 3 orders (21.4%) and the *Artemisietea vulgaris* class, which includes 10 associations (28.6%), 4 unions (21.1%) and 2 orders (14.3%). Species of the Orthoptera order are part of four rarities habitats listed in Resolution 4 of the Berne Convention: "E1. 71 *Nardus stricta* grouping (*Nardus stricta* swards)" with *Calluno-Nardetum* vegetation association, "E2.2 Low and medium altitude hay meadows" with *Arrhenatheretalia elatioris* vegetation order, "E3.4 Wet or humid eutrophic and mesotrophic meadows (Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland)" with vegetation order *Molinetalia* and "F4.2 Dry heaths" with vegetation classes *Sedo-Scleranthetetea* and *Calluno-Ulicetea*.

**Key words:** biodiversity, settlement ecosystems, plant communities, anthropogenic landscapes.

### Вступ

У наукових дискусіях, щодо визначення величини антропогенної трансформації, вчені раз по раз доходять до висновку, що на нашій планеті не залишилося жодного куточка, де б не було помітно наслідків прямого чи опосередкованого впливу людської діяльності (Хом'як та ін., 2020). Тобто, ми визнаємо, що усі природні оселища змінені. При цьому, ці зміни відбулися набагато швидше, ніж у більшості видів встигли з'явитися еволюційні механізми, що мають допомогти адаптуватися до них. Це запускає ряд системних збоїв, які ведуть до локальних вимирань видів та руйнування оселищ. Такі місцеві порушення можуть накопичуватися та резонувати і, врешті-решт, привести до глобальної трансформації біосфери. Такі події, неодноразово відбувалися в історії нашої планети. Серед причин глобальних катастроф частіше траплялися потужні космічні та планетарні явища (Bostrom & Ćirković, 2011). Інколи, як у випадку із «кисневою катастрофою», це було спричинено активним розвитком еволюційно нової групи організмів (Morris & Schwartzman, 2003). У наш час, ні планетарні, ні космічні загрози не зникли. Також, залишається ймовірність появи еволюційно

нової групи організмів, які катастрофічно трансформують біосферу. Однак, таким організмом можемо бути і ми самі.

У ситуації із загрозою глобальних катастроф ми потрапляємо в ситуацію етичного дуалізму (Chon-Torres, 2018). З одного боку, потрібно протистояти потенційній небезпеці космічного масштабу, яка загрожує знищити усе життя на Землі. Сучасні астрофізичні дослідження пояснюють феномен «Великого мовчання» або «Парадокс Фермі» саме ворожістю космічних явищ до життя (Visconti, 2021). Тобто, ми, як вид, що постійно нарощує свої спроможності до оперування речовиною та енергією, а також, вид із високою здатністю обробляти інформацію та робити прогнози майбутнього, на сьогодні є єдиним шансом для виживання біосфери. З іншого боку, ми, зі своєю егоцентричною мотивацією вчинків, самі можемо спричинити катастрофу планетарного масштабу (Chon-Torres, 2018). Більш за все це буде не летальне враження біосфери, яка відновиться від нього за кілька мільйонів років. Справа в тому, що ми залишаємося видом, який все ще дуже сильно інтегрований в екосистемне оточення і життєво залежний від його ресурсів. Таким чином, ми самознищимося раніше, ніж встигнемо

завдати критичної шкоди життю планети. Крім того, чим менш оптимальні для нас умови середовища, тим ми маємо нижчі спроможності для його змін. Це певною мірою, спонтанний механізм саморегуляції. Однак, поки ми будемо відновлюватися від шкоди завданої екологічною кризою, може виникнути катастрофа космічного масштабу, якій не буде кому протистояти і, яка знищить нас разом із залишками життям на Землі. Саме тому, вивчення біорізноманіття порушених людиною екотопів, як основи для стійкості екосистем та їхнього швидкого природного відновлення є надзвичайно актуальним. Такі дослідження мають на меті розглянути, як взаємодіють між собою різні систематичні та екологічні групи організмів в умовах антропогенного тиску та антропогенної трансформації екосистем.

Місця гірничих розробок (кар'єри і шахти) є ідеальним об'єктом для дослідження впливу антропогенної трансформації на різноманітні групи організмів та зв'язків між ними (Хом'як та ін., 2021). Тут зустрічаються ділянки, які повністю змінені людиною і ті, які залишаються в умовно природному стані (Kotsiuba et al., 2023). Також, тут є частини території, які все ще існують під максимальним тиском людської діяльності та ті, що перебувають без такого прямого впливу (Хом'як, 2022). І найголовніше, тут велика різноманітність екосистем, що знаходяться на різних стадіях автогенної сукцесії, що супроводжує природне відновлення рослинності на порушених екотопах (Тимченко і Хом'як, 2019). Центральне Полісся, назване академіком А. Є. Ферсманом «Уралом в мініатюрі», робить його гірничі промислові об'єкти ідеальним полігоном для таких досліджень. Їхня актуальність зростає останнім часом, через активні військові дії, які не припиняються на території України в результаті російської агресії (Хом'як, 2018). Зміни в екосистемах гірничих об'єктів багато в чому є аналогічними тим, які виникають в результаті активних бойових дій (Хом'як та ін., 2023).

Метою статті є встановлення видового різноманіття представників ряду *Orthoptera* та їхній зв'язок із рослинними угрупованнями.

Відповідно до мети були поставлені такі завдання:

- Встановити видове різноманіття представників ряду *Orthoptera* на території кар'єрів Центрального Полісся;
- Визначити синтаксономічну структуру рослинності території кар'єрів Центрального Полісся;

- Встановити зв'язок між окремими видами ряду *Orthoptera* та рослинними угрупованнями, в яких вони перебувають.

#### Матеріал і методи

Матеріалами дослідження є результати обстеження місць гірничих розробок на території Центрального Полісся в період із 2019 по 2023 роки. Обстеження проводилося стаціонарним способом в період масової вегетації – із травня по серпень кожного року. Було досліджено фауну прямокрилих та рослинність на території 29 гірничих виробітків. Під час досліджень було здійснено визначення видів ряду *Orthoptera* та закладено серію геоботанічних описів у місцях їхнього знаходження.

Описи виконувалися за правилами еколого-флористичних підходів швейцарсько-французької школи Браун Бланке (Westhoff & Maarel, 1973). Описи здійснювалися на гомогенних ділянках, рослинний покрив яких сформований в присутності представників ряду *Orthoptera*. Гомогенність визначалася за візуальною подібністю едафічних умов, фізіономіки ценозу, мікрорельєфу та доміант в видимих ярусах. Розміри ділянок співвідносилися із висотою доміантів вищого ярусу. Для лучної рослинності вони дорівнювали 2 на 2 м., для чагарникової та молодих лісів 10 на 10 м., стиглих лісів 25 на 25 м. Якщо рослинність була розташована у вигляді стрічки, то опис робився, слідуючи за її природними межами у поперечнику, а у довжину 2 м. для трав'яної рослинності, 5 м. – для чагарникової та 10 м. – для лісової (Якубенко та ін., 2020). Проективне покриття видів встановлювалося за класичною семибальною шкалою Браун Бланке. Опис заносився в базу даних із використанням програми Turboveg 2.0. (Hennekens, 2009). Класифікація рослинних угруповань здійснювалася за допомогою програми JUICE 7.0, а їх ідентифікація із використанням «Продромусу рослинності України» (Дубина та ін., 2019). Назви видів вищих судинних рослин подаються із врахуванням рекомендацій «Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist» (Mosyakin & Fedoronchuk, 1999)

Видова належність видів *Orthoptera* визначалася за допомогою загальноприйнятих визначників (Єрмоленко і Ключко, 1971; Bakonyi & Csiby, 1990). Назви видів наводилися відповідно до чек-листа прямокрилих Європи із врахуванням сучасних публікацій щодо кожного із видів (Heller et al., 1998)

### Результати

Під час обстеження кар'єрів на території Центрального Полісся було виявлено 17 видів ряду *Orthoptera*, що входять до 13 родів 3 родин. Найвище видове різноманіття спостерігається в Родини *Acrididae*. Воно складає 12 видів, які належать до 8 родів. На другому місці знаходиться родина *Tettigoniidae* із 3 видами і родами та родина *Gryllidae* із 2 видами і родами. Більшість родів представлені одним видом. Винятками є роди *Chorthippus* та *Omocestus*, фауна яких на цій території складається із трьох видів (табл. 1).

Представники ряду були виявлені лише у 86,2% обстежених об'єктів. Деякі види зустрічалися на території більшості об'єктів. Серед них *Chorthippus biguttulus* (75,9%), *Tettigonia viridissima* (68,9%), *Gryllus campestris* (58,6%) та *Locusta migratoria* (55,2%). Більше половини видів зафіксовані на одному-двох обстежених об'єктах (3,4-6,9%). Це *Chorthippus brunneus*, *Oedipoda caerulescens*, *Omocestus viridulus*, *Podisma pedestris*, *Sphingonotus caerulans*, *Barbitistes constrictus*, *Dociostaurus brevicollis*, *Omocestus haemorrhoidalis* та *Psophus stridulus*.

Вищеназвані види зустрічаються в рослинних угрупованнях, які відносяться до 9 класів 14 порядків 19 союзів 35 асоціацій (табл. 2). Найвище фітоценотичне різноманіття мають класи рослинних угруповань *Molinio-Arrhenatheretea*, що складається із 11 асоціацій (31,4% фітоценотичного різ-

номаніття), 3 союзи (15,8%) та 3 порядки (21,4%). На другому місці знаходиться клас *Artemisietea vulgaris*, що складається із 10 асоціацій (28,6%), 4 союзи (21,1%) та 2 порядки (14,3%). Деяко менші показники мають класи *Trifolio-Geranietea* із 7 асоціаціями (20,0%), 2 союзами (10,5%) та 1 порядком (7,1%) та *Stellarietea mediae* із 4 асоціаціями (11,4%), 3 союзами (15,8%) та 1 порядком (7,1%). Із перерахованих рослинних угруповань чотири із них формують раритетні оселища занесені до 4 резолюції Бернської конвенції. Це «E1.71 Угруповання *Nardus stricta* (*Nardus stricta* swards)» із асоціацією рослинності *Calluno-Nardetum*, «E2.2 Рівнинні та низькогірні сінокосні луки (Low and medium altitude hay meadows)» із порядком рослинності *Arrhenatheretalia elatioris*, «E3.4 Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки (Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland)» із порядком рослинності *Molinetalia* та «F4.2 Сухі пустища (Dry heaths)» із класами рослинності *Scleranthetetea* й *Calluno-Ulicetea*.

Розподіл видів по оселищах, сформованих різними рослинними угрупованнями не рівномірний. Існують види, які зустрічаються в більшості вищеназваних угруповань і ті, які мають більш обмежені уподобання (табл. 3). Частіше це види, які є найбільш поширеними, заселяють максимальне число екоотопів. *Chorthippus biguttulus*, *Tettigonia viridissima*, *Gryllus campestris* та *Locusta migratoria* зустрічаються практично в усіх асоціаціях класів *Trifolio-Geranietea Artemisietea*

Таблиця 1  
Видове різноманіття ряду *Orthoptera* на території Центрального Полісся

Родини	Роди	Види
Acrididae	Chorthippus	Chorthippus biguttulus
		Chorthippus dorsatus
		Chorthippus brunneus
	Dociostaurus	Dociostaurus brevicollis
	Locusta	Locusta migratoria
	Oedipoda	Oedipoda caerulescens
	Omocestus	Omocestus rufipes
		Omocestus haemorrhoidalis
		Omocestus viridulus
	Psophus	Psophus stridulus
Podisma	Podisma pedestris	
Sphingonotus	Sphingonotus caerulans	
Gryllidae	Gryllus	Gryllus campestris
	Gryllotalpa	Gryllotalpa gryllotalpa
Tettigoniidae	Decticus	Decticus verrucivorus
	Tettigonia	Tettigonia viridissima
	Barbitistes	Barbitistes constrictus

Таблиця 2

Синтаксономічна структура оселищ в яких знайдено представників *Orthoptera*

Клас	Порядок	Союз	Асоціація	
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	<i>Pinetalia sylvestris</i>	<i>Dicrano-Pinion</i>	<i>Dicrano-Pinetum</i>	
			<i>Peucedano-Pinetum</i>	
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	<i>Galietalia veri</i>	<i>Agrostion vinealis</i>	<i>Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris</i>	
			<i>Agrostietum vinealis-tenuis</i>	
			<i>Poo angustifoliae-Arrhenatheretum elatiori</i>	
			<i>Potentillo argenteae-Poetum angustifoliae</i>	
			<i>Achillea submiefolium-Dactyletum glomeratae</i>	
	<i>Arrhenatheretalia elatioris</i>	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	<i>Poëtum pratensis</i>	
			<i>Festucetum pratensis</i>	
			<i>Anthoxantho odorati-Agrostietum tenuis</i>	
			<i>Cynosurion cristati</i>	
	<i>Lolietum perennis</i>			
<i>Molinetalia</i>	<i>Calthion palustris</i>	<i>Scirpetum sylvatici</i>		
<i>Trifolio-Geranietea</i>	<i>Origanetalia</i>	<i>Trifolion medii</i>	<i>Agrimonio-Vicietum cassubicae</i>	
			<i>Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii</i>	
			<i>Trifolio-Melampyretum nemorosi</i>	
		<i>Geranion sanguinei</i>	<i>Trifolio medii-Astragaletum ciceris</i>	
			<i>Campanulo-Vicietum tenuifoliae</i>	
			<i>Origano vulgaris-Vincetoxicetum hirundinariae</i>	
			<i>Geranio-Trifolietum alpestris</i>	
<i>Nardetea strictae</i>	<i>Nardetalia</i>	<i>Violion caninae</i>	<i>Calluno-Nardetum</i>	
<i>Sedo-Scleranthetetea</i>	<i>Alysso alyssoidis-Sedetalia albi</i>	<i>Alysso alyssoidis-Sedion</i>	<i>Sedo acri-Dianthetum hypanicii</i>	
	<i>Sedo-Scleranthetalia</i>	<i>Hyperico perforati-Scleranthion perennis</i>	<i>Thymo pulegioidis-Sedetum sexangularis</i>	
<i>Calluno-Ulicetea</i>	<i>Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae</i>	<i>Calluno-Genistion pilosae</i>	<i>Calluno-Genistetum</i>	
<i>Epilobietea angustifolii</i>	<i>Galeopsio-Senecionetalia sylvatici</i>	<i>Epilobion angustifolii</i>	<i>Calamagrostietum epigii</i>	
<i>Artemisietea vulgaris</i>	<i>Agropyretalia intermedio-repentis</i>	<i>Convolvulo-Agropyron repentis</i>	<i>Agropyretum repentis</i>	
			<i>Onopordetalia acanthii</i>	<i>Arctietum lappae</i>
				<i>Arctio-Artemisietum vulgaris</i>
				<i>Echio-Verbascetum</i>
	<i>Dauco-Melilotenion</i>	<i>Berteroëtum incanae</i>		
		<i>Dauco-Picridetum hieracioidis</i>		
	<i>Onopordion acanthii</i>	<i>Onopordetum acanthii</i>		
		<i>Potentilo-Artemisietum absintii</i>		
		<i>Tanaceto-Artemisietum vulgaris</i>		
<i>Stellarietea mediae</i>	<i>Atriplici-Chenopodietalia albi</i>	<i>Panico-Setarion</i>	<i>Echinochloo-Setarietum</i>	
			<i>Sisimbrietalia sophiae</i>	
		<i>Malvion neglectae</i>	<i>Polygono arenastri-Chenopodietum muralis</i>	
			<i>Erigeronto canadensis-Lactucetum serriolae</i>	
		<i>Sisymbriion officinalis</i>		

Таблиця 3

Розподіл видів між рослинними угрупованнями різного рівня класифікації рослинності

Види	Синтаксони рослинних угруповань (від класу до асоціації)
<i>Chorthippus biguttulus</i>	Trifolio-Geranietea, Artemisietea vulgaris, Galietalia veri, Calamagrostietum epigii
<i>Chorthippus dorsatus</i>	Scirpetum sylvatici, Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii
<i>Chorthippus brunneus</i>	Nardetea strictae, Sedo-Scleranthetetea
<i>Docostaurus brevicollis</i>	Sisimbrietalia sophiae, Atriplici-Chenopodietalia
<i>Locusta migratoria</i>	Trifolio-Geranietea, Artemisietea vulgaris, Galietalia veri, Calamagrostietum epigii,
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Calluno-Ulicetea
<i>Omocestus rufipes</i>	Trifolio-Geranietea, Galietalia veri
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	Calluno-Ulicetea, Nardetea strictae, Sedo-Scleranthetetea, Agrostietum vinealis-tenuis
<i>Omocestus viridulus</i>	Arrhenatheretalia elatioris
<i>Psophus stridulus</i>	Artemisietea vulgaris
<i>Podisma pedestris</i>	Galietalia veri
<i>Sphingonotus caerulans</i>	Calluno-Ulicetea, Nardetea strictae, Sedo-Scleranthetetea
<i>Gryllus campestris</i>	Trifolio-Geranietea, Artemisietea vulgaris, Galietalia veri, Calamagrostietum epigii,
<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	Agropyretum repentis, Echinochloo-Setarietum
<i>Decticus verrucivorus</i>	Calluno-Ulicetea, Sedo-Scleranthetetea, Potentilo-Artemisietum absintii
<i>Tettigonia viridissima</i>	Trifolio-Geranietea, Artemisietea vulgaris, Galietalia veri, Calamagrostietum epigii,
<i>Barbitistes constrictus</i>	Dicrano-Pinetum, Peucedano-Pinetum

*vulgaris*, порядку *Galietalia veri* (класу *Molinio-Arrhenatheretea*) та асоціації *Calamagrostietum epigii* (класу *Epilobietea angustifolii*). Водночас, лише в двох асоціаціях зустрічаються такі види, як *Chorthippus dorsatus* (*Scirpetum sylvatici*, *Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii*), *Gryllotalpa gryllotalpa* (*Agropyretum repentis*, *Echinochloo-Setarietum*) та *Barbitistes constrictus* (*Dicrano-Pinetum* та *Peucedano-Pinetum*). Останній вид єдиний, який досить часто зустрічався в молодих соснових лісах класу *Vaccinio-Piceetea*.

### Обговорення

Для території України за літературними даними наводиться 186 видів *Orthoptera*, які належать до 11 родин. Більшість різноманіття прямокрилих зосереджено в Степовій зоні, Криму та Карпатському регіоні (Єрмоленко і Ключко, 1971). Наші дослідження обмежені однією геоботанічною округою Полісся та ще й специфічними антропогенними територіям. Відповідно очікувалося набагато нижче видове різноманіття цих видів. На ділянках, що знаходяться безпосередньо біля кар'єрів або й всередині них самих, ми спостерігаємо лише 9,1% видів та 27,3% родин фауни прямокрилих України. Це досить високі показники для селітебних та сильно антро-

погенно трансформованих екосистем найбільшого на представників цієї групи регіону. Слід також зазначити, що три види (17,6%) (*Chorthippus brunneus*, *Omocestus viridulus* та *Sphingonotus caerulans*) є унікальними елементами (консументами першого порядку) фауни раритетних оселищ. Оскільки Бернська конвенція спрямована, насамперед, на збереження оселищ рідкісних птахів (частіше консументів другого порядку), то такі види є ключовими елементами цього процесу.

Розподіл видів по родинях відповідає загальному тренду для території України. В Україні зустрічаються найпоширеніші родини *Tettigoniidae* (75 видів) *Acrididae* (73 види) *Gryllidae* (13 видів). У процентному відношенні це 40,3% для *Tettigoniidae*, 39,2% для *Acrididae* та 6,9% для *Gryllidae*. На обстеженій нами території співвідношення близьке, але має невеликі відмінності. Так за кількістю видів на першому місці є родина *Acrididae* (12 видів). За нею слідує родина *Tettigoniidae* (3 види) та *Gryllidae* (2 види). У процентному співвідношенні це 70,6% для родини *Acrididae*; 17,6% для родини *Tettigoniidae* та 11,8% для родини *Gryllidae*.

Окремі види віддають перевагу певним порядкам лучної чи рудеральної рослин-

ності. *Psophus stridulus* зустрічається в найбільш сухих екотопах порядку *Onopordetalia acanthii* порядку *Onopordetalia acanthii* класу *Artemisietea vulgaris*. Найчастіше це асоціації *Potentilo-Artemisietum absintii* та *Berteroëtum incanae*. *Chorthippus dorsatus* навпаки зустрічається на вологих луках. Найчастіше, це асоціація *Scirpetum sylvatici* порядку *Molinetalia* класу *Molinio-Arrhenatheretea*. Прив'язаними до рослинності аналогічної сегетальній є *Dociostaurus brevicollis* та *Gryllotalpa gryllotalpa*.

У раритетних оселищах занесених до резолюції 4 Бернської конвенції зустрічаються *Chorthippus dorsatus*, *Chorthippus brunneus*, *Oedipoda caerulescens*, *Omocestus haemorrhoidalis*, *Omocestus viridulus*, *Sphingonotus caerulans*, *Decticus verrucivorus*. Із них *Chorthippus brunneus* *Omocestus viridulus* та *Sphingonotus caerulans* є малопоширеними на таких територіях видами. Це підвищує їхній екозоологічний статус, як рідкісного компонента раритетних оселищ.

Спостерігається взаємозв'язок між фітоценотичним різноманіттям класів рослинних угруповань і поширеністю видів, які в них зустрічаються. Найвище фітоценотичне різноманіття має клас *Molinio-Arrhenatheretea* (11 асоціацій або 31,4% фітоценотичного різноманіття, 3 союзи або 15,8% та 3 порядки або 21,4%). Саме в межах угруповань цього класу зустрічаються 58,8% виявленої нами фауни *Orthoptera*. Саме тут зустрічаються усі найпоширеніші види – *Chorthippus biguttulus*, *Tettigonia viridissima*, *Gryllus campestris* та *Locusta migratoria*. Це пояснюється тим, що такі рослинні угруповання об'єднують лучну рослинність. На території кар'єрів, це часто сухуваті луки порядку *Galietalia veri*. Утворені ними оселища є оптимальними для високої чисельності прямокрилих різних видів. Саме територія поширення такої рослинності найкраще перетинається із ареалами прямокрилих космополітів. Однак, коли мова іде про кар'єри, то більшість екотопів зазнають сильної антропогенної трансформації (Хом'як і Коцюба, 2023). У цьому випадку відбувається постантропогенна автогенна або антропогенна алогенна сукцесія, в результаті якої формуються угруповання класу *Artemisietea vulgaris* (Khom'iak et al., 2023). Такі угруповання є найбільш поширеними в районі активного гірництва. Вони для багатьох видів менш придатні ніж сухуваті луки але багато видів вимушено використовує їх, як свої оселища. Однак, є ті,

які зустрічаються виключно або переважно в них. Так *Psophus stridulus*, нами описаний виключно в межах рудеральної рослинності класу *Artemisietea vulgaris*. Деякі види виходять за межі цього класу, але тут зустрічаються частіше. Наприклад, для *Gryllotalpa gryllotalpa* – це 66,7% випадків.

Найменше фітоценотичне різноманіття мають класи *Nardetea strictae*, *Calluno-Ulicetea* та *Epilobietea angustifolii*. Незважаючи на низьке фітоценотичне різноманіття в межах класу *Epilobietea angustifolii* (одна асоціація *Calamagrostietum epigii*) зустрічається 4 види. Це найпоширеніші види *Chorthippus biguttulus*, *Tettigonia viridissima*, *Gryllus campestris* та *Locusta migratoria*. Природним аналогом сухих лук або сухих рудеральних рослинних угруповань є пустища. Вони усі характеризуються низьким фітоценотичним різноманіттям – *Calluno-Ulicetea* (1 асоціація), *Nardetea strictae* (1 асоціація) й *Sedo-Scleranthetetea* (2 асоціації). Однак, тут настільки складні умови для консументів першого порядку, що в таких оселищах можуть постійно перебувати тільки вузько пристосовані види. За нашими спостереженнями це відбувається в екотонах між класами *Molinio-Arrhenatheretea* й *Artemisietea vulgaris*, з одного боку та з *Calluno-Ulicetea*, *Nardetea strictae* й *Sedo-Scleranthetetea* іншого.

Ще одним винятком є угруповання рослинності класу *Stellarietea mediae* (11 асоціацій або 31,4% від загальної кількості синтаксонів, 3 союзи або 15,8% та 3 порядки або 21,4%), де зустрічаються лише два види *Dociostaurus brevicollis* та *Gryllotalpa gryllotalpa*. Перший вид був знайдений лише на двох кар'єрах в районі сіл Лизники та Сліпчиці. Другий помічений в районі трьох кар'єрів – в районі населених пунктів Кам'яний брід, Левків та Глинянка.

### Висновки

Представники ряду були виявлені лише в 86,2% обстежених об'єктів. На території більшості об'єктів зустрічаються *Chorthippus biguttulus* (75,9%), *Tettigonia viridissima* (68,9%), *Gryllus campestris* (58,6%) та *Locusta migratoria* (55,2%). *Chorthippus brunneus*, *Oedipoda caerulescens*, *Omocestus viridulus*, *Podisma pedestris*, *Sphingonotus caerulans* були виявлені лише на одному із об'єктів (3,4%).

На території кар'єрів в межах Центрального Полісся виявлено 17 видів ряду *Orthoptera*, які входять у 13 родів 3 родин. Найвище видове різноманіття спо-

стерігається в родини *Acrididae*. Воно складає 12 видів, які належать до 8 родів.

Представники ряду *Orthoptera* зустрічаються в рослинних угрупованнях, які належать до 9 класів 14 порядків 19 союзів 35 асоціацій. Найвище фітоценотичне різноманіття мають класи рослинних угруповань *Molinio-Arrhenatheretea*, що складається із 11 асоціацій (31,4% фітоценотичного різноманіття), 3 союзи (15,8%) та 3 порядки (21,4%) і клас *Artemisietea vulgaris*, що складається із 10 асоціацій (28,6%), 4 союзи (21,1%) та 2 порядки (14,3%).

*Scleranthetea* й *Calluno-Ulicetea*.

Види ряду *Orthoptera* входять до складу чотирьох оселищ, занесених до 4 резолюції Бернської конвенції: «E1.71 Угруповання *Nardus stricta* (*Nardus stricta* swards)» із асоціацією рослинності *Calluno-Nardetum*, «E2.2 Рівнинні та низькогірні сінокосні луки (Low and medium altitude hay meadows)» із порядком рослинності *Arrhenatheretalia elatioris*, «E3.4 Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки (Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland)» із порядком рослинності *Molinetalia* та «F4.2 Сухі пустища (Dry heaths)» із класами рослинності *Sedo-*

### Список використаної літератури

- Дубина Д.В. Продромус рослинності України. Київ : Наукова думка, 2019. 784 с.
- Єрмоленко В.М., Ключко З.Ф. Визначник комах. К.: Радянська школа, 1971. 201 с.
- Тимченко А.Ю., Хом'як І.В. Автогенні сукцесії в екосистемах гірничих виробок в долині річки Гуйва. *Біологічні дослідження – 2019: збірник наукових праць*. Житомир : «Полісся». 2019. С. 353–354.
- Хом'як І.В. Втрати екосистемних послуг і встановлення розміру збитків завданих війною. *Вплив воєнних дій на довкілля в Україні та його відновлення до природного стану*. Матеріали слухань у Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики. Київ, 2023. С. 71–75.
- Хом'як І.В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 1 (20), Т. 2. С. 69–73.
- Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2020. № 5 (32), Т. 1. С. 136–141. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.19>.
- Хом'як І.В., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П. Динаміка відновлюваної рослинності піщаних кар'єрів Житомирського Полісся. *Екологічні науки*. 2021. № 6 (39). С. 204–207. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.35>
- Хом'як І.В., Брень А.Л., Медвідь О.В., Хом'як А.К., Максименко І.Ю. Динаміка рослинності суходолу на території кар'єрів як модель постмілітарного відновлення дикої природи. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 5. С. 61–69. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.5.2023.7>.
- Хом'як І.В., Коцюба І.Ю. Видова різноманітність флори західно-глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 1. С. 60–70. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.1.2023.60-70>.
- Хом'як І.В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. *Український ботанічний журнал*. 2022. №79 (3). С. 142–153. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.03.142>.
- Якубенко Б.Є., Попович С.Ю., Устименко П.М., Дубина Д.В., Чурілов А.М. Геоботаніка : методичні аспекти досліджень. *Ліра*, 2020, 316 с.
- Bakonyi G., Csiby M. *Sáskák, Szöcskek, tücskök (Orthoptera)*. Budapest : Mora, 1990. 64 s.
- Bostrom, N., Ćirković, M. *Global catastrophic risks*. Oxford: Oxford University Press. 2011. 554 p.
- Chon-Torres O.A. Astrobioethics. *International Journal of Astrobiology*. 2018. № 1. P. 51–56. <https://doi.org/10.1017/S1473550417000064>.
- Heller K.G., Korsunovskaya O., Ragge D.R., Vedenina V., Willemse F., Zhantiev R.D., Frantsevich L. Check-list of European Orthoptera. *Articulata*. 1998. 7. P. 1–61.
- Hennekens S. *Turbogev for Windows*. 1998–2007. Version 2. Wageningen: *Inst. voor Bos en Natuur*. 2009. 84 p.
- Khomiak I.V., Bren A.L., Medvid O.V., Khomiak A.K., Maksymenko I.Yu. Dynamics of terrestrial vegetation on the territory of quarries as a model of post-military restoration of wild nature. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2023. № 5. P. 61–69. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.5.2023.7>.

Kotsiuba I.Y., Khomiak I.V., Bren A., Shamonina M. Ecological strategies of plants in the process of restoration of disrupted natural ecosystems of Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2023. Vol. 3. P. 186–198. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.186-198>.

Morris S.C., Schwartzman D. Life, Temperature and the Earth. The Self-Organizing Biosphere. *Geological Magazine*. 2003. 140 (3). 363 p.

Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine: a Nomenclatural checklist. Kiev, National Academy of Sciences of Ukraine M.G. Kholodny Institute of Botany. 1999. 345 p.

Schwartzman D. SYMP 22-1: Ecosystems and climates in light of four billion years of history. In *The 93rd ESA Annual Meeting*. 2008.

Visconti G. The Fermi Paradox. *Climate, Planetary and Evolutionary Sciences: A Machine-Generated Literature Overview*. 2021. P. 331–343. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8_10).

Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science*. Part V: *Ordination and Classification of Vegetation*. Ed. By R.H. Whittaker. The Hague. 1973. P. 619–726.

### References (translanted & transliterated)

Dubyna, D.V. (2019). Prodrumus roslynnosti Ukraïny [Prodrumus vegetation of Ukraine]. Kyjiv : *Naukova dumka* [in Ukrainian].

Jermolenko, V.M., & Kljuchko, Z.F. (1971). Vyznachnyk komakh [Identifier of insects]. Kyjiv : *Radjansjka shkola* [in Ukrainian].

Tymchenko, A.Ju., & Khomiak, I.V. (2019). Avtoghenni sukcesiji v ekosystemakh ghirnychkykh vyrobok v dolyni richky Ghujva [Autogenic successions in ecosystems of mine workings in the valley of the Guiva River]. *Zb. nauk. pracj Biologichni doslidzhennja* [Biological research – 2019: collection of scientific works – 2019]. Zhytomyr : Polissja, pp. 353–354 [in Ukrainian].

Khomiak, I.V. (2023). Vtraty ekosystemnykh posluh i vstanovlennia rozmiru zbytkiv zavdanykh viinoiu [Losses of ecosystem services and determining the extent of damage caused by war]. *Materialy slukhan u Komiteti Verkhovnoi Rady Ukraïny z pytan ekolohichnoi polityky na temu: «Vplyv voïennykh diï na dovkilla v Ukraïni ta yoho vidnovlennia do pryrodnoho stanu»* [Materials of hearings in the Committee of the Verkhovna Rada of Ukraine on environmental policy on the topic: «The impact of military operations on the environment in Ukraine and its restoration to a natural state»] Kyiv, pp. 71–75 [in Ukrainian].

Khomiak, I.V. (2018). Osoblyvosti antropoghennogho vplyvu na pryrodnu dynamiku ekosystem Ukraïnsjckogho Polissja [Peculiarities of anthropogenic influence on the natural dynamics of ecosystems of the Ukrainian Polissia]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], 1 (20), 69–73 [in Ukrainian].

Khomiak, I.V., Vasylenko, O.M., Harbar, D.A., Andriichuk, T.V., Kostiuik, V.S., Vlasenko, R.P., Shpakovska, L.V., Demchuk, N.S., Harbar, O.V., Onyshchuk, I.P., & Kotsiuba, I.Iu. (2020). Metodolohichni pidkhody do stvorennia intehrovanoho synfitoindykatsiinoho pokaznyka antropohennoi transformatsii [Methodological approaches to the creation of an integrated synphyto-indicative indicator of anthropogenic transformation]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], 5 (32), 1, 136–141. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.19> [in Ukrainian].

Khomiak, I.V., Harbar, D.A., Andriichuk, T.V., Kostiuik, V.S., & Vlasenko, R.P. (2021). Dynamika vidnovliuvanoi roslynnosti pishchanykh karjeriv Zhytomyrskoho Polissja [Dynamics of regenerating vegetation in sand quarries of Zhytomyr Polissia]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], 6 (39), 204–207. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.35> [in Ukrainian].

Khomiak, I.V., Bren, A.L., Medvid, O.V., Khomiak, A.K., & Maksymenko, I.Ju. (2023). Dynamika roslynnosti sukhodolu na terytoriji kar'jeriv yak modelj postmilitarnogho vidnovlennja dykoji pryrody [The dynamics of dryland vegetation on the territory of quarries as a model of post-military restoration of wildlife]. *Ukrayins'kyj zhurnal pryrodnychkykh nauk* [Ukrainian Journal of Natural Sciences], (5), 61–69. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.5.2023.7> [in Ukrainian].

Khomiak, I.V., & Kotsiuba, I.Yu. (2022). Vydova riznomanitnist flory zakhidno-hlynianskoi dilianky Dubrivskoho rodovyshcha pervynnykh kaoliniv [Species diversity of the flora of the western Glinyan section of the Dubrivskoye deposit of primary kaolins]. *Ukrayins'kyj zhurnal pryrodnychkykh nauk* [Ukrainian Journal of Natural Sciences], (1), 60–70. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.1.2023.60-70> [in Ukrainian].

Khomiak, I.V. (2022). Syntaksonomiia vidnovliuvanoi roslynnosti karjeriv Tsentralnoho Polissja [Syntaxonomy of the regenerating vegetation of the quarries of the Central Polissia]. *Ukrayins'kyj*



*botanichnyy zhurnal [Ukrainskyi botanichnyi zhurnal]*, 79(3), 142–153. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.03.142> [in Ukrainian].

Yakubenko, B.Ie., Popovych, S.Iu., Ustymenko, P.M., Dubyna, D.V., & Churilov, A.M. (2020). Heobotanika: metodychni aspekty doslidzhen [Geobotany: methodological aspects of research]. Lira [in Ukrainian].

Bakonyi, G., & Csiby, M. (1990). Sásákák, Szöcskek, tücskök (Orthoptera). Budapest : Mora [in English].

Bostrom, N., & Čirković, M. (2011). Global catastrophic risks. Oxford: Oxford University Press [in English].

Chon-Torres, O.A. (2018). Astrobioethics. *International Journal of Astrobiology*, 1, 51–56. <https://doi.org/10.1017/S1473550417000064> [in English].

Heller, K.G., Korsunovskaya, O., Ragge, D.R., Vedenina, V., Willemse, F., Zhantiev, R.D., & Frantsevich, L. (1998). Check-list of European Orthoptera. *Articulata*, 7, 1–61 [in English].

Hennekens, S. (2009). Turboveg for Windows. 1998–2007. Version 2. Wageningen: Inst. voor Bos en Natuur [in English].

Kotsiuba, I.Y., Khomiak, I.V., Bren, A., & Shamonina, M. (2023). Ecological strategies of plants in the process of restoration of disrupted natural ecosystems of Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 3. <https://doi.org/186-198>. 10.35433/naturaljournal.3.2023.186-198 [in English].

Morris, S.C. (2003). Schwartzman, D. Life, Temperature and the Earth. The Self-Organizing Biosphere. *Geological Magazine*, 140 (3), 363 [in English].

Mosyakin, S.L., & Fedoronchuk, M.M. (1999) Vascular Plants of Ukraine: a Nomenclatural checklist. Kiev, National Academy of Sciences of Ukraine M.G. Kholodny Institute of Botany [in English].

Schwartzman, D. (2008). SYMP 22-1: Ecosystems and climates in light of four billion years of history. In *The 93rd ESA Annual Meeting* [in English].

Visconti, G. (2021). The Fermi Paradox. *Climate, Planetary and Evolutionary Sciences: A Machine-Generated Literature Overview*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8_10) [in English].

Westhoff, V., & Maarel, E. van der. (1973). The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science*. Part V: *Ordination and Classification of Vegetation*. Ed. By R.H. Whittaker. The Hague. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74713-8_10) [in English].

Отримано: 29.01.2024

Прийнято: 14.02.2024



УДК 634.0.232(477.63)

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.26>

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДСТИЛКИ МІСЬКИХ ПАРКІВ ЯК ПОКАЗНИКИ СТУПЕНЮ ЇХ РЕКРЕАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ

А. С. Чонгова<sup>1</sup>, М. С. Якуба<sup>2</sup>, К. Г. Єрємін<sup>3</sup>

Парк «Зелений гай» у м. Дніпро – це сучасний рекреаційний простір створений на основі природного байрачного лісу. Проте, інтенсивна рекреаційна діяльність містян може призвести до збіднення видового складу угруповання, негативних змін у процесах функціонування і кругообігу речовин у екосистемі та спричинити зниження стійкості рослинного угруповання, погіршення його функціонального стану і втрату декоративності. Тому, необхідною умовою забезпечення належного догляду, впровадження своєчасних заходів зі збереження, захисту та підтримки паркового угруповання є здійснення комплексних моніторингових досліджень його стану. Доведено, що одним з важливих діагностичних показників стану деревного угруповання є стан та характеристики лісової підстилки, оскільки саме вона, як найбільш чутливий компонент лісу, першою реагує на дію факторів довкілля, в тому числі і на рекреаційні та антропо-техногенні впливи. Тому метою даної роботи було вивчення лісових та ландшафтно-рекреаційних показників деревного насадження парку «Зелений гай», а також аналіз лісової підстилки насадження як основи комплексних моніторингових спостережень стану рослинного угруповання. Об'єктом дослідження слугувало лісове насадження парку «Зелений гай» м. Дніпро. В ході дослідження парку встановлено, що середнє значення стадії рекреаційної дигресії становить 1,48, хоча 10% парку перебуває в стані сильної деградації. Ступінь рекреаційної стійкості складає 3. Опато-підстилковий коефіцієнт становить  $1,32 \pm 0,11$  і вказує на розвиток деревного насадження по степовому типу кругообігу, що є небажаним, оскільки нормально функціонуючі деревні угруповання з усталеними та налагодженими екосистемними зв'язками, як правило, розвиваються за лісовим типом кругообігу органно-мінеральних речовин, згідно шкали Родіна, Ремезова та Базілевич (1968). Отримані результати можуть бути використані для прогнозування розвитку біогеоценозів і надання практичних рекомендацій щодо догляду за насадженнями міських парків.

**Ключові слова:** рекреаційне навантаження, стадії рекреаційної дигресії, опато-підстилковий коефіцієнт (ОПК), фракційний склад, тип просторової структури.

<sup>1</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри садово-паркового мистецтва та ландшафтного дизайну  
(Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)  
e-mail: chonhova.a.s@dsau.dp.ua  
ORCID: 0000-0002-4292-8427

<sup>2</sup> кандидат біологічних наук, доцент  
доцент кафедри садово-паркового мистецтва та ландшафтного дизайну  
(Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)  
e-mail: yakuba.m.s@dsau.dp.ua  
ORCID: 0000-0003-3362-1391

<sup>3</sup> учениця 11 класу  
(Комунальний заклад освіти «Науковий медичний ліцей «Дніпро»  
Дніпропетровської обласної ради», м. Дніпро)  
e-mail: veremina268@gmail.com  
ORCID 0009-0002-0306-5902

## CHARACTERISTICS OF SUBSTRATES OF CITY PARKS AS INDICATORS OF THE DEGREE OF THEIR RECREATION SUSTAINABILITY

A. S. Chonhova, M. S. Yakuba, K. G. Eremina

*Park "Green Grove" in the city of Dnipro is a modern recreational space created on the basis of a natural forest. However, intensive recreational activities of citizens can lead to impoverishment of the species composition of the group, negative changes in the processes of functioning and circulation of substances in the ecosystem, and cause a decrease in the stability of the plant group, deterioration of its functional state and loss of decorativeness. Therefore, a necessary condition for ensuring proper care, implementation of timely measures for the preservation, protection and support of the park group is the implementation of complex monitoring studies of its condition. It has been proven that one of the important diagnostic indicators of the state of the tree group is the state and characteristics of the forest floor litter, since it is the most sensitive component of the forest that first responds to environmental factors, including recreational and anthropogenic influences. Therefore, the purpose of this work was to study the forestry and landscape-recreational indicators of the tree plantation of the "Green Grove" park, as well as the analysis of the forest litter of the plantation as a basis for complex monitoring observations of the state of the plant community. The object of the study was the forest plantation of the park "Green Grove" in the city of Dnipro. During the research of the park, it was established that the average value of the stage of recreational digression is 1.48, although 10% of the park is in a state of severe degradation. The degree of recreational sustainability is 3. The precipitation-litter coefficient is  $1.32 \pm 0.11$  and indicates the development of tree plantations according to the steppe type of cycle, which is undesirable, since normally functioning tree groups with established and well-established ecosystem connections, as a rule, develop according to the forest type of cycle of organo-mineral substances, according to the scale of Rodin, Remezova and Bazilevich (1968). The obtained results can be used to predict the development of biogeocenoses and provide practical recommendations for the care of urban park plantings.*

**Key words:** recreational load, stages of recreational digression, precipitation-litter coefficient (PLC), fractional composition, type of spatial structure.

### Вступ

У зв'язку із зростанням урбанізації все актуальнішою стає проблема організації відпочинку в природному середовищі (Bell et al., 2012; Hui et al., 2015; Мицик та ін., 2019). Зелені насадження серед міської забудови сприяють покращенню мезо-і мікроклімату та санітарно-гігієнічних умов території: оптимізують температурний та вологісний режим урбанізованої території, сповільнюють рух вітрових потоків, поглинають шкідливі викиди автотранспортних засобів та промислових підприємств, затримують пил та аерозолі, зменшують шумове та електромагнітне навантаження на міське довкілля створюючи при цьому природне пейзажне середовище (Кучерявий, 2008; Olive & Jeffrey, 2009). Проте, внаслідок виснажливого рекреаційного лісокористування на фоні техногенного впливу, деревні насадження парків втрачають свою стійкість, а відповідно і свої меліоративні та рекреаційні властивості (Цветкова і Якуба, 2007; Bell et al., 2012).

Питання щодо визначення рекреаційних навантажень та впливів рекреаційного лісокористування вивчали багато вітчизняних та зарубіжних вчених: В.А. Кучерявий (2008), О.А. Гірс (2012), О.В. Токарева (2013)

Н.В. Фоменко (2007), А.В. Шлапак (2003), S. Ferreira (2012), M. Bell, (2012) та ін.

Та на даний момент єдиної, уніфікованої, загальноприйнятої шкали для оцінки рекреаційних територій немає. Існуючі на сьогодні рекреаційні оцінки різних територій не можна порівнювати між собою, бо для їх визначення було використано різні методики. Це явище не дозволяє співставляти та порівнювати отримані результати досліджень. Ці обставини не дають змоги створити єдину систему діагностики стану насаджень на регіональному чи загальнодержавному рівні і проводити комплексні впровадження та зміни в рекреаційній галузі (Мацола, 1998).

Вченими доведено, що окремі компоненти лісового біогеоценозу виявляють різну стійкість до рекреаційних навантажень та мають свої особливості оцінки (Блага, 1998; Бондарчук, 2006; Ferreira et al., 2012; Чорна та ін., 2020, Іванько і Кулік, 2021).

Найменш стійким компонентом лісової екосистеми є трав'янистий покрив, він впливає на загальну стійкість біогеоценозу до рекреаційних навантажень (Дунаєвська і Козловський, 2013). Але часто в рекреаційних лісах значні площі представлені штучно сформованим трав'янистим покривом

(газоном) або сукупністю рослин, що не виконують функцію забезпечення стійкості екосистеми), а визначення видового складу трав'яного покриву потребує фахових знань з ботаніки, якими не завжди володіють працівники з благоустрою рекреаційних територій. Стійкість ґрунту (разом із лісовою підстилкою) є основою сталого функціонування лісового біогеоценозу, однак вивчення фізико-хімічних властивостей ґрунту потребує спеціального обладнання та лабораторних досліджень.

Деревний ярус – основний компонент лісового угруповання, який визначає, власне, саме поняття «ліс». Ранньою діагностичною ознакою стану деревостану є зниження поточного радіального приросту (Ільченко та ін., 2022). Для його виявлення необхідно проводити тривалі таксаційні дослідження та складні розрахунки. Щодо підросту й підліску, то вони є не в усіх паркових лісових біогеоценозах, оскільки розцінюються як елемент захаращеності рекреаційної території і як, правило, систематично вилучаються (Krause et al., 2007; Чонгова, 2019).

Тому стійкість лісових насаджень до рекреаційних навантажень доцільно оцінювати за показниками трансформації лісової підстилки серед яких інформативними є швидкість розкладання підстилки, що може слугувати критерієм визначення стійкості біогеоценозу (Цветкова і Якуба, 2007).

Відомо, що лісова підстилка є одним з найважливіших компонентів будь-якого деревостану. Вона формується за рахунок лісового опаду, до якого належать листя або хвоя, гілочки, кора, насіння, шишки та інші відмерлі частини деревних рослин. У процесі розкладання лісова підстилка постає елементи живлення рослинам, а також є основним джерелом живлення мікроорганізмів і значної кількості видів тварин, що формують цілісну екосистему (Kalbitz et al., 2004; Вишенська і Гінджалюк, 2021).

Лісова підстилка є найбільш вразливим компонентом до витоптування, а тому найбільше піддається рекреаційному впливу (Шарпило та ін., 2020; Брусак і Леневиц, 2020). Перш за все змінюється морфологічна будова підстилки та її фракційний склад. На ранніх стадіях антропогенного рекреаційного впливу вона ущільнюється і подрібнюється, зменшуються її потужність і запас, змінюється співвідношення. Згодом руйнуються і зникають ферментативний і гумусовий підгоризонт, органічний матеріал підстилки вдавлюється у верхній шар органо-мінераль-

ного горизонту. Опад, за умов рекреаційного впливу на паркові насадження, порівняно з аналогічними природними насадженнями, що не зазнають антропогенного впливу, швидше розкладається і мінералізується (Власенко, 2013; Леневиц, 2019).

Підсумовуючи все вище сказане можемо зазначити, що *актуальним* є вивчення стійкості паркових фітоценозів з використанням лісової підстилки як об'єкту моніторингу

Парк «Зелений гай» є одним з найпопулярніших місць відпочинку в м. Дніпро, він був створений на основі природнього балкового лісового угруповання. Проте, не зважаючи на міцні та усталені біогеоценотичні зв'язки пакової екосистеми, надмірне антропо-техногенне навантаження на парк може призвести до порушення взаємозв'язків між компонентами лісу, втрати стійкості лісового насадження та естетичних характеристик і врешті-решт може спричинити його повний розлад.

Тому, об'єктом дослідження є лісове насадження парку «Зелений гай» м. Дніпро, а предметом дослідження – лісівничі, ландшафтні, рекреаційні показники та основні характеристики лісової підстилки насаджень парку «Зелений гай».

Виходячи з цього, метою роботи є вивчення лісівничих та ландшафтно-рекреаційних показників лісового насадження парку «Зелений гай» м. Дніпро, а також аналіз лісової підстилки насадження як основи моніторингових спостережень.

Для досягнення зазначеної мети встановлено такі основні завдання: визначити основні лісівничі показники деревостану парку, провести розподіл території за функціональними зонами, проаналізувати просторову структуру парку, визначити стадію рекреаційної дигресії, рекреаційну стійкість та граничнодопустимі рекреаційні навантаження, проаналізувати морфолого-фракційний склад лісової підстилки та розрахувати опадо-підстилковий коефіцієнт.

Практична значущість результатів – результати досліджень є одним з компонентів комплексної оцінки стану рекреаційних лісів на основі якої розробляють практичні рекомендації по догляду за парковим насадженням. Дані, щодо характеристики підстилки та особливостей кругообігу органо-мінеральних речовин у паркових насадженнях можуть бути складовою подальших комплексних моніторингових спостережень за станом насаджень парків та будуть корисними у розробці сис-

тем показників стійкості лісових насаджень до впливу рекреаційних факторів, а також таких, які демонструють сучасний стан лісових екосистем, та напрям їх розвитку.

#### Матеріал і методи

Об'єктом даного дослідження є лісовий біоценоз парку «Зелений гай» площею 30 га, розміщений у Чечелівському районі міста Дніпро.

Парк було засновано у XVIII столітті на території Кленової балки. У другій половині XIX століття в верхній частині балки було побудовано дві церкви та монастир, тому прилегла територія балки отримала назву «Монастирський ліс». У післявоєнні часи парк почали розбудовувати. Він формувався як пейзажно-терасний і отримав назву «Парк ім. Ленінського комсомолу». Частина парку була реконструйована, а частину залишили у первісному природному вигляді. Тривалий час паркова територія перебувала у стані занепаду і лише у 2015 році парк знову привернув увагу керівництва міста. В межах декомунізації, парк було перейменовано на Парк «Зелений гай». В результаті реконструкції та заходів з облаштування парку він став яскравим прикладом раціонального переосмислення концепції парковпорядкування та створення міських парків з різноплановим та поліфункціональним зонуванням території.

Нині, парк «Зелений гай» є одним з найпопулярніших місць відпочинку Дніпра. Висока популярність парку «Зелений гай» зумовлює значні рекреаційні навантаження на територію, що в свою чергу можуть спровокувати несприятливі зміни у функціонуванні паркового угруповання.

Для комплексної оцінки зелених насаджень парку визначали лісівничі та ландшафтно-рекреаційні показники лісового біоценозу (Ільченко та ін., 2022). Оцінку планувальної структури парків проводили на основі ситуаційних планів, картосхем, фотознімків. Зонування території здійснювали згідно рекомендацій В. П. Кучерявого (2008). Визначали стадії рекреаційної дигресії та ступінь стійкості паркових угруповань (Шлапак та ін., 2003).

Для характеристики морфологічних ознак лісової підстилки використовували такі її показники, як: будова, потужність і маса у повітряно-сухому стані та фракційний склад (Вишенська та ін., 2010). Сформовану лісову підстилку збирали після закінчення періоду масового опадання листя деревних рослин. Відбір проб під-

стилки здійснювали на території зелених насаджень парку «Зелений гай» на обраних задалегідь типових облікових майданчиках розміром 50×50 см. Зібрану підстилку розділяли за фракціями, отримані проби зважували. Вирахували середню з усіх облікових майданчиків масу лісової підстилки перераховували на площу 1 м<sup>2</sup>. Для об'єктивного аналізу характеристик лісової підстилки дослідні площі були закладені у зоні тихого відпочинку парку, на території, що не використовується для масового відвідування містянами (рис. 1). Під час добору дослідних ділянок головною ідеєю було обрання максимально однорідних частини екосистем, що володіють основними репрезентативними властивостями насаджень. Процес відбору проб підстилки здійснено за таким принципом розташування шаблонів: обиралася типова для місцевості ділянка, у випадку трапляння у зоні відбору проб великих гілок або скупчення кори та шишок їх оминали, відбір проби здійснювався на відстані не більше 1–1,5 м від стовбура дерева.



Рис. 1. Функціональне зонування парку «Зелений гай»

Для оцінки інтенсивності та напряму біокругообігу речовин в екосистемах у роботі було використано індекс інтенсивності кругообігу або опадо-підстилковий коефіцієнт (ОПК), величина якого свідчить про життєвість та ступінь стійкості лісу. Згідно з існуючими методиками використання показника ОПК у діагностиці стану лісового угруповання збільшення показника ОПК означає гальмування кругообігу речовин у лісових екосистемах (Цветкова & Якуба, 2007), а наближення цього показника до одиниці свідчить про інтенсифікацію процесу розкладання відмерлої фітомаси та спрямування розвитку лісового угруповання подібно до даного процесу

у степовому трав'янистому угрупованні. Типи кругообігів визначені за шкалою числових показників біоциркуляції органіко-мінеральних речовин (Якуба, 2003).

### Результати

Для парку «Зелений Гай» властивий похідний природно-антропогенний фітоценоз, що створений на основі природного лісу, у якому проводилася підсадка деревних рослин.

Лісовий масив паркової ділянки формують переважно різновікові, складні, мішані насадження клену гостролистого (*Acer platanoides* L.) та акації білої (*Robinia pseudoacacia* L.). При дослідженні видового складу паркових насаджень були виявлені і супутні породи – липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.), в'яз дрібнолистий (*Ulmus parviflora* L.), гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), тополя біла (*Populus alba* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.). Чагарниковий ярус відсутній (внаслідок штучного видалення). Тип лісорослинних умов – свіжий груд (D2). Повнота деревостану 0,7, зімкненість 0,8–0,9.

На території парку є зона активного відпочинку або стаціонарної рекреації, що представлена атракціями, сучасним дитячим майданчиком, ковзанкою, літнім кінотеатром, фудзонами, парком динозаврів, пікніковим містечком, площадкою для пейнтболу. Зона прогулянкового відпочинку локалізована вдовж основних алей та доріжок з асфальтованим покриттям на схилах балки, які формують тераси. Зона тихого відпочинку розташована безпосередньо в балці і залишається відносно антропогенно нетрансформованою екосистемою (див. рис. 1). Загалом, співвідношення функціональних зон становить: активного відпочинку – 10 %, прогулянкового відпочинку – 40 % та тихого відпочинку – 50 %.

Для оцінки ландшафтно-рекреаційних показників визначали тип просторової структури насадження, стадію рекреацій-

ної дигресії, рекреаційну стійкість та гранично допустимі значення рекреаційного навантаження.

За типами простору ландшафти закритого типу становлять 55% території парку, напіввідкритого – 30 % та відкритого – 15 %. Середньозважене значення стадії рекреаційної дигресії складає 1,48, рекреаційна стійкість території належить до 3 ступеня.

Встановлено, що розподіл підстилки по площі пробних ділянок парку «Зелений гай» рівномірний. За складеністю підстилка є пухкою. Найчастіше зустрічалась підстилка двошарової будови. У більшості випадків у паркових насадженнях рекреаційного об'єкту «Зелений гай» на ділянках з пануванням клену гостролистого та акації білої утворюється достатньо потужний шар лісової підстилки товщиною 6,85±0,71 см (табл. 1).

У фракційному складі підстилки переважає листя (59 %), здебільшого, те що потрапило на поверхню ґрунту у поточному році. Підвищений вміст гілок (19 %), які трапляються і у верхньому, і у нижньому шарі, відзначається на пробних площах, де є сухостій і дає підставу зробити попередній висновок, щодо погіршення стану насаджень на досліджених територіях, у яких спостерігаються інтенсивні процеси часткового усихання крон.

### Обговорення

Функціональне зонування парку зумовлюється не лише формами рекреації, а й рельєфними особливостями території. Більша частина парку розміщена на схилах балки, це унеможливає використання цих територій для інших форм рекреацій, крім тихого відпочинку, тому саме ця функціональна зона є найбільш значною у відсотковому співвідношенні відносно інших функціональних паркових зон.

Аналіз фактичного розподілу площі парку «Зелений гай» за типами ландшафту свідчить про незначну невідповідність рекомендованим (Кучерявий, 2008) у цих умовах функціональним розподілам (рис. 2).

Таблиця 1

Характеристика лісової підстилки парку «Зелений гай» м. Дніпро

Ділянка	Потужність, см	Загальний запас, кг/м <sup>2</sup>	Фракційний склад підстилки, кг/м <sup>2</sup>			Опадо-підстилковий коефіцієнт
			Листя	Гілки, кора	Детрит, труха	
1	6,4±0,32	3,40±0,08	1,76±0,03	0,84±0,008	0,80±0,006	1,31
2	7,0±0,41	3,20±0,05	2,00±0,02	0,16±0,003	0,10±0,002	1,48
3	6,2±0,18	2,00±0,02	1,08±0,01	0,52±0,004	0,40±0,002	1,25
4	7,8 ±0,29	3,92±0,05	2,46±0,02	0,68±0,003	0,78±0,005	1,25

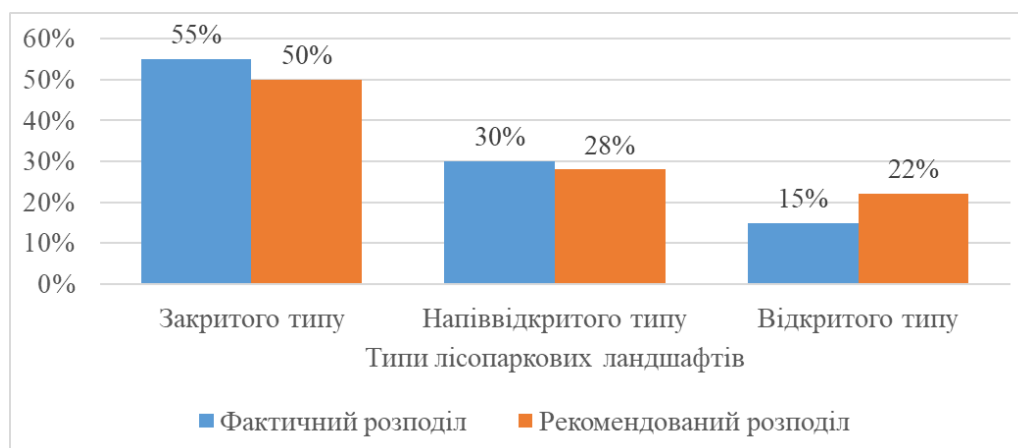


Рис. 2. Фактичний та рекомендований розподіл площ лісових ділянок парку «Зелений гай» за типами лісопаркових ландшафтів (%)

Зокрема, спостерігається ландшафтів закритого типу – 55%, при нормі 50 % та недостатня площа ландшафтів відкритого типу. Так, у містах південних районів України є вкрай необхідним захист від сонця і літньої спеки, тому тут перевага віддається закритим просторам насаджень, що створює тінь і прохолоду.

Ступінь рекреаційної стійкості – це поріг витривалості екосистеми в залежності від видового складу і природних умов. Для території парку «Зелений гай», з врахуванням крутості схилів територій, властивий 3 ступінь стійкості (з 5 існуючих). Це вказує на знижену, на період дослідження, стійкість до рекреаційних впливів паркового угруповання і потребує ретельного моніторингового дослідження за насадженням та оперативного реагування в разі погіршення його стану.

Розподіл площі паркового угруповання за стадіями рекреаційної дигресії свідчить про незначну частку територій, що зазнають сильної деградації (3 стадія і вище). До них належить лише 10 % від загальної площі лісових насаджень досліджуваного об'єкту (рис. 3)

Для підтримки нормальної життєдіяльності і довгострокового функціонування паркових насаджень необхідно, щоб фактичні навантаження не перевищували гранично допустимих, при яких ще не відбуваються незворотні зміни, а лісові насадження зберігають здатність до самовідновлення. Відповідно до типу ландшафту, враховуючи ступінь стійкості та стадію дигресії території, згідно «Методичних рекомендацій щодо визначення максимального рекреацій-

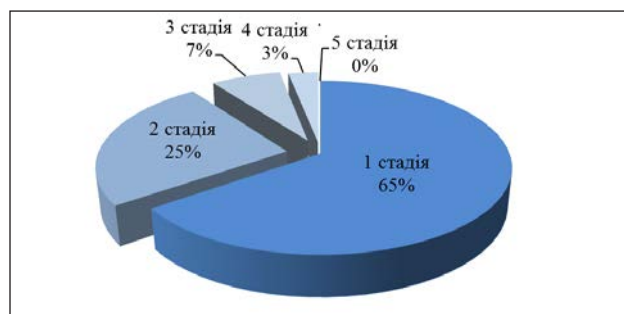


Рис. 3. Розподіл площі лісових насаджень парку «Зелений гай» за стадіями рекреаційної дигресії (%)

ного навантаження природних комплексів і об'єктів» (2003) нами було визначено значення максимального рекреаційного навантаження для насадження парку «Зелений гай». Цей показник на природних територіях становить 5,3 люд-добу/га. Максимальне рекреаційне навантаження при організованій формі рекреації, з врахуванням стану дорожно-алеїної системи, становить 110 люд-добу/га.

Показником, що характеризує інтенсивність біологічного кругообігу у роботі слугував опадо-підстилковий коефіцієнт (ОПК) (Якуба, 2006; Kalbitz et al., 2004; Вишенська та ін., 2010; Krause 2017). За інтенсивністю кругообігу органічно-мінеральних речовин виділяють два типи кругообігу: степовий (інтенсивний біологічний кругообіг) та лісовий (у різному ступені загальмований). Для ефективного функціонування лісового біоценозу у несприятливих посушливих степових умовах та здійсненні заходів з догляду за парковими насадженнями, що перебувають водночас ще

й під впливом рекреаційного навантаження, необхідно сприяти гальмуванню швидкості біологічного кругообігу органо-мінеральних речовин та уповільненню розкладання і деструкції відмерлої фітомаси (Якуба, 2003). Ці заходи дозволять рослинному угрупованню накопичувати органічні речовини для їх подальшого залучення у кругообіг та досягнення вищої продуктивності деревостану і створювати потужний підстилковий нагрунтовий шар, що має низку позитивних протиерозійних та лісорослинних властивостей (Чорнобай, 2000; Дідух і Гаврилов, 2007; Черномаз, 2016).

Опадо-підстилковий коефіцієнт досліджуваних ділянок становить  $1,32 \pm 0,11$  що, згідно десятибальної шкали числових показників біологічного кругообігу (Базилевич і Родін, 1968), відповідає категорії «інтенсивний» і оцінюється в 7 балів. Цей факт свідчить про досить інтенсивний процес трансформації органо-мінеральних речовин та зміщення процесів функціонування цього деревного біогеоценозу у напрямку остепніння, що може привести у майбутньому до негативних змін у процесах життєдіяльності лісового фітоценозу та спричинити його загибель. Значення отриманого показника ОПК для дослідженого рослинного угруповання парку «Зелений гай» є тривожним сигналом щодо доволі низького рівня стійкості паркового угруповання існуючого в умовах антропо-техногенного навантаження та рекреаційного тиску і демонструє необхідність постійного контролю стану рослинного угруповання для своєчасного впровадження необхідних заходів з догляду за підтримки функціонування насадження.

Отже, лісова підстилка у паркових насадженнях є інтегральним показником, що характеризує стійкість екосистем до впливу факторів довкілля, серед яких і рекреаційне навантаження, а її характеристики можуть бути ефективними показниками стану та рівня стабільності лісової екосистеми в системі моніторингу наслідків рекреаційного лісокористування.

Показник опадо-підстилкового коефіцієнту для насаджень парку демонструє сучасний стан екосистем, а порівняння цих показників, отриманих в результаті моні-

торингових багаторічних досліджень дає можливість з'ясувати тенденції щодо функціонування паркових насаджень на даному етапі розвитку та у майбутньому.

#### Висновки

1. Насадження парку «Зелений гай» сформовані на території природнього лісу на свіжих грудах (D2), становлять різновіковий деревостан за участю головної породи клену гостролистого (*Acer platanoides*) та акації білої (*Robinia pseudoacacia*) та супутніх порід – липи широколистої (*Tilia platyphyllos*), в'яза дрібнолистого (*Ulmus parviflora*), гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum*). Повнота насаджень не нижче 0,7, а зімкненість – 0,8-0,9.

2. Фактичний розподіл площі лісових ділянок за типами простору відповідає рекомендованому в цих умовах з незначними відхиленнями, що пов'язані зі специфікою рельєфу паркової території.

3. Середнє значення стадії рекреаційної дигресії у парку «Зелений гай» становить 1,48, що в цілому свідчить про незначний рівень деградації ландшафтів, проте в зонах масового відпочинку існують ділянки, котрі мають надкритичний рівень дигресії. Ступінь рекреаційної стійкості становить 3.

4. Лісова підстилка деревних насаджень парку «Зелений гай» за складом є пухкою і має двошарову будову. У фракційному складі підстилки переважає листя. Потужність лісової підстилки становить  $6,85 \pm 0,71$  см, а запаси –  $3,13 \pm 0,8$  кг/м<sup>2</sup>.

5. Опадо-підстилковий коефіцієнт досліджуваних ділянок становить  $1,32 \pm 0,11$ , і характеризується як «інтенсивний». Це свідчить про розвиток деревного насадження по степовому типу кругообігу, що свідчить про негативні зміни у функціонуванні лісового фітоценозу та потребує здійснення подальших моніторингових досліджень деревостану парку «Зелений гай».

6. Результати моніторингових досліджень ОПК дають можливість прогнозування розвитку лісових біогеоценозів степової зони і надання практичних рекомендацій щодо догляду за існуючими лісовими насадженнями парку «Зелений гай» та іншими міськими парковими угрупованнями, що перебувають під рекреаційним впливом.

#### Список використаної літератури

Блага М.М. Методика виявлення рекреаційних навантажень на території та туристичні об'єкти з метою їх раціонального використання та охорони. *Туристично-краєзнавчі дослідження* : збірник наукових праць. Київ : КМ-Трейд, 1998. Вип. 1. С. 247–251.



Боднарук М.А. Оцінка стійкості лісових екосистем до рекреаційних навантажень. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. Вип. 109. С. 89–96.

Брусак В., Леневиц О. Індикатори стану природних комплексів в умовах рекреаційного навантаження (на прикладі національних парків карпатський та «Сколівські бескиди»). *Проблеми геоморфології і палеогеографії*. 2020. Вип. 1 (11), С. 294–310. <https://dx.doi.org/10.30970/gpc.2020.1.3215>.

Вишенська І.Г., Гінжалюк А.І. Вплив кліматичних факторів на енергетичний потенціал лісової підстилки широколистяного фітоценозу. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2021. Т. 4. С. 32–36. <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2021.4.32-36>.

Вишенська І.Г., Жовтенко А.А., Дідух Я.П. Методичні аспекти визначення енергетичного запасу лісової підстилки. *Наукові записки. Біологія та екологія*. 2010. Т. 106. С.40–45.

Власенко Н.О. Опадо-підстилковий коефіцієнт у лісових біогеоценозах зеленої зони м. Полтави. *Світ медицини та біології*. 2013. № 4(42). С. 138–141.

Дідух Я.П., Гаврилов С.О. Динаміка запасу та енергетичного потенціалу підстилки лісових екосистем за період вегетації 2007 р. (на прикладі модельних ділянок заказника «Лісники», м. Київ). *Український фітоценологічний збірник*. Київ, 2007. С.19–26.

Дунаєвська О.Ф., Козловський О.Ю. Вивчення дигресії екосистем міського парку внаслідок зростання рекреаційного навантаження. *Географія та туризм*. 2013. Вип. 26. С. 284–294.

Іванько І.А., Кулік А.Ф. Оцінка адаптаційних можливостей аборигенних та адвентивних видів деревних рослин Дніпропетровщини. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2021. Том 50. С. 12–21. <https://doi.org/1015421/442102>.

Ільченко В.П., Бондарчук В.І., Губерський В.В. Лісове господарство України: підручник. Київ: Ліра-К, 2022. 544 с.

Кучерявий В.П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2008. 456 с.

Леневиц О.І. Вплив рекреаційного навантаження на морфологічні особливості лісової підстилки (НПП «Сколівські Бескиди» Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2019. Вип. 21. С. 64–73. <https://doi.org/10.34142/23122218.2019.21.06>.

Мацола В.І. Рекреаційно-оздоровчо-туристичний комплекс (питання теорії, методології, практики). Львів: Вид-во Інституту регіональних досліджень НАН України, 1998. 278 с.

Мицик А.П., Яковенко В.М., Лісовець О.І. Історичний аспект природоохоронного мислення та степового лісознавства. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2019. Том 48. С. 3–13. <https://doi.org/10.15421/441901>.

Фоменко Н.В. Рекреаційні ресурси та курортологія : навчальний посібник Київ: Центр навчальної літератури, 2007. 312 с.

Цветкова Н.М., Якуба М.С. Характеристики лісової підстилки як показник стійкості насаджень урбанізованих територій Дніпропетровської області. *Рослини та урбанізація: Матеріали Першої міжнародної науково-практичної конференції*. Дніпропетровськ, 2007. С. 192–193.

Чонгова А.С. Оцінка рекреаційних навантажень на заповідні парки м. Запоріжжя. *Питання біоіндикації та екології*. 2019. Вип. 24. № 1. С. 77–92. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-06>.

Чорна В.І., Доценко В.А., Ворошилова Н.В. Еколого-біологічні особливості відновлення деревних рослин в умовах степового Придніпров'я. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2020. Вип 49. С. 101–111. <https://doi.org/10.154.21/442009>.

Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів: ДПМ НАН України, 2000. С. 352

Чорномаз Н. Насадження на схилах Маріїнського парку: видова та просторова структура, сучасний стан. *Науковий вісник НАТУ України*. 2016. 26(3). С. 198–203. <https://doi.org/10.15421/40260332>.

Шарпило Д.В., Десятерик А.В., Кабак О.М. Щорічний потік листового опаду деревних насаджень парку ім. Б. Хмельницького (м. Кривий Ріг). *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2015. №1, С. 102–104. <https://doi.org/10.31812/ecobulletinkrd.v1i0.6421>.

Шлапак А.В. Методичні рекомендації і норми рекреаційного навантаження на лісові насадження ПЗФ України. Умань: Дендропарк «Софіївка», 2003. 36 с.

Якуба М.С. Моніторингові дослідження розподілу важких металів у лісових біогеоценозах Присамар'я Дніпровського (фітоценоз-підстилка-грунт) : дис... канд. біол. наук: 03.00.16 / Дніпропетровський національний ун-т. Дніпропетровськ. 2006. 205 с.

Якуба М.С. Характер та амплітуда біологічного кругообігу органічно-мінеральних речовин у штучних лісових біогеоценозах степу. *Питання степового лісознавства та лісової рекуль-*

тисації земель: Міжвузівський збірник наукових праць. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2003. Вип. 7 (32). С. 99–105.

Bell M., Simpson L., Tyrväinen, Sievänen T., Pröbstl U. Evaluating the benefits and impacts of forest recreation and nature tourism. European forest recreation and nature tourism / editors: Bell, M. Pröbstl. Publisher: Oxon, New York: Taylor & Francis. 2012. P.35-63

Ferreira S., Ghimire R. Forest cover, socioeconomics, and reported flood frequency in developing countries, *Water Resources Research*. 2012. Vol. 48. W08529. <https://doi.org/10.1029/2011wr011701>.

Hui D., Deng Q., Tian H., Luo Y. Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. Handbook of climate change mitigation and adaptation / editors: Chen WY, Suzuki T, Lackner M. New York: Springer; 2015. P. 1–40. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0\\_13-2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_13-2).

Kalbitz K., Meyer A., Yang R. et al. Response of dissolved organic matter in the forest floor to long-term manipulation of litter and throughfall inputs. *Biogeochemistry*. 2007. 86, 301–318. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9161-8>.

Kalbitz K., Zuber T., Park J.H., Matzner E. Environmental controls on concentrations and fluxes of dissolved organic matter in the forest floor and in soil solution. Biogeochemistry of forested catchments in a changing environment. *Ecological Studies*, 2004. vol 172. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-06073-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-662-06073-5_19).

Krause A., Pugh T., Bayer A.D., Doelman J. C. et al. Global consequences of afforestation and bioenergy cultivation. *Biogeosciences*. 2017. 14, 4829–4850, <https://doi.org/10.5194/bg-14-4829-2017>.

Olive N.D., Jeffrey L. M. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreation trails. *Journal of Environmental Management*. 2009. 90 (3). P. 1483–1493. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.10.004>.

### References (translated & transliterated)

Blagha, M.M. (1998). Metodyka vyjavlennja rekreacijnykh navantazhenj na terytoriji ta turystychni objekty z metoju jikh racionalnogho vykorystannja ta okhorony [Methodology for identifying recreational loads on the territory and tourist facilities for the purpose of their rational use and protection]. *Turystychno-krajeznavchi doslidzhennja [Tourism and local studies]: zbirnyk naukovykh pracj Kyjiv : KM-Trejdyngh*, 1. 247–251 [in Ukrainian].

Bodnaruk, M.A. (2006). Ocinka stijkosti lisovykh ekosystem do rekreacijnykh navantazhenj [Assessment of the resistance of forest ecosystems to recreational loads]. *Lisivnyctvo i aghrolisomelioracija [Forestry and agroforestry]*, 109, 89–96 [in Ukrainian].

Brusak, V., & Lenevych, O. (2020). Indykatory stanu pryrodnykh kompleksiv v umovakh rekreacijnogho navantazhennja (na prykladi nacionalnykh parkiv karpatskyj ta “Skolivskyi beskydy”) [Indicators of the state of natural complexes under conditions of recreational load (on the example of the Carpathian and Skolivskyi Beskydy national parks)]. *Problemy gheomorfologhiji i paleogheoghrafiji [Problems of geomorphology and paleogeography]*, 1 (11), 294–310. <https://doi.org/10.30970/gpc.2020.1.3215> [in Ukrainian].

Vyshensjka, I.Gh., & Ghinzhaljuk, A.I. (2021). Vplyv klimatychnykh faktoriv na energhetychnyj potencial lisovoji pidstylky shyrokolystjanogho fitocenuzu [The influence of climatic factors on the energy potential of the forest litter of broad-leaved phytocenosis]. *Naukovi zapysky NaUKMA. Biologhija ta ekologhija [Scientific notes of NaUKMA. Biology and ecology]*, 4, 32–36. <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2021.4.32-36> [in Ukrainian].

Vyshensjka, I.Gh., Zhovtenko, A.A., & Didukh, Ja.P. (2010). Metodychni aspekty vyznachennja energhetychnogho zapasu lisovoji pidstylky [Methodical aspects of determining the energy reserve of forest litter]. *Naukovi zapysky. Biologhija ta ekologhija [Proceedings. Biology and ecology]*, 106, 40–45 [in Ukrainian].

Vlasenko, N.O. (2013). Opado-pidstylkovyj koeficijent u lisovykh biogheocenuzakh zelenoji zony m. Poltavu [Precipitation-litter coefficient in forest biogeocenoses of the green zone of Poltava]. *Svit medycyny ta biologhiji [The world of medicine and biology]*, 4(42), 138–141 [in Ukrainian].

Didukh, Ja.P., & Ghavrylov, S.O. (2007). Dynamika zapasu ta energhetychnogho potencialu pidstylky lisovykh ekosystem za period veghetaciji 2007 r. (na prykladi modelnykh diljanok zakaznyka «Lisnyky», m. Kyjiv) [Dynamics of the reserve and energy potential of the litter of forest ecosystems during the growing season of 2007 (on the example of model plots of the reserve «Lisnyky», Kyiv)]. *Ukrajinskyj fitocnologhichnyj zbirnyk [Ukrainian phytocological collection]*, 19–26 [in Ukrainian].

- Dunajevs'ka, O.F., & Kozlovs'kyj, O.Ju. (2013). Vyvchennja dyghresiji ekosystem mis'kogho parku vnaslidok zrostannja rekreacijnogho navantazhennja [Study of the digression of city park ecosystems due to the growth of recreational load]. *Gheoghrafija ta turyzm [Geography and tourism]*, 26, 284–294 [in Ukrainian].
- Ivanjko, I.A., & Kulik, A.F. (2021). Ocinka adaptacijnykh mozhlyvostej aboryghennykh ta adventyvnykh vydiv derevnykh roslyn Dnipropetrovshhyny [Evaluation of the adaptation possibilities of native and adventive species of woody plants of Dnipropetrovsk region]. *Pytannja stepovogho lisoznavstva ta lisovoji rekuljtyvaciji zemelj [Issues of steppe forestry and forest land reclamation]*, Tom 50, 12–21. <https://doi.org/10.15421/442102> [in Ukrainian].
- Iljchenko, V.P., Bondarchuk, V.I., & Ghubers'kyj, V.V., et al. (2022). Lisove ghospodarstvo Ukrainy [Forestry of Ukraine]: pidruchnyk. Kyjiv : Lira-K, 544 p [in Ukrainian].
- Kucherjavij, V.P. (2008). Ozelenennja naselenykh miscj [Landscaping of populated areas]. Ljviv : Svit, 456 p [in Ukrainian].
- Lenevych, O.I. (2019). Vplyv rekreacijnogho navantazhennja na morfologhichni osoblyvosti lisovoji pidstylky (NPP «Skolivski Beskydy» Ukrainys'ki Karpaty) [The influence of recreational load on the morphological features of the forest floor (NPP "Skolivski Beskydy" Ukrainian Carpathians)]. *Biologhija ta valeologhija [Biology and valeology]*, 21, 64–73. <https://doi.org/10.34142/23122218>. 2019.21.06 [in Ukrainian].
- Macola, V.I. (1998). Rekreacijno-ozdorovcho-turystynyj kompleks (pytannja teoriji, metodologhiji, praktyky) [Recreation-health-tourism complex (issues of theory, methodology, practice)]. Ljviv: Vyd-vo Instytutu rehionalnykh doslidzhenj NAN Ukrainy. 278 p [in Ukrainian].
- Mycyk, L.P., Jakovenko, V.M., & Lisovec, O.I. (2019). Istorychnyj aspekt pryrodokhoronnogho myslennja ta stepovogho lisoznavstva [Historical aspect of nature conservation thinking and steppe forestry]. *Pytannja stepovogho lisoznavstva ta lisovoji rekuljtyvaciji zemelj [Issues of steppe forestry and forest land reclamation]*, Tom 48, 3–13. <https://doi.org/10.15421/441901> [in Ukrainian].
- Fomenko, N.V. (2007). Rekreacijni resursy ta kurortologhija : navchalnyj posibnyk [Recreational resources and resort science : tutorial]. K.: Centr navchalnoji literatury. 312 p [in Ukrainian].
- Cvjetkova, N.M., & Jakuba, M.S. (2007). Kharakterystyky lisovoji pidstylky jak pokaznyk stjivosti nasadzhenj urbanizovanykh terytorij Dnipropetrovs'koji oblasti [Characteristics of forest litter as an indicator of the sustainability of plantations in urbanized areas of the Dnipropetrovsk region]. *Roslyny ta urbanizacija [Plants and urbanization]: Materialy Pershoji mizhnarodnoji naukovopraktychnoji konferenciji, Dnipropetrovs'k, 2007*. P. 192–193 [in Ukrainian].
- Chonghova, A.S. (2019). Ocinka rekreacijnykh navantazhenj na zapovidni parky m. Zaporizhzhja [Evaluation of recreational loads on the protected parks of the city of Zaporizhzhia]. *Pytannja bioindykaciji ta ekologhiji [Issues of bioindication and ecology]*, 24. 1, 77–92. <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-06> [in Ukrainian].
- Chorna, V.I., Docenko, V.L., & Voroshylova, N.V. (2020). Ekologho-biologhichni osoblyvosti vidnovlennja derevnykh roslyn v umovakh stepovogho Prydniprov'ja [Ecological and biological features of the restoration of woody plants in the conditions of the Dnieper steppe]. *Pytannja stepovogho lisoznavstva ta lisovoji rekuljtyvaciji zemelj [Issues of steppe forestry and forest land reclamation]*, 49, 101–111. <https://doi.org/10.15421/442009> [in Ukrainian].
- Chornobaj, Ju.M. (2000). Transformacija roslynnogho detrytu v pryrodnykh ekosystemakh [Transformation of plant detritus in natural ecosystems]. Ljviv. DPM NAN Ukrainy. 352 p. [in Ukrainian].
- Chornomaz, N. (2016). Nasadzhennja na skhylakh Marijins'kogho parku: vydova ta prostorova struktura, suchasnyj stan [Plantation on the slopes of Mariinsky Park: species and spatial structure, current state]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of SLTU of Ukraine]*, 26(3), 198–203. <https://doi.org/10.15421/40260332> [in Ukrainian].
- Sharpylo, D.V., Desjateryk, A.V., & Kabak, O.M. (2015). Shhorichnyj potik lystovogho opadu derevnykh nasadzhenj parku im. B. Khmeljnyckogho (m. Kryvyj Rih) [The annual flow of leaf fall of tree plantations of the park named after B. Khmelnytskyi (Kryvyi Rih)]. *Ekologhichnyj visnyk Kryvorizhzhja [Ecological Bulletin of Kryvorizhzhia]*, 1, 102–104. <https://doi.org/10.31812/ecobulletin.v1i0.6421> [in Ukrainian].
- Shlapak, A.V. (2003). Metodychni rekomendaciji i normy rekreacijnogho navantazhennja na lisovi nasadzhennja PZF Ukrainy [Methodological recommendations and norms of recreational load on forest plantations of the Nature Reserve Fund of Ukraine]. Umanj: Dendropark «Sofijivka». 36 p [in Ukrainian].

Jakuba, M.S. (2006). Monitoryngovi doslidzhennja rozpodilu vazhkykh metaliv u lisovykh biogeocenozach Prysamar'ja Dniprovsjkogho (fitocenz-pidstylka-ghrunt) [Monitoring studies of the distribution of heavy metals in forest biogeocenoses of Prysamary Dnipro (phytocenosis-litter-soil)]: dys... kand. biol. nauk: 03.00.16 / Dnipropetrovs'kyj nacional'nyj un-t. Dnipropetrovs'jk. 205 pp [in Ukrainian].

Jakuba, M.S. (2003). Kharakter ta amplituda biologichnogho krughoobighu orghano-mineral'nykh rečovyn u shtuchnykh lisovykh biogeocenozach stepu [Nature and amplitude of the biological cycle of organo-mineral substances in artificial forest biogeocenoses of the steppe.]. *Pytannja stepovogho lisoznaustva ta lisovoji rekuljtyvaciji zemelj* [Issues of steppe forestry and forest land reclamation] : Mizhvuziv's'kyj zbirnyk naukovykh pracj. Vol. 7 (32). Dnipropetrovs'jk: RVV DNU. P. 99–105 [in Ukrainian].

Bell, M., Simpson, L., Tyrväinen, Sievänen, T., & Pröbstl, U. (2012). Evaluating the benefits and impacts of forest recreation and nature tourism. *European Forest Recreation and Nature Tourism* / editors : Bell, M. Publisher: Oxon, New York: Taylor & Francis. pp.35–63 [in English].

Ferreira, S., & Ghimire, R. (2012). Forest cover, socioeconomics, and reported flood frequency in developing countries, *Water Resources Research*, 48, W08529. <https://doi.org/10.1029/2011wr011701> [in English].

Hui, D., Deng, Q., Tian, H., & Luo, Y. (2015). Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. *Handbook of climate change mitigation and adaptation* / editors : Chen WY, Suzuki T, Lackner M. New York: Springer; P. 1–40 W08529/ [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0\\_13-2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_13-2) [in English].

Kalbitz, K., Meyer, A., Yang, R., et al. (2007). Response of dissolved organic matter in the forest floor to long-term manipulation of litter and throughfall inputs. *Biogeochemistry*. 86, 301–318 W08529/ <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9161-8> [in English].

Kalbitz, K., Zuber, T., Park, J.H., & Matzner, E. (2004). Environmental controls on concentrations and fluxes of dissolved organic matter in the forest floor and in soil solution. *Biogeochemistry of forested catchments in a changing environment. Ecological Studies*. 172. W08529. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-06073-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-662-06073-5_19) [in English].

Krause, A., Pugh, T., Bayer, A. D., Doelman, J. C. & all. (2017). Global consequences of afforestation and bioenergy cultivation. *Biogeosciences*. 14, 4829–4850 W08529. <https://doi.org/10.5194/bg-14-4829-2017> [in English].

Olive, N.D., & Jeffrey, L. M. (2009). The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreation trails. *Journal of Environmental Management*. 90 (3). P. 1483–1493. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.10.004> [in English].

Отримано: 01.02.2024

Прийнято: 20.02.2024



УДК 582.099/ 091/093

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.27>

**СУДИННІ РОСЛИНИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ,  
ВКЛЮЧЕНІ ДО «ЧЕРВОНОЇ КНИГИ УКРАЇНИ», ТА ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ  
В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО СЕРЕДОВИЩА**

**О. М. Ярема<sup>1</sup>, В. М. Черняк<sup>2</sup>, О. Б. Бондар<sup>3</sup>,  
Л. О. Бицюра<sup>4</sup>, О. Я. Чернишенко<sup>5</sup>, Н. Б. Глипка<sup>6</sup>**

*У статті розглядається моніторинг рідкісних рослин, занесених до «Червоної книги» України, які ростуть в Тернопільській області, зокрема на Кременецьких горах, у заповіднику "Медобори", Голицькому ботаніко-ентомологічному заказнику, а також на територіях Опілля і Придністров'я. У дослідженні використовувались дані В. Бессера, Куковиці Г. С., Андрієнко Т. Л., Заверухи Б. В., Зелінки С. В., Яворівського Р. Л., Барни М.М., Черняка В. М. – науковців, які провели аналіз популяцій рослин у Тернопільській області.*

*Основною метою роботи було встановлення місцезростання червонокнижних рослин Тернопільської області, дослідження популяцій ряду видів, а також проведення таксономічного, систематичного, хорологічного та біоморфологічного аналізу з метою розробки шляхів охорони цих рослин.*

<sup>1</sup> кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: yaremakpog@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-6839-2253

<sup>2</sup> доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри  
(Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти, м. Тернопіль)  
e-mail: v.chernyak@ippo.edu.te.ua  
ORCID: 0000-0002-4580-3988

<sup>3</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: olexandr.bondar91@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-3448-8943

<sup>4</sup> кандидат економічних наук, завідувач кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: l.bytsyura@wunu.ua  
ORCID: 0000-0002-9476-011X

<sup>5</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: o.chernyshenko@wunu.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-1643-7242

<sup>6</sup> кандидат біологічних наук, асистент кафедри медичної біології  
(Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, м. Тернопіль)  
e-mail: zozulyak@tdmu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-8568-088X

Дослідження проводились в період з 2018 по 2023 роки на території Тернопільської області, з використанням гербарних екземплярів із колекцій Інституту ботаніки ім. М. Т. Холодного НАН України (KW), НБС ім. М. М. Грیشка НАН України (KWHА), Львівського науково-природничого музею НАН України (LWS), Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, а також музеїв у Кременці та Тернополі.

За результатами досліджень встановлено, що на Кременецьких горах росте 34 види рослин, у заповіднику "Медобори" - 28 видів, в Голицькому ботаніко-ентомологічному заказнику та його околицях - 37 видів, а інші рослини зустрічаються частково на територіях Тернопільського плато, Опілля і Придністров'я. Зокрема, виявлено 12 ендемічних, 22 реліктових, 7 реліктово-ендемічних і 30 рідкісних видів. Крім того, в області росте 7 видів рослин, включених до Червоного списку МСОП, які перебувають під загрозою зникнення на світовому рівні.

Категоріальний аналіз червонокнижних видів вказує на те, що 20 видів відносяться до категорії "зникаючі", 49 - "вразливі", 30 - "рідкісні", а 1 вид - "невизначений". У природоохоронній діяльності важливим є вивчення антропогенного впливу на окремі види червонокнижних рослин, а також створення нових заказників та заповідних урочищ для збереження їх природного середовища.

**Ключові слова:** рідкісні види, судинні рослини, охорона, моніторинг, природа.

## VASCULAR PLANTS OF THE TERNOPIL REGION INCLUDED IN THE "RED BOOK OF UKRAINE" AND THEIR CONSERVATION IN THE ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT

**O. M. Yarema, V. M. Chernyak, O. B. Bondar,  
L. O. Bytsiura, O. Ya. Chernyshenko, N. B. Hlyvka**

*The article discusses the monitoring of rare plants listed in the Red Data Book of Ukraine that grow in the Ternopil region, in particular in the Kremenets Mountains, the Medobory Reserve, the Holytsia Botanical and Entomological Reserve, as well as in the territories of Opillya and Transnistria. The study used data from V. Besser, H. Kukovytsia, T. Andrienko, B. Zaverukha, S. Zelinka, R. Yavorivsky, M. Barna, and V. Cherniak, scientists who analyzed plant populations in the Ternopil region.*

*The main goal of the work was to establish the habitats of Red Book plants in the Ternopil region, to study the populations of a number of species, and to conduct taxonomic, systematic, chorological, and biomorphological analysis in order to develop ways to protect these plants.*

*The research was conducted from 2018 to 2023 in the Ternopil region, using herbarium specimens from the collections of the M.T. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine (KW), the M.M. Hryshko National Library of the National Academy of Sciences of Ukraine (KWHА), the Lviv Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine (LWS), the Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, and museums in Kremenets and Ternopil.*

*The research found that 34 species of plants grow in the Kremenets Mountains, 28 species in the Medobory Reserve, 37 species in the Holytsia Botanical and Entomological Reserve and its surroundings, and other plants are found partially in the Ternopil Plateau, Opillya, and Transnistria. In particular, 12 endemic, 22 relict, 7 relict-endemic, and 30 rare species have been identified. In addition, the region is home to 7 species of plants included in the IUCN Red List of Threatened Species, which are globally endangered. The categorical analysis of Red Data Book species shows that 20 species are classified as endangered, 49 as vulnerable, 30 as rare, and 1 species as uncertain. In nature conservation, it is important to study the anthropogenic impact on certain species of species, as well as the creation of new reserves and protected tracts to preserve their natural environment.*

**Key words:** rare species, vascular plants, protection, monitoring, nature.

### **Вступ**

Тернопільська область розташована в лісостеповій зоні і вкрита різноманітною рослинністю. Тут росте понад 1200 видів (Визначник ... , 1965; Геренчук, 1979; Дідух, 2009) вищих спорових і судинних рослин. Багатство видового складу флори зумовлено положенням області між Карпатами і Поліссям. Найчисленнішими є лісові і степові види.

Рослини є необхідним елементом життя на Землі, забезпечуючи різноманітні екосистемні послуги. Проте, зростаючий антропогенний тиск на природу: освоєння нових земель, промислове будівництво, заготівля дикорослих лікарських рослин, рекреаційне навантаження, призводять до змін компонентів природи та природних комплексів, зокрема, до збіднення флористичного складу.

Так, дані досліджень судинної флори промислового регіону пустелі Чіуауа в Мексиці (González-Zamora et al., 2020) свідчать про значні зміни екосистем регіону, спричиненні зростанням сільськогосподарської та промислової діяльності, внаслідок якої велика кількість видів опинилась під загрозою зникнення і включена до Червоного списку МСОП. Надмірний випас худоби, посилене використання земель у сільськогосподарському виробництві, забруднення природного середовища та зміна клімату призвели до скорочення популяцій рослин у дикій природі (Куковиця, 1970; Андрієнко, 2012; Mishra et al., 2023).

Для забезпечення ефективних стратегій збереження довкілля важливо не лише визначити та охороняти природоохоронні території, але й враховувати території, які межують з охоронними зонами, на яких можуть знаходитись унікальні природні комплекси з високою видовою різноманітністю.

Збереження біорізноманіття потребує комплексного підходу, який враховує як національні, так і транскордонні аспекти. Національні стратегії повинні спрямовуватися на захист і розширення природоохоронних територій всередині кожної країни, з урахуванням статусу збереження різних видів та уникнення втрати природного покриву. Унікальні території, такі як острови, мають велике значення для збереження ендемічних та рідкісних видів. Вони привертають увагу природоохоронців через своє значуще біорізноманіття (Mauro et al., 2020).

Транскордонні стратегії важливі для спільного зусилля кількох країн у збереженні природних ресурсів та екосистем, особливо для видів, які мігрують або мають поширення за межами національних кордонів. Співпраця між країнами є ключовою для успішної реалізації цих стратегій та досягнення спільних цілей збереження природи (Walsh et al., 2015; Velazco et al., 2023).

Громадська участь та природоохоронне законодавство відіграють важливу роль у збереженні диких рослин з надзвичайно малими популяціями, а також у підтримці біологічного різноманіття. Важливою ланкою є моніторинг природоохоронних систем, що включає обстеження видів, виявлення причин загрози зникнення рослин, збереження *in situ* та *ex situ*, реінтродукцію. (Yue et al., 2023).

Забезпечення ефективного збереження екосистем потребує системного підходу та постійного вдосконалення методів оцінки

екологічної цінності ландшафтів поза межами заповідників. Це допоможе визначити ключові ландшафти для екологічних процесів та видів, що знаходяться під загрозою викорінення (Willis et al., 2012).

Метою роботи було встановлення місцезростання червонокнижних рослин у Тернопільській області, проведення досліджень популяцій різних видів, аналіз їх таксономії, систематики, хорології та біоморфології, а також розроблення ефективних заходів з охорони цих рослин. Отримані дані можуть стати основою для подальшого вдосконалення стратегій збереження природи та управління екосистемами в регіоні.

### Матеріал і методи

Дослідження здійснювались протягом 2018-2023 рр. на території Тернопільської області, зокрема, на Кременецьких горах, заповіднику "Медобори", Голицькому ботаніко-ентомологічному заказнику, на територіях Опілля і Придністров'я (Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні, 2020). Для збору більш повної інформації здійснювалось вивчення гербарних екземплярів у гербарних колекціях Інституту ботаніки ім. М. Т. Холодного НАН України (KW), НБС ім. М. М. Гришка НАН України (KWHN), Львівського науково-природничого музею НАН України (LWS), Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Кременецького та Тернопільського краєзнавчих музеїв. Для проведення таксономічного аналізу використано оглядову і описову методичку, а для характеристики біоморфологічного та систематичного – морфологічну. Для проведення хорологічного аналізу використовували наступні методички: польові спостереження, вивчення гербаріїв, опрацювання літературних та картографічних матеріалів. Згідно класифікації за В.Л. Комаровим ("Фітоморфологія", 1915 р.) розподілили рослини за 7 зональними типами ареалів.

### Результати

За літературними джерелами на території Тернопільської області трапляються 100 видів, занесених до "Червоної книги України" (Мороз, 1970; Зелінка, 1994; Барна, 1997; Зелінка, 1998). Під час проведених досліджень нами виявлено і підтверджено місця для 100 видів, серед них найпоширеніші: *Anemone laxa*, *Lunaria rediviva*, *Pulsatilla grandis*, *Euphorbia volhynica*, *Carlina cirsioides*, *Carlina onopordifolia*, *Colchicum autumnale*, *Senecio besserianus*, *Galanthus nivalis*, *Daphne cneorum*, *Hippocrepis comosa*,

Таблиця 1

Розподіл червонокнижних видів  
Тернопільської області по родинях

№	Родина	Рід		Вид	
		Кількість	%	Кількість	%
1	Orchidaceae	18	25,7	34	34
2	Ranunculaceae	4	5,7	6	6
3	Fabaceae	3	4,2	6	6
4	Poaceae	2	2,8	6	6
5	Asteraceae	4	5,7	5	5
6	Lycopodiaceae	4	5,6	4	
7	Lamiaceae	3	4,2	3	4
8	Betulaceae	1	1,4	2	3
9	Brassicaceae	2	2,8	2	2
10	Solanaceae	2	2,8	2	2
11	Liliaceae	2	2,8	2	2
12	Amaryllidaceae	3	3,2	6	2
13	Cyperaceae	2	2,8	2	6
14	Salviniaceae	1	1,4	1	2
15	Ophioglossaceae	1	1,4	1	1
16	Athyriaceae	1	1,4	1	1
17	Marsileaceae	1	1,4	1	1
18	Caryophyllaceae	1	1,4	1	1
19	Violaceae	1	1,4	1	1
20	Cistaceae	1	1,4	1	1
21	Euphorbiaceae	1	1,4	1	1
22	Thymelaeaceae	1	1,4	1	1
23	Droseraceae	1	1,4	1	1
24	Rosaceae	1	1,4	1	1
25	Hydrocaryaceae	1	1,4	1	1
26	Lythraceae	1	1,4	1	1
27	Staphyleaceae	1	1,4	1	1
28	Apiaceae	1	1,4	1	1
29	Celastraceae	1	1,4	1	1
30	Scrophulariaceae	1	1,4	1	1
31	Gentianaceae	1	1,4	1	1
32	Iridaceae	1	1,4	1	1
33	Menyanthaceae	1	1,4	1	1
<b>Усього</b>		72	100	100	100

*Cephalanthera rubra*, *Listera ovata*, *Staphylea pinnata*, *Astrantia major*, *Platanthera bifolia*, *Platanthera chlorantha*, *Dictamnus albus*, *Crocus heuffelianus*, *Atropa belladonna*, *Corallorhiza trifida*. Виявлено нові місця поширення червонокнижних видів України, виготовлено картографічний матеріал з позначенням цих місць і їх прив'язкою на місцевості, проведено фотографування цих видів. Дана кількість видів відноситься до 3 відділів, 4 класів, 33 родин, 72 родів (табл. 1).

Встановлено, що на Кременецьких горах зростає 34 види, у заповіднику "Медобори" – 28 видів, у Голицькому ботаніко-ентомологічному заказнику та його околицях – 37 видів, решта рослин зростає частково на територіях Тернопільського плато, Опілля і Придністров'я (Зелінка, 1994; Онищенко, 2000; Оліяр, 2002). Серед них виявлено 12 ендемічних, 22 реліктових, 7 реліктово-ендемічних і 30 рідкісних видів (Приходько, 2014; Барна, 2014). Крім цього, на території області зростають 7 видів рослин, які занесені до Червоного списку МСОП тварин і рослин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі (Яворівський, 2013, 2018).

#### Систематичний аналіз

Аналіз систематичної структури червонокнижних видів Тернопільської області показав, що найбільше видів належить до родини Orchidaceae – 34 (34%). Перші п'ять родин охоплюють 57 видів, що становлять більше половини (57%), від загальної кількості, а також 31 рід (44,1%). Значний інтерес становлять малочисельні 30 родин і 41 рід, які представлені трьома, двома або одним видом.

#### Хорологічний аналіз

Розподіл рослин за зональними типами ареалів визначається кліматичними умовами та іншими факторами, що впливають на ріст і розвиток рослин. Зональні типи ареалів характеризують різні природні зони планети, такі як тропічні, субтропічні, помірні, бореальні та арктичні зони. Основні рослинні зони можна класифікувати за Комаровим В.Л. наступним чином: тундроволісовий, лісовий, неморально-лісовий, лісово-лісостеповий, лісостеповий, лісостепо-степовий, полізонально-помірноширотний. Ці зони визначаються географічною широтою та кліматичними умовами, і рослинність кожної зони адаптована до конкретних умов середовища відповідно до різних стратегій виживання.

Розподіл рослин за регіональними типами ареалів також може відбуватися на основі географічних, кліматичних та екологічних

характеристик певних регіонів. Основні регіональні типи ареалів включають: голарктичний, євразійський, євросибірський, єврокавказький, європейсько-середземноморський, європейський, середземноєвропейський, західноєвропейський,



східноєвропейський, західнопонтичний, Волино-Подільський, Подільський.

При проведенні хорологічного аналізу було використано дві вимірні системи. У червонокнижній флорі Тернопільської області нами виділено 7 зональних та 12 регіональних типів поширення видів (табл. 2, 3).

Таблиця 2  
Розподіл червонокнижних видів Тернопільської області за зональними типами ареалів (за В. А. Комаровим)

№	Зональний тип ареалу	Кількість видів	% від заг. к-ті
1	Тундрово-лісовий	1	1
2	Лісовий	1	1
3	Неморально-лісовий	1	1
4	Лісово-лісостеповий	41	41
5	Лісостеповий	43	43
6	Лісостепо-степовий	8	8
7	Полізонально-помірноширотний	5	5

Таблиця 3  
Розподіл червонокнижних видів за регіональними групами ареалів

№	Регіональна група ареалів	Кількість видів	% від заг. к-ті
1.	Голарктична	3	3
2.	Євразійська	20	20
3.	Євросибірська	3	3
4.	Єврокавказька	2	2
5.	Європейсько-середземноморська	14	14
6.	Європейська	34	34
7.	Середземно-європейська	10	10
8.	Західноєвропейська	1	1
9.	Східноєвропейська	4	4
10.	Західнопонтична	2	2
11.	Волино-Подільська	4	4
12.	Подільська	3	3

Тундрово-лісовий зональний тип ареалу включає види, ареали яких розташовані в межах тундрової і лісової зони. У червонокнижній флорі Тернопільської області даний тип представлений 1 видом *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank. et Mart., який належить до голарктичної регіонально-географічної групи.

Лісовий зональний тип ареалу включає темно-хвойну та широколистянолісову під-

зони. Він представлений 1 видом *Daphne sneorum* L. який відноситься до середземноморської регіонально-географічної групи.

До неморально-лісового зонального типу відносять види, які поширені в підзоні широколистяних лісів. До даного зонального типу належить один вид *Astrantia major* L., який відноситься до середземноєвропейського регіонального типу ареалу.

Лісово-лісостеповий зональний тип включає переважно лісостепову зону та широколистянолісову підзони. До цього типу належать 41 вид (41%). Він охоплює такі регіональні групи ареалів: європейську (16), євразійську (9), європейсько-середземноморську (9), євросибірську (3), східноєвропейську (2), єврокавказьку (1), волино-подільську (1). Прикладами видів цього зонального типу є: *Carlina cirsioides* Klok., *Lilium martagon* L., *Orchis morio* L., *Gymnadenia conopsea* L.

Ареали видів лісостепоного зонального типу можуть відхилятися від лісостепової зони в сторону широколистянолісової або півночі степової. Лісостеповий найчисленніший зональний тип представлений 43 видами (43%). У ньому виділяють такі регіональні групи: європейську (17), середземноєвропейську (9), європейсько-середземноморську (4), волино-подільську (30), західнопонтичну (2), євразійську (2), єврокавказьку (1), східноєвропейську (1), західноєвропейську (1), подільську (3).

Лісостепо-степовий зональний тип ареалів охоплює переважно південну частину лісостепової зони та значну частину степової. Він включає 10 видів (10%), які відносяться до євразійської (8 видів), європейської (1), східноєвропейської (1) регіональної групи ареалів. Прикладом даного типу є види: *Stipa capillata* L., *S. pennata* L., *S. borysthena* Klok. ex Prokud.

Полізонально-поліширотний зональний тип охоплює переважно всі чи більшу частину всіх помірних зон, крім тундрової. Сюди належать 5 видів (5%): *Orchis morio* L., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Neottia ovata* (L.) Bluff & Fingerh., *Thalictrum foetidum* L., *Poa versicolor* Bess. Перші три види відносяться до євразійської, а два інші - до голарктичної регіональної групи ареалів.

Хорологічний аналіз видів Тернопільської області, занесених до "Червоної книги України", розкриває їх географічні зв'язки з Середземномор'ям, Кавказом, Малою Азією.

Для даної флори характерна наявність реліктових та ендемічних видів, що свідчить

про її самотність. Прикладами є релікти *Goodyera repens* (L.) R. Br., *Atropa belladonna* L., *Daphne cneorum* L., *Allium strictum* Schrad., волино-подільські ендеміки *Tephrosieris integrifolia* subsp. *aurantiaca* (Hoppe ex Willd.) B. Nord., *Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., *Euphorbia volhynica* Besser ex Racib.

Біоморфологічна характеристика

Червонокнижна флора Тернопільської області характеризується різноманітністю життєвих форм. Тут переважають трав'янисті рослини. За класифікацією Раункієра (1934) виділено 5 груп рослин. Найчисленнішою є група криптофітів. Вона включає більшу половину видів (55) та становить 55% від загальної кількості. Значна тут кількість і гемікриптофітів - 30 видів (30%). Група хамефітів представлена всього двома видами (2%). Це, переважно, однорічні рослини, у яких всі вегетативні частини відмирають до кінця сезону, зимуючих бруньок у них немає, відновлення проходить тільки за рахунок насіння.

Охоронний статус

При дослідженні охоронного статусу червонокнижних видів Тернопільської області ми використовували категоріальний поділ видів у залежності від стану та ступеня загрози для популяції. Виділено такі категорії видів рослин, занесених до "Червоної книги України": зникаючі (I), вразливі (II), рідкісні (III), невизначені (IV) види.

До групи "зникаючі" відносяться 20 видів, зокрема це такі як: *Aconitum besserianum* Andr. ex Trautv., *Anemone laxa* (Ulbr.) Juz., *Betula klokovii* Zaver, *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart та ін. До категорії "вразливі" належать 49 видів, "рідкісні" – 20 видів, "невизначені" - один вид *Poa versicolor* Bess.

У природоохоронній роботі важливе - вивчення антропогенного впливу на окремі види червонокнижних рослин, а також створення нових заказників, заповідних урочищ в місцях їх зростання.

### Обговорення

Метою нашого дослідження було визначити загальну кількість рослин, які зростають у Тернопільській області і були внесені до Червоної книги. Для цього ми провели аналіз літературних джерел, розробили маршрути на природно-заповідних територіях та визначили місця знаходження цих видів. Є докази того, що деякі види зазнали скорочення на території зростання, тоді як інші зустрічаються в дуже обмежених кількостях.

Дані, представлені у роботі Геренчука К. І., який вказує місця зростання рослин, зане-

сених до Червоної книги, а також ендемічних видів, дозволили нам визначити основні екологічні умови, які сприяють збереженню та розміщенню цих видів у регіоні, що має важливе значення для подальших заходів з охорони природи та збереження біорізноманіття. Таким чином, робота Геренчука К. І. стала важливим внеском у вивчення та розуміння природничо-географічних особливостей західних регіонів України та підкреслила необхідність подальших наукових досліджень у цій області.

Праця Заверухи Б. В. відіграла важливу роль у збагаченні нашого розуміння рослинного світу цього регіону. Дослідження Куковиці Г. С. ставить актуальне питання про охорону природних ділянок, зокрема степових екосистем на Поділлі. Це свідчить про необхідність заходів збереження та охорони унікальних природних місцевостей.

Дослідження, проведені Зелінкою С. В., Мшанецькою Н. В., Барною М. М., Зелінкою С. М. та Шанайдою М. І., є важливим кроком у збагаченні нашого розуміння рідкісних видів рослин та їхнього статусу на вказаних територіях. На основі об'єктивного аналізу гербарних та літературних джерел, а також власних досліджень, вони виявили щонайменше 60 видів судинних рослин, які включені до Червоної книги України. Наші дані свідчать про наявність 34 видів.

Дослідження, проведені Барною М. М., Яворівським Р. А. та Зелінкою С. В., щодо рідкісних та ендемічних видів Голицького ботанічного заказника в Бережанському районі Тернопільської області, відображають важливість цієї території для збереження рідкісної рослинності. На відносно невеликій площі заказника вдалося виявити значну кількість видів вищих судинних рослин, серед яких 25 видів включені до "Червоної книги України. Рослинний світ" (2009). Опрацьовуючи матеріали на відповідній території нами було знайдено 37 видів, решта рослин зростає частково на територіях Тернопільського плато, Опілля і Придністров'я.

Це відкриття свідчить про велике біорізноманіття та значення цих регіонів для збереження рідкісних та зникаючих видів рослин. Такі дослідження надають підґрунтя для прийняття науково обґрунтованих рішень з охорони природного середовища та розвитку програм збереження рідкісних видів.

Однак на сьогоднішній день, з урахуванням глобального потепління та військових дій на Україні, можна передбачити значні

зміни атмосферних умов та рослинного покриву цих територій. Враховуючи ці фактори, стає актуальним проведення нових спостережень та опису рослинності заповідних територій Тернопільської області після завершення військових дій. Це дозволить з'ясувати, які зміни відбулися в екосистемах внаслідок змін клімату та інших антропогенних впливів. Такий підхід буде корисним для моніторингу стану природних ресурсів та розробки стратегій з їх збереження та відновлення.

Важливим результатом цих досліджень є розробка конкретних заходів з охорони генофонду флори та рослинності в природних заповідниках. Це включає в себе не лише створення резерватів для рідкісних видів, а й розробку програм з відновлення та охорони середовища їхнього існування.

Охорона цих унікальних природних угідь вимагає належної уваги та заходів. Необхідно розробляти та впроваджувати стратегії збереження біорізноманіття, включаючи створення заповідників, резерватів та національних парків, а також здійснювати моніторинг та оцінку ефективності

заходів охорони. Тільки здійснюючи ці заходи можна забезпечити тривалий захист для рідкісних та зникаючих видів рослин, а також зберегти природні екосистеми для майбутніх поколінь.

**Висновки.** На території Тернопільської області зростає 100 видів червонокнижних рослин. Найчисленнішою серед 33 родин червонокнижних видів є Orchidaceae – 34 види (34 %). При проведенні хорологічного аналізу червонокнижних видів Тернопільської області виділено 7 зональних типів ареалів, лісостеповий виявився найбільшим і налічував 43 види, що становить 43 %. Під час аналізу виділено 12 регіональних груп ареалів, з яких європейська є найчисленнішою і налічує 34 види, що становить 34 %.

Біоморфологічний аналіз зроблено за допомогою класифікації Раункієра, на основі якої виділено 5 груп рослин. Найбільшу частину займають криптофіти – 55 видів, що становить 55 %. Категоріальний аналіз червонокнижних видів дозволяє ствердити, що до групи "зникаючі" відносять 20 видів, "вразливі" – 49 видів, "рідкісні" – 30 видів, "невизначені" – 1 вид.

### Список використаної літератури

- Барна М.М., Барна Л.С., Яворівський Р.Л. Червонокнижні рослини Голицького ботанічного заказника та їх охорона. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія*. 2014. Вип. 3 (60). С. 16–30.
- Визначник рослин України : навчальний посібник / 2-ге вид. Київ, 1965. 877 с.
- Геренчук К.І. Природа Тернопільської області. Львів : Вища школа, 1979. 320 с.
- Голицький ботаніко-ентомологічний заказник загальнодержавного значення. / Барна М.М., Царик А.П., Черняк В.М. та інші. Тернопіль : "Лілея", 1997. 64 с.
- Заверуха Б.В. Реліктові і ендемічні рослини Кременецьких гір та необхідність їх охорони. *Охороняйте рідну природу*. К.: "Урожай", 1964. С. 20–25.
- Зелінка С. В. Види рослин Тернопільської області, які занесені до "Червоної книги України". *Основи екології*. / за ред. В.М. Черняка. Тернопіль, 1994. С. 84–96.
- Конспект флори Кременецького філіалу державного природного заповідника «Медобори». Зелінка С.В., Мшанецька Н.В., Барна М.М., Зелінка С.М., Шанайда М.І. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка Серія Біологія*. 1998. № 3 (4). С. 11–14.
- Куковиця Г.С. Рідкісні, ендемічні та реліктові види Подільського Придністров'я. *Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів УРСР*. К.: Наук, думка, 1970. С. 31–32.
- Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Рослинний світ та гриби. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 16. Т. 1. Київ; Чернівці : Друк Арт, 2020. 280 с [Електронний ресурс]. URL: <http://surl.li/psaxq> (дата звернення 24.12.2023).
- Мороз І.І. Рідкісні рослини Товтрового кряжа, Опілля та їх охорона. *Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів в УРСР*. К.: Наук, думка, 1970. С. 39–41.
- Олійр Г.І. Конспект флори природного заповідника "Медобори". *Наукові записки ТДПУ ім. В. Гнатюка. Серія. Біологія*. 2002. № 2 (17). С. 18–25
- Онищенко В.А. Рослинність філіалу Кременецькі гори природного заповідника "Медобори". *Український ботанічний журнал*. 2000. 3. С. 264–272.
- Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання). Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко, канд. біол. наук М.М. Перегрим. Київ: Альтерпрес, 2012. 148 с.
- Охорона генофонду флори і рослинності Голицького державного ботаніко-ентомологічного заказника на Тернопільщині. Зелінка С.В., Барна М.М., Шанайда Н.Д., Черняк В.М.,

Адамів М.І. Наукові записки Тернопільського державного педагогічного інституту. Серія: біологія, хімія, педагогіка. 1994. Вип.1. С.35–38

Приходько М. Причини, наслідки і шляхи протидії зміні клімату. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. 2014. №1. С. 35–43.

Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. С. 573–581.

Яворівський Р.Л., Созанська Н.Й. Аналіз географічної структури флори Голицького ботанічного заказника. Дослідження флори і фауни Західного Поділля 2013: матеріали конф. Тернопіль, 2013. С. 21–24.

Яворівський Р.Л., Лендєнєва Г.Л Статус природоохоронної території як визначальний фактор збереження фіторизноманіття. Тернопільські біологічні читання - Ternopil Bioscience - 2018 : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяч. 20-річчю заснування Голицького біостаціонару ТНПУ ім. В. Гнатюка, 19-21 квіт. 2018 р., Тернопіль / редкол.: Н.М. Дробик, М.М. Барна, В.В. Грубінко; Тернопільський нац. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. Тернопіль : Вектор, 2018. С. 63–65.

Determining the ecological value of landscapes beyond protected areas / K.J. Willis, E.S. Jeffers, C. Tovar, et al. *Biological Conservation*. 2012. Vol. 147(1). P. 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.001>.

Endemic and alien vascular plant diversity in the small Mediterranean islands of Sardinia: Drivers and implications for their conservation / Fois M., Podda L., Médail F., Bacchetta G. *Biological Conservation*. 2020. Vol. 244. P. 1–11 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108519>.

González-Zamora A., Ríos-Sánchez E., Pérez-Morales R. Conservation of vascular plant diversity in an agricultural and industrial region in the Chihuahuan Desert. *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 22. P.1–50. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01002>.

Pratap M.A., Kumar A., Narayan Y. S. Ecology and conservation of threatened medicinal plants in the Trans-Himalayan region of Nanda Devi. *Forests and People*. 2023. Vol. 14. P 1–10 <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100451>.

The distribution of vascular plant species of conservation concern in Ireland, and their coincidence with designated areas. / Walsh A., Finn J., Jebb M. *Journal for Nature Conservation*. 2015. Vol. 24. P. 56–62.

Transboundary conservation opportunities for Cerrado's plant species/ Santiago V.J.E., Villalobos F., Galvão F. *Biological Conservation*. 2023. Vol. 284. P/110194. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110194>.

Reintroduction of Rare and Endangered Plants in China /Hai Ren, Hongfang Lu, Hongxiao Liu, Zhanhui Xu // *Conservation of rare and endangered plant species in China*. 2023. Vol. 26, Iss. 2. P. 49–107. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5301-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5301-1_4).

### References (translated & transliterated)

Barna, M.M., Barna, L.S., & Yavorivskiy R.L. (2014). Chervonoknyzhni roslyny Holytskoho botanichnoho zakaznyka ta yikh okhorona [Red Book plants of the Golytsky Botanical Reserve and their protection]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biolohiia [Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series Biology]*, 3 (60), 16–30 [in Ukrainian].

Chervona knyha Ukrainy [The Red Book of Ukraine. Flora of Ukraine] (2009). Roslynniy svit / za red. Ya. P. Didukha. K.: Hlobalkonsaltynh [in Ukrainian].

Herenchuk, K.I. (1979). Pryroda Ternopilskoi oblasti [Nature of Ternopil region]. Lviv, 320p. [in Ukrainian].

Holytskyi botaniko-entomolohichniy zakaznyk zahalnodержавnoho znachennia [Golitsky botanical and entomological reserve of national importance] (1997). / M.M. Barna, L.P. Tsaryk, V.M. Cherniak ta inshi. Ternopil, 64p.[in Ukrainian].

Kukovytsia, H.S. (1970). Ridkisini, endemichni ta reliktovi vydy Podilskoho Prydnistrovia [Rare, endemic and relict species of Podillya Prydnistrovia]. K., P. 31–32 [in Ukrainian].

Konspekt flory Kremenetskoho filialu derzhavnoho pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» (1998). [A notes of the flora of the Kremenets branch of the Medobory State Nature Reserve.] S.V. Zelinka, N.V.Mshanetska, M.M. Barna, S.M. Zelinka, & M.I. Shanaida. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka Seria Biolohiia [Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Series Biology]*, 3 (4), P. 11–14 [in Ukrainian].

Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini: Roslynniy svit ta hryby (2020). [Monitoring and protection of biodiversity in Ukraine: Flora and fungi] Seria: «Conservation Biology in Ukraine». Kyiv; Chernivtsi, Vyp. 16. T. 1. 280p. [Electronic resource] URL: <http://surl.li/psaxq> (access date 24.12.2023) [in Ukrainian].

Moroz, I.I. (1970). Ridkisni roslyny Tovtrovoho kriazha, Opillia ta yikh okhorona. Okhorona pryrody ta ratsionalne vykorystannia pryrodnykh resursiv v URSR [Rare plants of Tovtrovyi Ridge, Opillia and their protection. Nature protection and rational use of natural resources in the Ukrainian SSR]. K., P. 39–41 [in Ukrainian].

Prykhodko, M. (2014). Prychyny, naslidky i shliakhy protydii zmini klimatu [Causes, consequences and ways to counteract climate change]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka, Seria: Heohrafiia* [Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University], 1, 35–43 [in Ukrainian].

Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisnykh roslyn administratyvnykh terytorii Ukrainy (dovidkove vydannia) (2012). [Official lists of regionally rare plants of the administrative territories of Ukraine (reference publication)] Ukladachi: dokt. biol. nauk, prof. T.L. Andriienko, kand. biol. nauk M.M. Perehrym. Kyiv, 148p. [in Ukrainian].

Okhorona henofondu flory i roslynosti Holytskoho derzhavnogo botaniko-entomolohichnoho zakaznyka na Ternopilshchyni (1994). [Protection of the gene pool of flora and vegetation of the Golytskyi State Botanical and Entomological Reserve in Ternopil Oblast]. S.V. Zelinka, M.M. Barna, N.D. Shanaida, V.M. Cherniak, & M.I. Adamiv. *Naukovi zapysky Ternopilskoho derzhavnogo pedahohichnoho instytutu. Seria: biolohiia, khimiia, pedahohika* [Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Series Biology], 1, 35–38 [in Ukrainian].

Oliiar H.I. (2002). Konspekt flory pryrodnoho zapovidnyka "Medobory" [A synopsis of the flora of the Medobory Nature Reserve]. *Naukovi zapysky TDPU im.V.Hnatiuka. Seria. Biolohiia* [Scientific Notes of V. Hnatiuk TSPU. Series. Biology], 2 (17), 18–25 [in Ukrainian].

Onyshchenko, V.A. (2000). Roslynnist filialu Kremenetski hory pryrodnoho zapovidnyka "Medobory" [Vegetation of the Kremenets Mountains branch of the Medobory Nature Reserve]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. [Ukrainian Botanical Journal], 3, 264–272 [in Ukrainian].

Vyznachnyk roslyn Ukrainy (1965). [Identifier of plants of Ukraine]. Vyd. 2-he, vypravlene i dopovnene. Navch. posib. K.: Urozhai, 877 p. [in Ukrainian].

Yavorivskiy R.L., & Sozanska N.I. (2023). Analiz heohrafichnoi struktury flory Holytskoho botanichnoho zakaznyka [Analysis of the geographical structure of the flora of the Golytsky Botanical Reserve]. *Doslidzhennia flory i fauny Zakhidnoho Podillia* [Study of the flora and fauna of Western Podillia], P. 21–24 [in Ukrainian].

Yavorivskiy R.L., & Liendienova H.L. (2018) Status pryrodookhoronnoi terytorii yak vyznachalny faktor zberezhennia fito riznomanittia [The status of a protected area as a determining factor in the conservation of phyto-diversity]. *Ternopilski biolohichni chytannia* [Ternopil biological readings], P. 63–65 [in Ukrainian].

Determining the ecological value of landscapes beyond protected areas (2012). K.J., Willis, E.S., Jeffers, C. Tovar, & et al. *Biological Conservation*, 147(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.001> [in English].

Endemic and alien vascular plant diversity in the small Mediterranean islands of Sardinia: Drivers and implications for their conservation. (2020). M., Fois, L., Podda, F. Médail, et al. *Biological Conservation*, 244, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108519> [in English].

González-Zamora, A., Ríos-Sánchez, E., & Pérez-Morales R. (2020). Conservation of vascular plant diversity in an agricultural and industrial region in the Chihuahuan Desert, Mexico, *Global Ecology and Conservation*, 22, 1–50. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01002> [in English].

Pratap, M.A., Kumar, A., & Narayan, Y.S. (2023). Ecology and conservation of threatened medicinal plants in the Trans-Himalayan region of Nanda Devi Biosphere Reserve, Western Himalaya, *Trees, Forests and People*, 14. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100451> [in English].

Reintroduction of Rare and Endangered Plants in China (2023) /Hai Ren, Hongfang Lu, Hongxiao Liu, Zhanhui Xu // *Conservation of rare and endangered plant species in China*. 26, 2, 49–107 [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5301-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5301-1_4) [in English].

The distribution of vascular plant species of conservation concern in Ireland, and their coincidence with designated areas (2015) A. Walsh, J. Finn, M. Jebb, *Journal for Nature Conservation*, 24, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.01.007> [in English].

Transboundary conservation opportunities for Cerrado's plant species (2023). José, E., Velazco, S., Villalobos, F. et al. *Biological Conservation*, 284. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110194> [in English].

Отримано: 04.02.2024  
Прийнято: 20.02.2024

## ЗМІСТ

### БІОЛОГІЯ

- Н. М. Ткаченко, О. В. Tverdokhlib, V. I. Honcharenko, N. M. Kurhaluk.** Dose-dependent changes in biomarkers of oxidative stress in human erythrocytes following *in vitro* treatment with extracts from berries of European mistletoe (*Viscum Album L.*)..... 7
- О. В. Іщук, М. М. Світельський, С. І. Матковська, М. В. Слюсар, І. І. Ковальчук.** Сучасний стан та тенденції розвитку аквакультури ракоподібних..... 18
- О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька, О. Є. Найдьонова.** Еколого-токсикологічна оцінка якості ґрунтів території Харківського району Харківської області..... 25
- О. С. Панчук.** Нові дані про гніздування чорного делеки *Ciconia nigra L.* в західній частині Житомирського Полісся в 2020-2023 роках..... 33
- Р. Е. Садигов, Л. М. Фельбаба-Клаушина.** Мохоподібні гірського хребта Великий Діл (Національний природний парк “Зачарований край”, Українські Карпати) та їх екологічна приуроченість..... 44
- Ю. С. Шелюк, Л. Є. Астахова, Л. С. Осецька.** Смолоносні рослини різнотипних рослинних угруповань Центрального Полісся..... 52

### ГЕОГРАФІЯ

- І. К. Nesterchuk.** The concept of territorial gastro-tourism systems..... 63
- Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук.** Накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні: сучасний стан, проблеми і перспективи поводження... 75
- Л. М. Кирилюк, О. Д. Лаврик, В. І. Корінний, Р. П. Власенко, Т. В. Андрійчук.** Специфіка висотної диференціації ландшафтів лісостепу України..... 85
- Р. Д. Федорець.** Визначення фінансової спроможності територіальних громад із центрами у середніх містах (кейс областей Українського Полісся)..... 96

### ХІМІЯ

- В. О. Віленський.** XXI-е століття: хімія на роздоріжжі..... 106

### АГРОНОМІЯ

- Ye. I. Kirchuk, Ye. V. Alieksieienko, Ye. A. Holub, N. O. Honcharuk.** Inheritance of resistance to leaf rust by combining different genetic control systems for the trait..... 113
- A. V. Lysytsya, H. D. Krupko.** Some agrochemical characteristics of the soils of the Volyn' Polissya ecosystems..... 121
- Є. О. Домарацький, В. І. Пічура, О. П. Козлова, М. О. Бойко, А. В. Панфілова.** Ефективність еколого-безпечних препаратів комбінованої дії на продуктивність *Helianthus annuus L.* за різної щільності ценозу..... 127
- У. М. Карбівська, Р. О. Турак.** Вплив строків посіву на продуктивність соняшнику в умовах Прикарпаття..... 141
- В. З. Панчишин, В. В. Мойсієнко, Т. А. Сладковська, Л. О. Перепелиця, Н. І. Корево.** Продуктивність ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*) залежно від сорту та позакореневого підживлення в умовах лісостепу України..... 148
- М. В. Семенко, С. В. Поспелов.** *Hypericum perforatum L.* в культурі: від агроекологічних умов до фітофармакологічного профілю..... 159
- О. П. Ткачук, Г. В. Панцирева, Є. О. Волинець, В. В. Федюк.** Вплив технологічних прийомів вирощування на густоту стояння та висоту рослин сої в умовах правобережного Лісостепу України..... 168
- О. П. Ткачук, С. Ф. Разанов, С. О. Банул.** Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого..... 175
- О. Ю. Турак, М. Ю. Козло.** Вплив строків посіву на продуктивність ранніх сортів сої в умовах Івано-Франківської області..... 182

**А. А. Хавхун.** Вплив мінерального живлення на ростові процеси рослин кукурудзи в умовах лісостепу правобережного.....190

### ЕКОЛОГІЯ

**О. В. Гарбар, Е. В. Весельська, І. В. Хом'як, Д. А. Гарбар.** Просторово-часові зміни структури земельного покриття Словечансько-Овруцького кряжу.....197

**С. В. Портянник.** Використання регресійного аналізу в моделюванні екологічної ситуації за допомогою прогнозування переходу токсичних важких металів з кормів раціону дійних корів в органічні відходи й акумуляції політантів у ґрунті сільськогосподарських скотарських підприємств.....210

**В. П. Резніченко, А. В. Коломієць, Т. М. Тунік.** Оцінка енергетичної ефективності відновлювальних джерел енергії на основі біоконверсійних культур.....229

**І. В. Хом'як.** Видова різноманітність та фітоценотична приуроченість представників Orthoptera в кар'єрах Житомирського Полісся.....240

**А. С. Чонгова, М. С. Якуба, К. Г. Єрьоміна.** Характеристики підстилки міських парків як показники ступеню їх рекреаційної стійкості.....250

**О. М. Ярема, В. М. Черняк, О. Б. Бондар, А. О. Бицюра, О. Я. Чернищенко, Н. Б. Глипка.** Судинні рослини Тернопільської області, включені до «Червоної книги України», та їх збереження в умовах антропогенного середовища.....261

## **НОТАТКИ**