

**Науковий вісник  
Ужгородського університету**

**СЕРІЯ Біологія**  
**ВИПУСК 58 (2025)**

Видається з 1994 року



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2025

ISSN 2075-0846

Науковий вісник Ужгородського університету.

Серія: Біологія. – 2025. – Випуск 58. – 194 с.

**Головний редактор:** Олексик Т. Х., доктор філософії, професор, кафедра ботаніки, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

**Заступник головного редактора:** Мірутенко В. В., к.б.н. доцент, кафедра ентомології та збереження біорізноманіття, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

**Відповідальний секретар:** Фурик Ю. І., к.б.н., кафедра зоології, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

**Науковий редактор:** Загороднюк І. В., к.б.н., с.н.с., відділ музеології та науково-технічної інформації, Національний науково-природничий музей НАН України.

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

Аргіропулу М. Д., PhD, Dr., доцент, кафедра зоології, Університет Аристотеля м. Салоніки, Греція.

Бойко Н. В., д.б.н., професор, кафедра медико-біологічних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

Будзанівська І. Г., д.б.н., професор, кафедра вірусології, ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна.

Дикий І. В., к.б.н., доцент, кафедра зоології, Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна.

Корнеєв В. О., д.б.н., професор, чл.-кор. НАН України, відділ ентомології та наукових фондів колекцій, Інститут зоології імені І.І. Шмальгаузена НАН України, Україна.

Меліка Ж., PhD, Dr., лабораторія діагностики здоров'я рослин і молекулярної біології, Національна Держпродспоживслужба, Угорщина.

Морозов-Леонов С. Ю., д.б.н., с.н.с., відділ еволюційно-генетичних основ систематики, Інститут зоології імені І.І. Шмальгаузена НАН України, Україна.

Мосякін С. Л., д.б.н., професор, чл.-кор. НАН України, відділ систематики і флористики судинних рослин, Інститут ботаніки імені Н.Г. Холодного НАН України, Україна.

Порачова Я., PhD, Dr., професор, кафедра біології, Пряшівський університет, Словаччина.

Радченко О. Г., д.б.н., професор, відділ систематики ентомофагів та екологічних основ біометоду, Інститут зоології імені І.І. Шмальгаузена НАН України, Україна.

Симочко Л. Ю., к.б.н., доцент, кафедра ентомології та збереження біорізноманіття, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

Ткач В., PhD, Dr., професор, кафедра біології, Університет Північної Дакоти, США.

**ISSN 2075-0846**

Scientific Bulletin of the Uzhhorod University.  
Series Biology. – 2025. – Issue 58. – 194 pp.

**Editor-in-Chief:** Oleksyk T.K., Doctor of Philosophy, Professor, Department of Botany, Uzhhorod National University, Ukraine.

**Deputy Editor-in-Chief:** Mirutenko V.V., Ph.D., Assoc. Professor, Department of Entomology and Biodiversity Conservation, Uzhhorod National University, Ukraine.

**Executive Secretary:** Furyk Yu.I., Ph.D., Department of Zoology, Uzhhorod National University, Ukraine.

**Scientific Editor:** Zagorodniuk I.V., Ph.D., Assoc. Professor, Department of Museology and Scientific-Technical Information, National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine.

**EDITORIAL BOARD:**

Argyropoulou M. D., PhD, Dr., Assist. Professor, Department of Zoology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

Boyko N. V., D.Sc., Professor, Department of Medical and Biological Sciences, Uzhhorod National University, Ukraine.

Budzanivska I. G., D.Sc., Professor, Department of Virology, Educational and Scientific Centre “Institute of Biology & Medicine” of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine.

Dykyy I. V., Ph.D., Assoc. Professor, Department of Zoology, Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine.

Korneyev V. A., D.Sc., Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, Department of Entomology and Scientific Fund Collections, I.I. Schmalhausen Institute of Zoology of NAS of Ukraine, Ukraine.

Melika G., PhD, Dr., Plant Health and Molecular Biology Laboratory, National Food Chain Safety Office of Hungary, Hungary.

Morozov-Leonov S. Yu., D.Sc., Senior Researcher, Department of Evolutionary and Genetic Bases of Systematics, I.I. Schmalhausen Institute of Zoology of NAS of Ukraine, Ukraine.

Mosyakin S. L., D.Sc., Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, Department of Systematics and Floristics of Vascular Plants, M.G. Kholodny Institute of Botany of NAS of Ukraine, Ukraine.

Poracova J., PhD, Dr., Professor, Department of Biology, University of Presov in Presov, Slovak Republic.

Radchenko A. G., D.Sc., Professor, Department of the Taxonomy of Entomophagous Insects and Ecological Principles of Biocontrol, I.I. Schmalhausen Institute of Zoology of NAS of Ukraine, Ukraine.

Symochko L. Yu., Ph.D., Assoc. Professor, Department of Entomology and Biodiversity Conservation, Uzhhorod National University, Ukraine.

Tkach V., PhD, Dr., Professor, Department of Biology, University of North Dakota, USA.

**Адреса редакції:**

Пошта: вул. А. Волошина, 32, Ужгород, 88000 Україна

Електронна адреса: [biol@uzhnu.uz.ua](mailto:biol@uzhnu.uz.ua)

Сайт: <http://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/biology>

Телефон: +38 093 006 55 68

Друкується за ухвалою Редакційно-видавничої ради ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (протокол № 5, від 29 травня 2025 року)

Вченої ради ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (протокол № 6 від 3 червня 2025 року)

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2178 від 27.06.2024 року. Ідентифікатор медіа: R30-04776

Верстка, редагування, макетування випуску: Т. О. Клименко.

Видання «Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія» включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») зі спеціальності «Е1 – Біологія та біохімія» відповідно до Наказу МОН України № 1309 від 25 жовтня 2023 року (додаток 4).

**Address:**

Post: 32, A. Voloshyna str., Uzhhorod, 88000 Ukraine

e-mail: [biol@uzhnu.uz.ua](mailto:biol@uzhnu.uz.ua)

Web: <http://journals.uzhnu.uz.ua/index.php/biology>

Phone: +38 093 006 55 68

Registration of Print media entity: Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine: Decision № 2178 as of 27.06.2024. Media ID: R30-04776

Editing and layout of the issue: T. O. Klimenko

According to the Decree of the Ministry of Education and Science of Ukraine No 1309 (Annex 4) dated October 25, 2023, the journal is included in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (category “B”) on specialty “E1 – Biology and Biochemistry”.



---

---

## ЗМІСТ

---

---

<b>Олена Войтович, Діана Чеботар, Олена Дубова</b> Цитотоксичний вплив гербіцидів «Ураган» та «Оберіг» на кореневі меристеми <i>Allium cepa</i> й <i>Allium porrum</i> .....	9
<b>Єлизавета Воробей, Ольга Воронкова, Альберт Вінніков</b> Порівняння адгезивних властивостей штамів <i>Staphylococcus aureus</i> та <i>Escherichia coli</i> , виділених із піхви мишей у нормі й у разі дисбіозу.....	16
<b>Олена Дуло, Наталія Гема-Багіна, Марина Калиняк</b> Анаеробна продуктивність організму юнаків різних соматотипів гірських районів Закарпаття.....	21
<b>Віталій Коломийчук, Олександр Шиндер, Мирослав Шевера</b> Спонтанна флора судинних рослин паркового ансамблю замку «Сент-Міклош» (селище Чинадійово, Закарпатська область).....	27
<b>Роман Махінько</b> Біоаккумуляція <sup>40</sup> K у різних видах риб річкових екосистем Житомирського Полісся.....	42
<b>Микола Причена, Юлія Коваленко</b> Просторово-біотопічний розподіл рідкісних видів тварин у притоках басейну річки Ірпінь (півн. Україна).....	47
<b>Ірина Рижко</b> Морфологічний аналіз і патологічні зміни еритроцитів бичкових риб роду <i>Ponticola</i> Pjin, 1927.....	55
<b>Анатолій Сорока</b> Добір на стійкість до засолення в калусній культурі льону олійного.....	60
<b>Ольга Усольцева, Ірина Бойко, Тетяна Копилова, Валентина Пономаренко, Наталія Кучер</b> Особливості вегетативного розмноження <i>Thuja occidentalis</i> L. 'Wagneri'.....	66
<b>Лариса Броннікова</b> Дослідження метаболізму та морфометрії у біотехнологічних форм рослин тютюну та його поколінь, стійких до водного режиму.....	71
<b>Larysa Bronnikova</b> Analysis of seed generations of biotechnological wheat plants an additional copy of the gene orygtin- $\delta$ -aminotransferase of alfalfa.....	76
<b>Natalia Vorobets, Halyna Yavorska</b> Gallant soldier – a promising raw material with antibacterial properties.....	82
<b>Ірина Воробок</b> Нові знахідки кліщів надродина Tetranychoida (Acari: Trombidiformes) на території Закарпатської області.....	88
<b>Габрієл Гуштан, Катерина Гуштан, Діана Цесьців</b> Зміни параметрів населення орібатидних кліщів (Acari: Oribatida) лучних оселищ Закарпатської низовини у градієнті вологості едафотопу.....	95
<b>Ігор Загороднюк, Анатолій Ротт</b> Огляд теріофауни басейну річки Вовча (Дніпропетровщина).....	102
<b>Любов Маргітай, Дмитро Маргітай, Михайло Вакерич, Сергій Шалаєнко, Кароліна Шейдик, Андрій Чепкий</b> Вплив регуляторів росту на проростання насіння і ріст проростків рослин томату.....	121
<b>Владислав Мірутенко, Віолета Мірутенко</b> Філогеографічний аналіз <i>Apalochrus femoralis</i> Erichson, 1840 (Coleoptera: Melyridae).....	129
<b>Ірина Москалець</b> Огляд колекції молюсків класу Gastropoda, підкласів Patellogastropoda, Neritimorpha, Vetigastropoda (Mollusca) музею природи Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна.....	133
<b>Ludvig Potish, Mykhailo Tofeliuk, Adalbert Potish, Boris Sharga</b> Golden jackal ( <i>Canis aureus</i> L., 1758) in the fauna of the Transcarpathian region.....	143
<b>Сергій Стрижак, Наталія Кириленко, Ольга Макаренко, Людмила Цевух</b> Порушення у слизовій оболонці порожнини рота щурів після споживання надлишку цукру і хлориду алюмінію.....	149
<b>Світлана Тайкова</b> Орнітологічні збори з Закарпатської області у колекції Національного науково-природничого музею НАН України.....	153

<b>Khanifabonu Juraeva, Vazira Akhmedova, Abbos Khazratov, Maxim Kvitko, Feruza Mustafina, Sodikjon Abdinazarov, Larisa Bronnikova</b> Microclonal propagation of the species from the collection of the botanical garden: <i>Acer platanoides</i> L. “Crimson King” (Aceraceae Juss.).....	163
<b>Василь Януль</b> Угрупування епігеобіонтних павуків (Arachnida, Acaraceae) лісових екосистем північно-східного схилу г. Пікуй (Українські Карпати).....	169
<b>Тарас Олексик, Владислав Мірутенко, Ярослава Гасинець, Роман Кіш, Андрій Вощепинець</b> Епоха великих геномних відкриттів: короткий нарис історії науки про геномне різноманіття.....	176
<b>Мирослав Шевера, Віра Протопопова, Людмила Зав’ялова, Любов Губарь, Ольга Оптасюк, Оксана Кучер, Тетяна Двірна, Тиберій Любка, Олена Міськова</b> Світлій пам’яті учениці та колеги Каріни Звягінцевої.....	188

---

---

## CONTENTS

---

---

<b>Voitovych O., Chebotar D., Dubova O.</b> Cytotoxic effect of herbicides “Uragan” and “Oberig” on root meristems of <i>Allium cepa</i> and <i>Allium porrum</i> .....	9
<b>Vorobiei Y., Voronkova O., Vinnikov A.</b> Comparison of adhesive properties of <i>Staphylococcus aureus</i> and <i>Escherichia coli</i> strains isolated from the vaginas of mice in normal and with dysbiosis.....	16
<b>Dulo O., Hema-Bahyna N., Kalyniak M.</b> Anaerobic Energy Production in Highland Young Males from Zakarpattia of Different Somatotypes.....	21
<b>Kolomiychuk V., Shynder O., Shevera M.</b> Spontaneous vascular plants flora of parks assembles of the “Saint Miklosh” Castle (Chynadiyovo village, Zakarpattia Oblast).....	27
<b>Makhinko R.</b> Bioaccumulation of <sup>40</sup> K in different fish species of river ecosystems of Zhytomyr Polissia.....	42
<b>Prychepa M., Kovalenko Yu.</b> Spatial and biotopic distribution of rare animal species in the tributaries of the Irpin River basin (Northern Ukraine).....	47
<b>Ryzhko I.</b> Morphological analysis and pathological changes of erythrocytes of gobiidae fish of the genus <i>Ponticola</i> Iljin, 1927.....	55
<b>Soroka A.</b> Selection for salt tolerance in callus culture of oil flax.....	60
<b>Usoltseva O., Boiko I., Kopylova T., Ponomarenko V., Kucher N.</b> Features of vegetative propagation of <i>Thuja occidentalis</i> L. ‘Wagneri’.....	66
<b>Bronnikova L.</b> Development of biotechnological approaches for obtaining tobacco ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) R1 and R2 generations resistant to water deficit.....	71
<b>Bronnikova L.</b> Analysis of seed generations of biotechnological wheat plants an additional copy of the gene orygtin- $\delta$ -aminotransferase of alfalfa'.....	76
<b>Vorobets N., Yavorska H.</b> Gallant soldier – a promising raw material with antibacterial properties.....	82
<b>Vorobok I.</b> New mites records of the superfamily Tetranychoida (Acari: Trombidiformes) in the territory of the Zakarpattia Region.....	88
<b>Hushtan H., Hushtan K., Tsestiv D.</b> Changes in population parameters of oribatids (Acari: Oribatida) of meadow habitats on the Transcarpathian Lowlands in the edaphotope humidity gradient.....	95
<b>Zagorodniuk I., Rott A.</b> An overview of the mammal fauna of the Vovcha River basin (Dnipro region, Ukraine).....	102
<b>Margitay L., Marhitai D., Vakerych M., Shalaienko S., Sheydyk K., Chepkyi A.</b> Effect of growth regulators on tomato seed germination and seedling growth.....	121
<b>Mirutenko V., Mirutenko V.</b> Phylogeographical analysis of <i>Apalochrus femoralis</i> Erichson, 1840 (Coleoptera: Melyridae).....	129
<b>Moskalets I.</b> Review of the collection mollusk shells (Mollusca: Gastropoda), Subclass Patellogastropoda, Subclass Neritimorpha, Subclass Vetigastropoda, which deposited in Museum of Nature of V.N. Karazin Kharkiv National University.....	133
<b>Potish L., Tofeliuk M., Potish A., Sharga B.</b> Golden jackal ( <i>Canis aureus</i> L., 1758) in the fauna of the Transcarpathian region.....	143
<b>Stryzhak S., Kyrlyenko N., Makarenko O., Tsevukh L.</b> Disturbances in the mucous membrane of the oral cavity of rats after consumption of excess sugar and aluminum chloride.....	149
<b>Tajkova S.</b> Ornithological collections from the Transcarpathian Oblast in the holdings of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine.....	153

<b>Juraeva Kh., Akhmedova V., Khazratov A., Kvitko M., Mustafina F., Abdinazarov S., Bronnikova L.</b> Microclonal propagation of the species from the collection of the botanical garden: <i>Acer platanoides</i> f. “Crimson King” (Acearceae Juss.).....	163
<b>Yanul V.</b> Communities of epigeic spiders (Arachnida, Araneae) in forest ecosystems of the northeastern slope of Mt. Pikui (Ukrainian Carpathians).....	169
<b>Oleksyk T., Mirutenko V., Hasynets Ya., Kish R., Voshchepynets A.</b> The era of great genomic discoveries: a brief outline of the history of genome diversity science.....	176
<b>Shevera M., Protopopova V., Zavialova L., Gubar L., Optasyuk O., Kucher O., Dvirna T., Ljubka T., Miskova O.</b> In memory of our respected doctoral student and colleague Karina Zvyagintseva .....	188

## ЦИТОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ «УРАГАН» ТА «ОБЕРІГ» НА КОРЕНЕВІ МЕРИСТЕМИ *ALLIUM CEPA* Й *ALLIUM PORRUM*

Олена ВОЙТОВИЧ, Діана ЧЕБОТАР, Олена ДУБОВА

У статті подано результати дослідження цитотоксичного впливу гербіцидів «Ураган» та «Оберіг». Мета роботи – вивчення характеру й частоти порушень мітозу та хромосомних аберацій, індукованих цими гербіцидами. Об'єкт дослідження – клітини апікальних меристем корінців двох видів рослин роду *Allium*: *Allium cepa* L. та *Allium porrum* L. Для експерименту використовували 0,1 %, 1 % і 2 % розчини гербіциду «Ураган» (діюча речовина – гліфосат) і 0,08 %, 0,75 % та 1,5 % розчини гербіциду «Оберіг» (діюча речовина – хізалофоп-П-етил). Проростки піддавали 24- і 48-годинній експозиції в розчинах. Цитогенетичний аналіз проводили за стандартною методикою *Allium*-тесту. У результаті дослідження в клітинах кінчика кореня обох видів спостерігали зміни в організації та морфології хромосом. На різних стадіях клітинного циклу зафіксовані хромосомні аберації, зокрема двоядерні клітини, мікроядра, мости, фрагменти хромосом, відставання хромосом, затримка анафази та к-мітоз. Загальна кількість хромосомних аберацій зростала зі збільшенням концентрації гербіцидів і часу експозиції. Максимальні показники спостерігали при 48-годинній експозиції у 2 % розчині гербіциду «Ураган» та 1,5 % розчині гербіциду «Оберіг». Водночас наявна видоспецифічна реакція на стресовий чинник. Частота патологій мітозу в клітинах *Allium cepa* вища за умови впливу «Урагану», тоді як клітини *Allium porrum* виявили більшу чутливість до «Оберегу». Гербіциди «Ураган» та «Оберіг» виявили цитотоксичний вплив на клітини корінців обох видів цибулі, що проявлялося у збільшенні кількості клітин із патологією процесу чи структур. Найбільш розповсюдженими аномаліями були поява мікроядер і двоядерність. Виявлено залежність типу порушень від хімічної природи гербіциду. Отримані результати підтверджують цитотоксичний потенціал досліджених гербіцидів і вказують на необхідність урахування видоспецифічних особливостей рослин під час оцінювання їхньої чутливості до агрохімікатів.

**Ключові слова:** хромосомні аберації, порушення мітозу, тест-система, мікроядра, гліфосат, хізалофоп-П-етил.

Запорізький національний університет, вул. Університетська, 66, Запоріжжя, 69011, Україна; e-mail: [helenVoit@gmail.com](mailto:helenVoit@gmail.com); [dianachebotar22@gmail.com](mailto:dianachebotar22@gmail.com); [edubova17@gmail.com](mailto:edubova17@gmail.com)

### **Cytotoxic effect of herbicides “Uragan” and “Oberig” on root meristems of *Allium cepa* and *Allium porrum*** **Voitovych O., Chebotar D., Dubova O.**

The work presents the results of a study of the cytotoxic effect of the herbicides “Uragan” and “Oberig”. The aim of the work was to study the character and frequency of mitosis disorders and chromosomal aberrations induced by these herbicides. The object of the study were the cells of the apical meristems of roots of two species of plants of the genus *Allium*: *Allium cepa* L. and *Allium porrum* L. The experiment used 0.1 %, 1 % and 2 % solutions of the herbicide “Uragan” (active ingredient – glyphosate) and 0.08 %, 0.75 % and 1.5 % solutions of the herbicide “Oberig” (active ingredient – khizalofop-P-ethyl). The seedlings were exposed to 24 and 48 hours of exposure in the solutions. Cytogenetic analysis was performed using the standard *Allium* test method. As a result of the study, changes in the organization and morphology of chromosomes were observed in the root tip cells of both species. Chromosomal aberrations were recorded at different stages of the cell cycle, including binucleated cells, micronuclei, bridges, chromosome fragments, chromosome lag, anaphase delay, and k-mitosis. The total number of chromosome aberrations increased with increasing herbicide concentration and exposure time. The maximum values were observed at 48-hour exposure in a 2 % solution of the herbicide “Uragan” and a 1.5 % solution of the herbicide “Oberig”. At the same time, a species-specific response to the stress factor is observed. The frequency of mitotic pathologies in *Allium cepa* cells is higher under the influence of “Uragan”, while *Allium porrum* cells showed greater sensitivity to “Oberig”. The herbicides “Uragan” and “Oberig” showed a cytotoxic effect on root cells of both onion species, which was manifested in an increase in the number of cells with pathological processes or structures. The most common anomalies were the appearance of micronuclei and binucleation. The dependence of the type of disorders on the chemical nature of the herbicide was revealed. The results obtained

confirm the cytotoxic potential of the studied herbicides and indicate the need to take into account the species-specific characteristics of plants when assessing their sensitivity to agrochemicals.

**Key words:** chromosomal aberrations, mitotic abnormalities, test system, micronuclei, glyphosate, quizalofop-P-ethyl Zaporizhzhia National University, Universytetska St., 66, Zaporizhzhia, 69011, Ukraine; helenVoit@gmail.com; dianachebotar22@gmail.com; edubova17@gmail.com

## Вступ

Підтримка якості й гарантування безпеки сільськогосподарських продуктів уже давно є важливим завданням сучасності, оскільки невибіркове та все більше використання агрохімікатів, зокрема гербіцидів, яке є нині безальтернативним, може негативно впливати на нецільові організми й стан довкілля. Гербіциди, призначені для контролю бур'янів, потенційно можуть проявляти цитотоксичну дію й щодо інших організмів, що становить загрозу для біорізноманіття та стабільності екосистем. Зокрема, широко застосовувані препарати на основі гліфосату й хізалофоп-П-етилу є ефективними в боротьбі з бур'янами, проте їхній можливий побічний вплив на клітинному рівні потребує ретельного вивчення (Sharma, Vig 2012, Verholias 2019, Deveci, Aksoy 2017, De Souza et al, 2016, Nazra et al, 2023).

Оскільки рослини – прямі реципієнти агро-токсикантів, вони є важливим матеріалом для генетичного тестування й екологічного моніторингу. Для оцінювання цитотоксичного потенціалу широко використовується *Allium*-тест. Цей фітотест базується на аналізі мітотичної активності клітин меристеми коренів цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.), є зручним, економічним, швидким і досить чутливим інструментом для виявлення й кількісного оцінювання генотоксичності та хромосомної нестабільності (Mustafa, Suna Arıkan 2008, Das, Ray 2024).

Численні роботи присвячені вивченню впливу гербіцидів різних класів, включаючи похідні сечовини, триазини, фосфорорганічні сполуки, на мітотичну активність і спектр хромосомних аберацій у клітинах *Allium cepa*. Крім гербіцидів, *Allium*-тест успішно застосовується для оцінювання токсичності важких металів, лікарських препаратів, промислових забруднювачів та інших факторів навколишнього середовища, у тому числі біологічно активних метаболітів, що підкреслює його універсальність та інформативність. Найбільш використовувані біомаркери оцінювання впливу різних агентів – це мітотичний індекс, хромосомні аберації, поява мікроядер і сестринські хроматидні обміни (Mercado, Caleno 2020, Tkachuk, Zelena 2022).

Метою роботи є дослідження цитотоксичного ефекту гербіцидів «Ураган» та «Оберіг» за порушеннями мітозу й появою хромосомних аберацій

у клітинах апікальних меристем корінців *Allium cepa* й *Allium porrum*. Завдання полягали в обліку кількості аномалій залежно від дози та тривалості впливу препаратів.

## Матеріал та методики

Досліджували мутагенну активність гербіцидів з торговими назвами «Ураган форте» (концентрація 500 г/л калійної солі гліфосату – 100 мл, у вигляді водорозчинного концентрату, виробник – компанія Sygenta) та «Оберіг» (концентрація 90 г/л – 100 мл, у вигляді концентрату емульсії, виробник – Презенс Компані Лтд.), діючими речовинами яких є гліфосат і хізалофоп-П-етил відповідно. Ці препарати є однокомпонентними й найбільш популярними серед покупців сільгосппродукції.

Використовували 0,1 %, 1 % і 2 % розчин «Урагану» й 0,08 %, 0,75 % та 1,5 % розчин «Оберегу». Обрані концентрації рекомендовані для застосування виробниками препаратів.

Об'єктом дослідження були клітини апікальних меристем корінців двох видів рослин роду *Allium*: *Allium cepa* Linnaeus, 1753 й *Allium porrum* Linnaeus, 1753. Для експерименту обрані цибулини ріпчастої цибулі, пророщені *in vitro* в хімічному посуді, і насіння цибулі-порей, пророщене в чашках Петрі на фільтрувальному папері за нормальних умов.

Дводобові проростки піддавали 24- і 48-годинній експозиції в розчинах гербіцидів різної концентрації.

Фіксація корінців фіксатором Кларка (охолоджені  $C_2H_5OH:CH_3COOH$  3:1), їх мацерація (45 %  $CH_3COOH$ ), фарбування ацетоорсеїном і приготування тимчасових давлених препаратів проводили згідно зі стандартною методикою *Allium*-тесту (Fiskesjo 1985).

У кожному варіанті аналізували 8–10 проростків корінців, загальна кількість опрацьованих мікропрепаратів – 240. Середня кількість проаналізованих клітин одного препарату – 300. Ураховували стадію клітинного циклу й наявність порушень нормального сценарію процесу мітозу (фізіологічні порушення) і хромосомних аберацій різних типів.

## Результати та обговорення

Під впливом гербіцидів у клітинах кінчика кореня *Allium cepa* й *Allium porrum* спостерігали



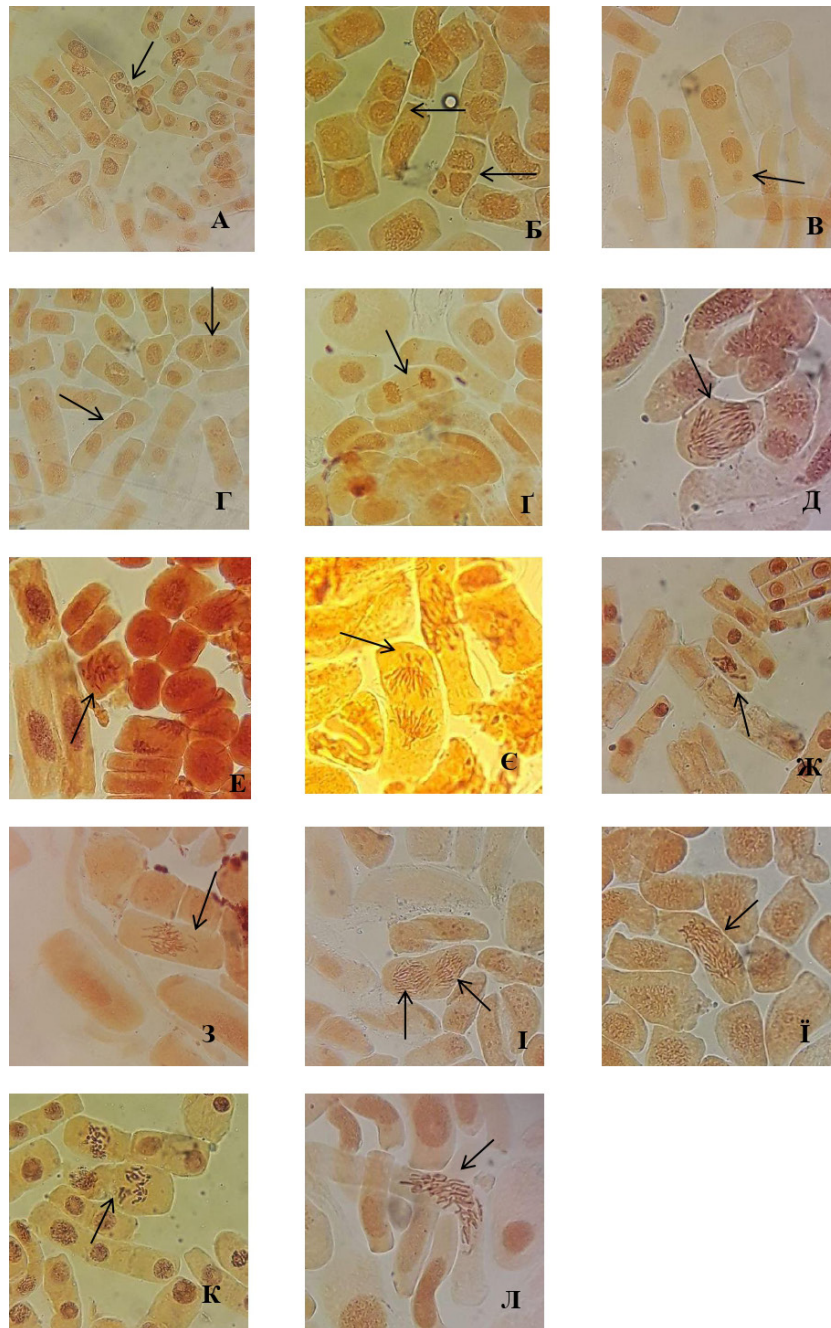


Рис. 1. Гербіцид-індуковані хромосомні аберації: (А–Б) двоядерні клітини; (В–Г) мікроядра; (Г–Д) мости; (Е–Є) фрагменти хромосом; (Ж–З) відставання хромосом; (І–І) затримка анафази; (К–Л) к-мітоз

Fig. 1. Herbicide-induced chromosomal aberrations: (A–B) binucleated cells; (C–D) micronuclei; (D–E) bridges; (E–E) chromosome fragments; (G–Z lag of) chromosomes; (I–I) anaphase arrest; (K–L) k-mitosis

зміни в організації та морфології хромосом. На різних стадіях клітинного циклу, переважно в анафаза-телофазних клітинах, зафіксовано досить широкий спектр цитогенетичних пошкоджень, зокрема хромосомних аберацій, що є свідченням негативного впливу застосованих хімічних препаратів, а саме: виявлені двоядерні клітини, мікроядра, мости, фрагменти хромосом, відставання хромосом, затримка анафази та к-мітоз (рис. 1).

Мікроядра фіксували як округлі хроматинові утворення в цитоплазмі клітин у період інтер-

фази. Утворюються мікроядра зазвичай у результаті нерозходження або відставання в розходженні хроматид до полюсів як результат порушення веретена поділу. Також утворення мікроядер із фрагментів хромосом відбувається в разі переміщення аберантних хроматинових структур із ядра в цитоплазму.

Двоядерність виникає внаслідок амітозу, коли ядро ділиться на дві відносно рівні частини без утворення міточного апарату й візуалізації хромосом.

Хромосомні мости є наслідком фрагментації хромосом. У процесі з'єднання фрагментів утворюється дицентрична хромосома, яка під час анафази розтягується між протилежними полюсами поділу, утворюючи міст. До кінця анафази мости рвуться в результаті надмірного розтягування хромосом. Утворення мостів призводить до генотипової різноманітності дочірніх клітин, а також порушує продовження завершальних стадій поділу й затримує цитокінез.

Колхциновий мітоз, або к-мітоз – одна з форм патології мітозу, коли затримка на стадії метафази пов'язана з дезорганізацією різних компонентів мітотичного веретена поділу – центріолей, мікротрубочок, кінетохор.

Відставання хромосом виникає в разі пошкодження хромосом у ділянці кінетохора. Пошкоджені хромосоми пасивно «дрейфують» у цитоплазмі, руйнуються або утворюють окреме мікроядро.

Загальна кількість хромосомних аберацій зростає зі збільшенням концентрації обох гербіцидів і часу експозиції. Максимальні показники спостерігали при 48-годинній експозиції корінців *Allium cepa* у 2 % розчині гербіциду «Ураган» та 1,5 % розчині гербіциду «Оберіг» (рис. 2). Визначено підвищення рівня абераційних клітин із 2,5 % за 24 год до 4,5 % за 48 год.

За окремої дії гербіциду «Ураган» у концентрації 0,1 % визначено підвищення рівня абераційних клітин із 0,44 % за 24 год до 1,63 % за 48 годин; для концентрації 1 % динаміка змін аналогічна: з 0,73 % до 2,10 %. Розчин «Урагану» 2 % мав найбільшу

патогенну дію (1,11 % пошкоджень) за 24 год експозиції, яка за ще одну добу збільшилася в 5 разів і становила 5,57 %.

Динаміка змін за окремої дії гербіциду «Оберіг» загалом аналогічна. Спостерігали збільшення кількості абераційних клітин у 0,1 % розчині від 0,64 % за 24 год експозиції до 0,86 % за 48 годин експозиції. Для максимальної концентрації 1,5 % збільшення становило від 0,62 % до 1,27 %.

Водночас спостерігається видоспецифічна реакція на стресовий чинник. Частота зустрічання патологій мітозу в клітинах *Allium cepa* вища за умови впливу «Урагану», тоді як клітини *Allium porrum* виявили більшу чутливість до «Оберегу» (рис. 3).

Кількість хромосомних аберацій у клітинах кореневої меристеми *Allium porrum* на тлі впливу «Урагану» становила 0,48–1,58 % (за винятком виключно цитотоксичної дії в концентрації 2 % упродовж 24 год – 4,02 % порушень). Гербіцид «Оберіг» мав значно більш виражений ефект – кількість порушень фіксувалася в діапазоні 1,2–3,07 %.

Досліджено розподіл цитогенетичних пошкоджень клітин за типами фізіологічних патологій мітозу та кластогенних аберацій, пов'язаних із розривами хромосом і спричинених гербіцидом «Ураган» (таблиця 1) та «Оберіг» (таблиця 2).

Увесь спектр аномалій (визначено сім типів порушень нормального мітотичного циклу) представлений лише в одному з досліджуваних варіантів – 2 % «Ураган» 48 год. Досить поліморфними стосовно різноманіття прояву патологій виявилися варіанти 0,1 та 1 % «Ураган» 48 год для *Allium*

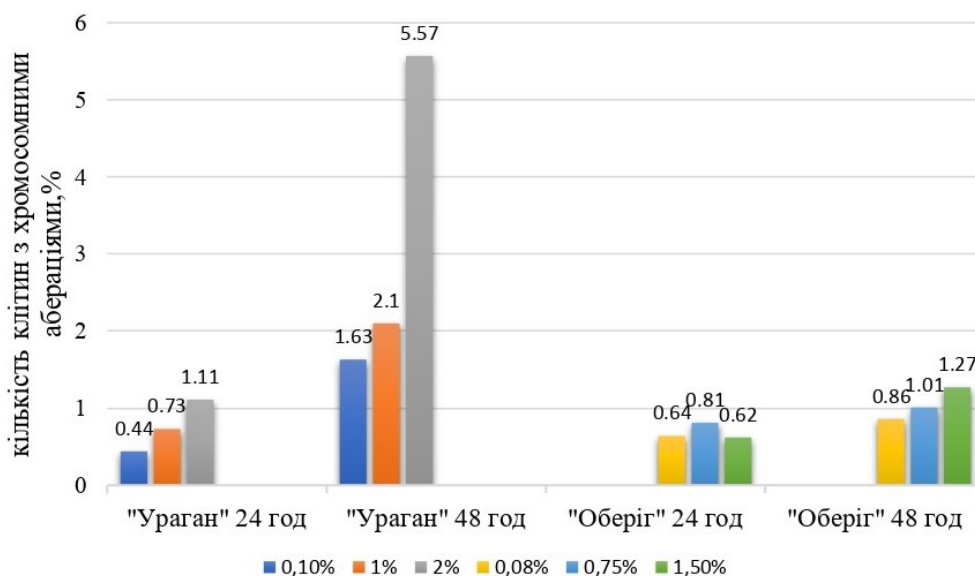


Рис. 2. Загальна кількість хромосомних аберацій у клітинах корінців *Allium cepa* на тлі застосування гербіцидів

Fig. 2. Total number of chromosomal aberrations in *Allium cepa* root cells amidst the herbicide application



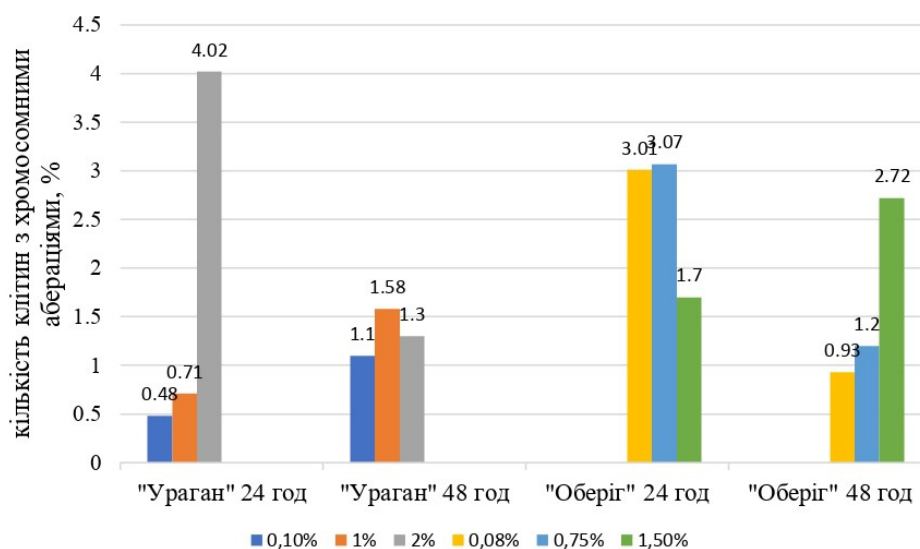


Рис. 3. Загальна кількість хромосомних аберацій у клітинах корінців *Allium porrum* на тлі застосування гербіцидів

Fig. 3. Total number of chromosomal aberrations in *Allium porrum* root cells amidst the herbicide application

сера й 2 % «Ураган» 24 год для *Allium porrum*, серед клітин яких спостерігали по п'ять типів різних порушень. Більшість інших комбінацій доз-час для цього гербіциду фіксувала по чотири типи хромосомних аномалій.

Вплив гербіциду «Оберіг» виявився більш однозначним стосовно спектра хромосомних аберацій, пов'язаних із затримкою мітозу або фрагментацією хромосом. У більшості варіантів спостерігалася

лише поява мікроядер або двоядерність клітин. Лише в окремих варіантах додатково фіксували мости або відставання чи фрагменти хромосом.

Найбільш поширеними аномаліями, що спостерігалися абсолютно в усіх варіантах, були поява мікроядер і двоядерність. Мікроядра фіксували в інтерфазних клітинах, і кількість клітин, що їх містила, варіювала від 2/1000 в найменш агресивних варіантах впливу до 45/1000 (мак-

Таблиця 1. Вплив гербіциду «Ураган» на частоту хромосомних аберацій у клітинах корневих меристем рослин роду *Allium*

Table 1. Effect of herbicide "Hurricane" on the frequency of chromosomal aberrations in root meristem cells of plants of the genus *Allium*

Експозиція, год	Концентрація гербіциду, %	Кількість клітин	Частота зустрічання хромосомних аберацій, клітин						
			мікроядра	двоядерність	мости	фрагменти хромосом	к-мітоз	відставання хромосом	затримка анафази
<i>Allium cepa</i>									
24	0,1	2047	4	1	2	–	2	–	–
	1	2193	12	1	2	–	–	1	–
	2	2243	23	2	–	–	–	–	–
48	0,1	1843	2	18	6	–	3	1	–
	1	3002	51	7	3	1	–	1	–
	2	2569	115	19	2	1	2	2	1
<i>Allium porrum</i>									
24	0,1	1459	3	1	2	1			
	1	1402	3	–	–	–			
	2	1442	32	16	8	–			
48	0,1	1276	7	5	2	–			
	1	1142	12	3	1	–			
	2	1318	11	2	3	–			

Таблиця 2. Вплив гербіциду «Оберіг» на частоту хромосомних аберацій у клітинах кореневих меристем рослин роду *Allium*

Table 2. Effect of herbicide “Oberig” on the frequency of chromosomal aberrations in root meristem cells of plants of the genus *Allium*

Експозиція, год	Концентрація гербіциду, %	Кількість клітин	Частота зустрічання хромосомних аберацій, клітин						
			мікроядра	двоядерність	мости	фрагменти хромосом	к-мітоз	відставання хромосом	затримка анафази
<i>Allium cepa</i>									
24	0,08	1243	2	4	1	1	–	–	–
	0,75	1106	2	3	2	2	–	–	–
	1,5	1132	4	3	–	–	–	–	–
48	0,08	1280	1	3	7	–	–	–	–
	0,75	1189	8	4	–	–	–	–	–
	1,5	1423	12	6	–	–	–	–	–
<i>Allium porrum</i>									
24	0,08	1233	14	23	–	–	–	–	–
	0,75	1595	22	21	–	–	–	6	–
	1,5	1760	24	6	–	–	–	–	–
48	0,08	1182	7	4	–	–	–	–	–
	0,75	1840	12	10	–	–	–	–	–
	1,5	1471	18	15	7	–	–	–	–

симум для *Allium cepa*) і 22/1000 (максимум для *Allium porrum*). Двоядерні клітини виявляли на мікропрепаратах із частотою до 11/1000–18/1000 (максимум для *Allium porrum* на тлі «Урагану» й «Оберегу» відповідно).

Цитотоксичні ефекти використаних у дослідженні гербіцидів, що містять у складі гліфосат і хізалопф-П-етил, узгоджуються з результатами попередніх досліджень на *Allium cepa* (Tkachuk, 2022; Mercado, Caleno, 2020; Mustafa, Suna Arikan, 2008; Sharma, Vig, 2012) та на інших тест-об’єктах (Pavliukova, Bohuslavska, 2015; Verholias, 2019; Kuznetsov, Sichniak, 2024), серед яких Верголяс, Луценко, Гончарук (2013) запропонували застосовувати цибулю-батун *Allium fistulosum*.

Використання в дослідженні корінців *Allium porrum* показало свою інформативність і перспективність як тест-системи для оцінювання цитотоксичного впливу. Виявлена видоспецифічна реакція на хімічний склад гербіциду серед рослин роду *Allium* указує на необхідність урахування генотипово зумовленої чутливості до препарату, що застосовується. Так, мікропрепарати корінців *Allium cepa*, вирощених за умов цитотоксичного впливу гліфосату (гербіцид «Ураган»), демонстрували наявність до 5,6 % клітин із порушеннями мітозу, тоді як за впливу хізалопф-П-етилу (гербіцид «Оберіг») аналогічна кількість становила

лише 0,62–1,27 %. Натомість у клітинах меристем корінців *Allium porrum* більш пошкоджувальним виявився саме «Оберіг» – до 3,07 % аномалій при середніх показниках для «Урагану» 0,7–1,58 %.

Показані залежності доза-ефект і час впливу-ефект корелюють з аналогічними попередніми дослідженнями. Виявлений цитотоксичний ефект 0,08 % хізалопф-П-етилу на обох об’єктах указує на розширення діапазону впливу цієї речовини, установленого Мустафа, Арікан (2008), для 0,75, 1,5 та 3 %.

Діючі речовини використаних гербіцидів насамперед призводили до збільшення кількості клітин із мікроядрами або двоядерних клітин, що разом з іншими патологіями поділу супроводжується загальним пригніченням мітотичної активності. Відомо, що з найменшої використаної концентрації гербіцидів насамперед порушується веретено поділу й функціонування хромосомних білків, опосередковане дією активних форм кисню, що, у свою чергу, викликає затримки в проходженні фаз мітозу та фрагментацію хромосом (Mercado, Caleno (2020), Das, Ray (2024), Pavliukova, Bohuslavska (2015)). Для *Allium cepa* частка клітин із мікроядрами під впливом «Урагану» становила від 44 % до 81 % від загальної кількості клітин з абераціями, під впливом «Оберегу» – від 25 % до 67 %. Для *Allium porrum* аналогічні показники були від 30–67 % і 33–80 %. Кількість двоядерних

клітин у середньому була у 2–3 рази меншою для *Allium cepa* (окрім варіанта 0,1 % «Ураган» при 24-годинній експозиції, де цей тип порушень був основним) та *Allium porrum* у разі використання «Урагану». Спровокована «Оберегом» частота появи двоядерних клітин у корінцях цього виду зіставна з частотою клітин із мікроядрами, а у варіанті 0,08 % 24 год навіть перевищувала її. Отже, загалом простежується залежність типу порушень від хімічної природи шкодочинного фактора. Цікавим є визначене Верголяс, Луценко, Гочарук (2013) переважання частоти двоядерних клітин над клітинами з мікроядрами за гострої токсичної дії пентахлорфенолу та трихлорфенолу.

Спектр інших спостережених хромосомних аберацій у разі застосування «Урагану» становив від 2 до 5 типів. Найчастіше це були мости й відставання хромосом, в окремих випадках фіксували фрагменти хромосом, к-мітозу і затримку анафази. Найбільш нетиповий спектр порушень зафіксували у варіанті 1 % 24 год для *Allium porrum*, де фізіологічне порушення відставання хромосом зустрічалось вдвічі частіше за появу мікроядер.

Хізалофоп-П-етил, діюча речовина гербіциду «Оберіг», виявила значно більш однозначний

цитотоксичний ефект на клітини корінців обох досліджуваних видів цибулі. Лише в окремих варіантах дослідів спостерігали відмінні від двох основних типів патології мітозу, зокрема велику кількість мостів у варіанті *Allium cepa* на найменшій концентрації за умов 48-годинної експозиції та відставання хромосом на 24 год в *Allium porrum*.

## Висновки

Цитогенетичний аналіз виявив фітотоксичний вплив монокомпонентних гербіцидів «Ураган» та «Оберіг» на клітини корінців *Allium cepa* й *Allium porrum* у всіх досліджених концентраціях. Мітозмодифікувальна активність спричиняла виражене підвищення кількості хромосомних аберацій і фізіологічних порушень із прямою залежністю доза – ефект і час впливу – ефект. Спостерігали великий спектр морфологічних аномалій із суттєвим переважанням утворення мікроядер і двоядерних клітин. Отримані дані вказують на видоспецифічні особливості кількості і типів патологічних змін для використаних тест-об'єктів і свідчать про потребу подальших досліджень із залученням зручних для застосування та генетично поліморфних видів роду *Allium*.

- DAS, R., RAY, S. (2024) *Allium cepa* tests: Exploring bleomycin induced cyto-genotoxicity and altered cell cycle kinetics in root tips meristematic cells. *Mutation Research – Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 828, January-June, 111851. DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2024.111851
- DE SOUZA, C. P., GUEDES, T. D. A., FONTANETTI, C. S. (2016) Evaluation of herbicides action on plant bioindicators by genetic biomarkers: a review. *Environmental monitoring and assessment*, 188, 1–12. DOI: 10.1007/s10661-016-5702-8
- DEVECI, A., AKSOY, O. (2017) Investigation of the effects of quizalofop-P-ethyl on pollen germination of *Hyacinthus orientalis* L. *Caryologia*, 70(1), 77–81. DOI: 10.1080/00087114.2016.1275931 9
- FISKESJO, G. (1985) The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102, 92–112.
- HAZRA, D. K., MONDAL, P., PURKAIT, A. (2023) Determination of quizalofop-P-ethyl in onion: residual dissipation pattern, weed control efficiency, and food safety assessment under field conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 1067. DOI: 10.1007/s10661-023-11691-y
- KUZNETSOV, M. K., SICHNIAK, O. L. (2024) Doslidzhennia henotoksychnoho vplyvu herbisydu “Federal” na modelnomu obiekty Danio rerio, Hamilton, 1822. Povidomlennia 1. Vplyv vysokykh kontsentratsii. *Visnyk ONU. Biologiya*, 29, 1(54), 7–18 (in Ukrainian). DOI: 10.18524/2077–1746.2024.1(54).30903515
- MERCADO, S.A.S, CALENO, J.D.C. (2020) Cytotoxic evaluation of glyphosate, using *Allium cepa* L. as bioindicator. *Science of The Total Environment*, 700, 134452. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134452
- MUSTAFA, Y., SUNA ARIKAN, E. (2008) Genotoxicity testing of quizalofop-P-ethyl herbicide using the *Allium cepa* anaphase-telophase chromosome aberration assay. *Caryologia*, 61(1), 45–52. DOI: 10.1080/00087114.2008.10589608
- PAVLIUKOVA, N., BOHUSLAVSKA, L. (2015) Proliferatyvna aktyvnist tvirnykh tkanyn koreniv kukurudzzy za dii herbisydu ta hipertermii. *Visnyk Lvivskoho universytetu*, 70, 266–270 (in Ukrainian).
- SHARMA, S., VIG, A. P. (2012) Genotoxicity of atrazine, avenoxan, diuron and quizalofop-P-ethyl herbicides using the *Allium cepa* root chromosomal aberration assay. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 6(2), 90–95.
- TKACHUK, N., ZELENA, L. (2022) An onion (*Allium cepa* L.) as a test plant. *Biota. Human. Technology*, 3, 50–59. DOI: 10.58407/bht.3.22.5
- VERHOLIAS M. R. (2019) Vyznachennia toksychnoho vplyvu herbisydiv na test-orhanizmy u vodi. *Ekolohichni nauky*, 3 (26), 84–87 (in Ukrainian). DOI: 10.32846/2306-9716-2019-3-26-16
- VERHOLIAS, M. R., LUTSENKO, T. V., HONCHARUK, V. V. (2013) Tsytotoksychnyi vplyv khlorfenoliv na klityny korenevoi merystemy nasinnia tsybuli batuna (*Allium fistulosum* L.). *Tsytolohiia i henetyka*, 1, 44–49 (in Ukrainian).

## ПОРІВНЯННЯ АДГЕЗИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШТАМІВ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ТА *ESCHERICHIA COLI*, ВИДІЛЕНИХ ІЗ ПІХВИ МИШЕЙ У НОРМІ Й У РАЗІ ДИСБІОЗУ

Слизоваєта ВОРОБЕЙ<sup>1</sup>, Ольга ВОРОНКОВА<sup>2</sup>, Альберт ВІННІКОВ<sup>2</sup>

У роботі досліджено 34 штами *Staphylococcus aureus* і 24 штами *Escherichia coli*, виділені з репродуктивного тракту здорових мишей і мишей з дисбіозом піхви. Від тварин без ознак патології виділено 9 штамів *S. aureus* та 1 штама, ідентифікований як *E. coli*. Від тварин із дисбіозом піхви, індукованим інтравагінальним уведенням плівкоутворювального штаму *S. aureus*, – 14 штамів *S. aureus* і 12 штамів *E. coli*. Від тварин із дисбіозом піхви, індукованим інтравагінальним уведенням неплівкоутворювального штаму *S. aureus*, – 11 штамів *S. aureus* та 11 штамів *E. coli*, що свідчить про більшу видову різноманітність умовно-патогенних мікроорганізмів за умов дисбіозу. Збільшення кількості представників 1 штаму *S. aureus* у результаті індукції дисбіозу зумовлювало полегшення колонізації біотопу іншими штамми цього виду й навіть іншими видами бактерій, зокрема *E. coli*.

Визначено, що більш виражені адгезивні властивості мали штами, виділені при дисбіозі, викликаному інтравагінальним уведенням плівкоутворювального штаму *S. aureus*. Так, серед стафілококів переважали штами із середніми показниками адгезивності (50,0 %), 35,7 % штамів були високоадгезивними, 14,3 % – низькоадгезивними. Середній показник адгезії (СПА) коливався в межах від  $1,36 \pm 0,48$  до  $4,00 \pm 0,78$ . Коефіцієнт участі еритроцитів (КУЕ) становив  $79,64 \pm 2,65$  %, а індекс адгезивності мікроорганізмів (ІАМ) варіював від 1,81 до 5,19. Серед штамів кишкової палички високоадгезивними були 75,0 %, середньоадгезивними – 25,5 %. СПА коливався від  $3,02 \pm 0,74$  до  $4,96 \pm 0,78$ . КУЕ становив  $84,00 \pm 2,95$  %, а ІАМ коливався у межах від 3,55 до 6,12. Це свідчить про їх вищий потенціал патогенності за рахунок збільшення колонізаційної здатності поверхонь слизових оболонок піхви.

**Ключові слова:** стафілококи, кишкова паличка, адгезія, плівкоутворення, мікробні біоплівки.

<sup>1</sup> Кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49050, Україна; e-mail: [elizaveta.vorobey89@gmail.com](mailto:elizaveta.vorobey89@gmail.com)

<sup>2</sup> Кафедра загальної медицини з курсом фізичної терапії, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49050, Україна

### **Comparison of adhesive properties of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* strains isolated from the vaginas of mice in normal and with dysbiosis**

**Vorobiei Y.<sup>1</sup>, Voronkova O.<sup>2</sup>, Vinnikov A.<sup>2</sup>**

The work investigated 34 strains of *Staphylococcus aureus* and 24 strains of *Escherichia coli* isolated from the reproductive tract of healthy mice and mice with vaginal dysbiosis. From animals without signs of pathology, 9 strains of *S. aureus* and 1 strain identified as *E. coli* were isolated. From animals with vaginal dysbiosis induced by intravaginal administration of a film-forming strain of *S. aureus*, 14 strains of *S. aureus* and 12 strains of *E. coli* were isolated. From animals with vaginal dysbiosis induced by intravaginal administration of a non-film-forming strain of *S. aureus*, 11 strains of *S. aureus* and 11 strains of *E. coli* were isolated. This indicates a greater species diversity of opportunistic microorganisms under conditions of dysbiosis. The increase in the number of representatives of 1 strain of *S. aureus* as a result of the induction of dysbiosis led to the facilitation of colonization of the biotope by other strains of this species and even other types of bacteria, in particular *E. coli*.

It was determined that more pronounced adhesive properties were possessed by strains isolated in dysbiosis caused by intravaginal administration of a film-forming strain of *S. aureus*. Thus, among staphylococci, strains with average adhesiveness indices (50.0 %) prevailed, 35.7 % of strains were highly adhesive, 14.3 % were low-adhesive. The average adhesion index ranged from  $1.36 \pm 0.48$  to  $4.00 \pm 0.78$ . The erythrocyte participation factor was  $79.64 \pm 2.65$  %, and the adhesion index of microorganisms varied from 1.81 to 5.19. Among *Escherichia coli* strains, 75.0 % were highly adhesive, and 25.5 % were medium-adhesive. Average adhesion index ranged from  $3.02 \pm 0.74$  to  $4.96 \pm 0.78$ . Erythrocyte participation factor was  $84.00 \pm 2.95$  %, and adhesion index of microorganisms ranged from 3.55 to 6.12. This indicates their higher pathogenicity potential due to increased colonization ability of vaginal mucosal surfaces.

**Key words:** staphylococci, *Escherichia coli*, adhesion, film formation, microbial biofilms.



<sup>1</sup> Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Gagarin Ave., Dnipro, 49050, Ukraine; e-mail: elizaveta.vorobey89@gmail.com

<sup>2</sup> Department of General Medicine with Physical Therapy Course, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Gagarin Ave., Dnipro, 49050, Ukraine

## Вступ

Першим і найбільш важливим етапом у формуванні біоплівки вважають адгезію мікроорганізмів на поверхню. Прикріплення з наступним розмноженням і формуванням біоплівки забезпечує більш вигідні умови для існування, пов'язані насамперед із протидією механічному видаленню та підвищенням стійкості до дії антибактеріальних засобів (Sharma et al. 2023).

Адгезивні властивості бактерій залежать від багатьох факторів як від самих бактерій, так і від макроорганізму. Різна здатність клінічних штамів до формування біоплівки може свідчити про відмінності в їх вірулентних властивостях (Yu et al., 2024). Саме встановлення взаємодії між бактерією та клітиною-мішенню в результаті адгезії є визначальною ланкою в ході інфекційного процесу. Тобто бактеріальна адгезія виходить за рамки суто фізичного феномена, будучи одним із факторів, що визначають патогенність (Alabbosh et al., 2023; Nappi Nappi, Avtaar Singh, 2023). Саме тому більшість авторів вважає, що збудниками інфекцій є мікроорганізми, які володіють високою адгезивністю (Jiang et al., 2021; Zhao et al., 2023).

Мета дослідження – провести порівняльний аналіз адгезивних властивостей штамів золотистого стафілокока й кишкової палички, виділених із піхви мишей у нормі та при дисбіозах, викликаних плівкоутворювальним і неплівкоутворювальним штамом *S. aureus*.

## Матеріал та методи

Дослідження проводили на білих лабораторних мишах із віварію Дніпропетровського національного університету ім. Олесея Гончара. Тварини були поділені на 3 групи по 10 тварин у кожній: до першої групи входили здорові самиці, до другої – самиці з дисбіозом піхви, викликаним інтравагінальним уведенням плівкоутворювального штаму *S. aureus*, до третьої – самиці з дисбіозом піхви, викликаним уведенням неплівкоутворювального штаму *S. aureus*.

Для визначення складу мікрофлори репродуктивного тракту мишей біологічний матеріал відбирали з піхви стерильними ватними тампонами. З тампонів проводили змив в 1 мл стерильного 0,5 % розчину натрію хлориду й висівали отриману суспензію по 50 мкл на чашки Петрі з м'ясо-пептонним агаром і середовищем Ендо. Бактерій ідентифікували згідно з ознаками, наве-

деними у Визначнику бактерій Берджі (Bergey's Manual, 2015) з використанням стандартних методик (Mahon et al., 2023) і за допомогою тест-системи ApiStaph (BioMérieux, Франція).

Дисбіоз створювали шляхом інтравагінального введення суспензії клітин плівкоутворювального й неплівкоутворювального штамів *S. aureus* (50 мкл,  $2,3 \cdot 10^9$  КУО/мл). Висіви проводили через 1 добу й 10 діб.

Адгезивну активність виділених штамів визначали за їх здатністю адсорбуватися на поверхні еритроцитів людини O (I) групи, Rh (+). Адгезію оцінювали за індексом адгезивності мікроорганізмів (ІАМ) методом В. І. Бриліса та співавторів (Brylly et al., 1986).

Статистичну обробку результатів проводили для рівня значущості 0,05 за допомогою програм Origin Lab Pro 7.0.

## Результати та обговорення

У результаті вивчення особливостей мікрофлори піхви мишей у нормі й при дисбіозі визначено низку відмінностей кількісного складу представників умовно-патогенної флори, зокрема стафілококів і кишкової палички.

Так, від тварин першої групи, що складалася з 10 особин без ознак патології, виділено 16 штамів, ідентифікованих як належні до роду *Staphylococcus*, та 1 штам, ідентифікований як *Escherichia coli*. Визначено, що серед стафілококів 9 штамів (56,25 %) належали до виду *S. aureus*, 3 (18,75 %) – до *S. lentus*, 2 (12,50 %) – до *S. saprophyticus*, 1 (6,25 %) – до *S. epidermidis* та 1 (6,25 %) – до *S. carnosus*.

Від другої групи тварин, до складу якої входило 10 особин із дисбіозом піхви, індукованим інтравагінальним уведенням плівкоутворювального штаму *S. aureus*, виділено 21 штам бактерій, ідентифікованих як належні до роду *Staphylococcus*, і 12 штамів, ідентифікованих як *E. coli*. Серед стафілококів 14 штамів (66,67 %) належали до виду *S. aureus*, 3 (14,29 %) – до *S. lentus*, 2 (9,52 %) – до *S. saprophyticus*, 1 (4,76 %) – до *S. epidermidis* та 1 (4,76 %) – до *S. carnosus*.

Від третьої групи, що складалася з 10 особин із дисбіозом піхви, індукованим інтравагінальним уведенням неплівкоутворювальним штамом *S. aureus*, виділено 19 штамів бактерій, які ідентифіковані як належні до роду *Staphylococcus*, та

11 штамів, ідентифікованих як *E. coli*. Серед стафілококів 11 штамів (57,89 %) належали до виду *S. aureus*, 3 (15,79 %) – до *S. lentus*, 2 (10,53 %) – до *S. saprophyticus*, 2 (10,53 %) – до *S. epidermidis* та 1 (5,26 %) – до *S. carnosus*.

Отримані дані свідчать про більше видове різноманіття умовно-патогенних мікроорганізмів за умов дисбіозу. Збільшення кількості представників 1 штаму *S. aureus* у результаті індукції дисбіозу зумовлював полегшення колонізації біотопу іншими штамми цього виду й навіть іншими видами бактерій, зокрема *E. coli*.

Хоча існують відомості, що миші не є природними носіями золотистого стафілокока (Battaglia et al., 2023; da Silva et al., 2024), у досліджених тварин *S. aureus* виділявся найчастіше порівняно з іншими видами цього роду, особливо при дисбіозі піхви, індукованому введенням плівкоутворювального штаму золотистого стафілококу.

Для виділених штамів золотистого стафілококу й кишкової палички визначали адгезивні властивості, оскільки вони є фактором, що визначає колонізацію слизових оболонок, зокрема піхви.

Так, серед стафілококів, виділених від здорових мишей, переважали штамми із середньою адгезивною здатністю (66,7 %). Ще по 11,1 % штамів були високоадгезивними, низькоадгезивними й не мали здатності до адгезії (рис. 1). Середній показник адгезії (СПА) при цьому коливався від  $1,44 \pm 0,50$  до  $3,34 \pm 0,92$ , а коефіцієнт участі еритроцитів (КУЕ) сягав  $80,89 \pm 3,10$  %, відповідно, ІАМ штамів *S. aureus* варіював від 1,71 до 4,13.

Серед стафілококів, виділених від мишей із дисбіозом піхви, викликаним інтравагінальним введенням плівкоутворювального штаму *S. aureus*, також переважали штамми із середніми показниками адгезивності (50,0 %). Але варто зазначити, що зросла частота виявлення високоадгезивних штамів – до 35,7 %. Кількість низькоадгезивних штамів була найменшою і становила 14,3 %, неадгезивних штамів не виявлено. СПА коливався в межах від  $1,36 \pm 0,48$  до  $4,00 \pm 0,78$ . КУЕ становив  $79,64 \pm 2,65$  %, а ІАМ варіював від 1,81 до 5,19.

Серед ізолятів золотистого стафілококу, що виділені від мишей із дисбіозом піхви, викликаним введенням неплівкоутворювального штаму *S. aureus*, високоадгезивними були 27,3 %, середньоадгезивними – 45,4 %, низькоадгезивними – 18,2 % і неадгезивними – 9,1 %. Для них характерним було коливання СПА від  $1,12 \pm 0,33$  до  $4,04 \pm 0,78$ . КУЕ становив  $82,18 \pm 3,25$  %, а ІАМ коливався в межах від 1,47 до 5,05 (таблиця 1).

Виділений від здорової миші штам *E. coli* виявився високоадгезивним. СПА становив  $4,12 \pm 0,90$ , КУЕ – 86 %, а ІАМ – 4,79.

Штамми кишкової палички, виділені від тварин із дисбіозом, викликаним плівкоутворювальним штамом *S. aureus*, також мали високі показники адгезивності: 75,0 % були високоадгезивними, а 25,0 % – середньоадгезивними. Штамів із низькими адгезивними властивостями й неадгезивних штамів не виявлено. Для виділених штамів характерним було коливання СПА від  $3,02 \pm 0,74$  до  $4,96 \pm 0,78$ , КУЕ становив

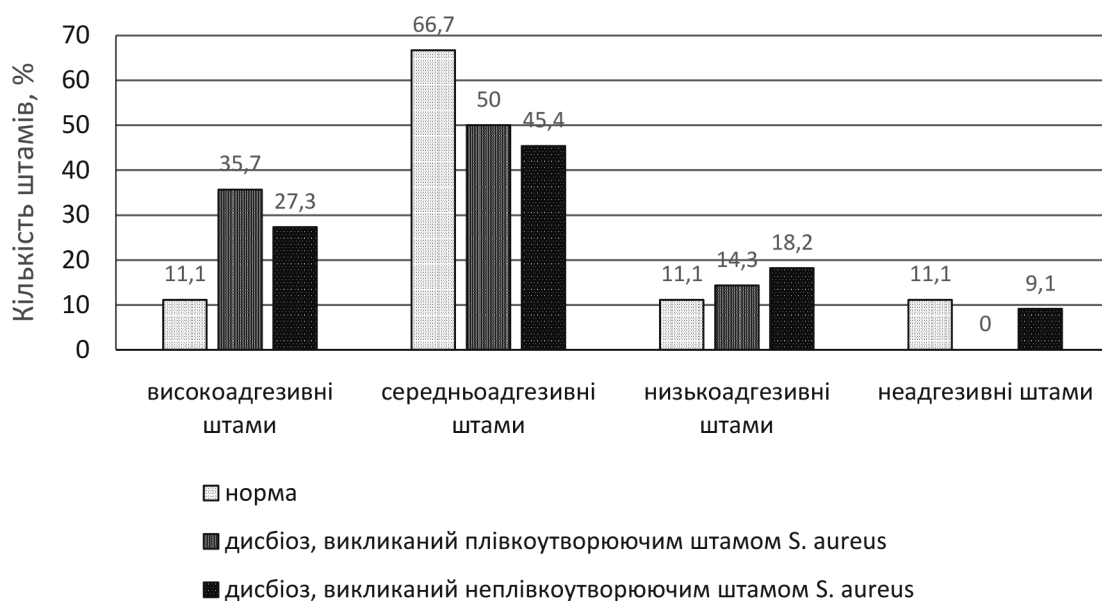


Рис. 1. Розподіл штамів *S. aureus* за адгезивними властивостями

Fig. 1. Distribution of *S. aureus* strains by adhesive properties

Таблиця 1. Показники адгезивності *S. aureus* у нормі й при дисбіозіTable 1. Adhesion indices of *S. aureus* strains in normal and dysbiosis

Досліджувані показники	Група 1, n = 9			Група 2, n = 14			Група 3, n = 11		
	Високо-адгезивні	Середньо-адгезивні	Низько-адгезивні	Високо-адгезивні	Середньо-адгезивні	Низько-адгезивні	Високо-адгезивні	Середньо-адгезивні	Низько-адгезивні
СПА	3,30 ± 0,93	2,84 ± 0,37	1,58 ± 0,50	3,74 ± 0,30	2,73 ± 0,39	1,46 ± 0,14	3,76 ± 0,42	2,72 ± 0,37	1,81 ± 0,30
КУЕ	80,00*	81,50 ± 2,43	75,00*	79,60 ± 1,95	80,86 ± 2,27	75,50 ± 0,71	80,67 ± 0,58	83,40 ± 3,05	84,50 ± 2,12
IAM	4,13*	3,48 ± 0,38	2,11*	4,71 ± 0,41	3,37 ± 0,47	1,93 ± 0,17	4,66 ± 0,54	3,27 ± 0,48	2,15 ± 0,40

Примітка: «\*» – визначено для 1 штаму.

Таблиця 2. Показники адгезивності штамів *E. coli* у нормі й при дисбіозіTable 2. Adhesion indices of *E. coli* strains in normal and dysbiosis

Досліджувані показники	Штами, виділені від тварин 1 групи, n = 1	Штами, виділені від тварин 2 групи, n = 12		Штами, виділені від тварин 3 групи, n = 11	
	Високо-адгезивні	Високо-адгезивні	Середньо-адгезивні	Високо-адгезивні	Середньо-адгезивні
СПА	4,12 ± 0,90	4,32 ± 0,40	3,09 ± 0,12	4,15 ± 0,30	2,98 ± 0,22
КУЕ	86,00	84,00 ± 3,43	84,00 ± 1,00	84,71 ± 2,81	82,50 ± 2,38
IAM	4,79	5,15 ± 0,52	3,68 ± 0,18	4,91 ± 0,46	3,61 ± 0,20

84,00 ± 2,95 %, а IAM коливався в межах від 3,55 до 6,12 (таблиця 2).

Виділені від мишей із дисбіозом, викликаним неплівкоутворювальним штамом *S. aureus*, штами кишкової палички мали дещо нижчі показники адгезивності. Так, високоадгезивними були 63,6 % із них, інші 36,4 % – середньоадгезивними. СПА також був нижче й варіював у межах від 2,74 ± 0,69 до 4,62 ± 0,78. При цьому КУЕ становив 83,91 ± 2,77 %, а IAM коливався від 3,47 до 5,70.

Відомо, що видова належність значною мірою характеризує адгезивні властивості бактерій (Ning et al. 2021). Проаналізувавши результати наших досліджень і порівнявши їх із відомими даними (Alabbosh et al., 2023; Mozhaiev et al., 2023, Myronchuk et al., 2024), можемо зазначити, що серед досліджених штамів *S. aureus* дость високий відсоток ізолятів із високоадгезивними властивостями, які залежать від ізоляту (Song et al., 2025). Крім того, плівкоутворювальні штами *S. aureus* мають більш високий адгезивний потенціал, що корелюється з даними, отриманими в дослідженні М. О. Фаустової (Faustova 2021). Що стосується кишкової палички, то за середньою кількістю мікроорганізмів, що брали участь в адгезив-

ному процесі, *E. coli* зарахована до категорії «середньоадгезивні».

## Висновки

Отже, можна зазначити, що умовно-патогенні бактерії в складі мікрофлори піхви при дисбіотичних порушеннях набувають більш високих показників адгезивності. Адгезивна здатність досліджуваних штамів *E. coli* була вищою, ніж штамів *S. aureus*. Це явище забезпечується поверхневими адгезинами кишкової палички – специфічними фімбріями, що взаємодіють із рецепторами епітеліальних клітин. Фімбрії ділять на декілька типів, які значно відрізняються за складом у патогенних і непатогенних ешерихіях. Це дає змогу кишковій паличці проявляти високу адгезивну активність.

Отже, дослідження показали, що серед вивчених штамів переважають ізоляти із середньою адгезивністю. Також виявлено досить високий відсоток ізолятів із високоадгезивними властивостями. Саме високоадгезивні штами й беруть участь у запуску інфекційних ускладнень. Крім того, є дані, що штами з високим адгезивним потенціалом мають більш виражену здатність до формування біоплівки.

- ALABBOSH, K. F., TAREK ZMANTAR, T., BAZAID, A. S., SNOUSSI, M., NOUMI, E. (2023) Antibiotics Resistance and Adhesive Properties of Clinical *Staphylococcus aureus* Isolated from Wound Infections. *Microorganisms*, 11(5), 1–10. DOI: 10.3390/microorganisms11051353.
- BATTAGLIA, M., GARRETT-SINHA, L. A. (2023) *Staphylococcus xylosus* and *Staphylococcus aureus* as commensals and pathogens on murine skin. *Laboratory Animal Research*, 18, 1–13. DOI: 10.1186/s42826-023-00169-0.
- Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria (BMSAB)(2015)(Ed. Whitman, W.B.). Wiley, Hoboken, New Jersey, eBook. DOI: 10.1002/9781118960608.
- BRYLYS, V. Y., BRYLENE, T. A., LENTSNER, K. P., LENTSNER, A. A. (1986) Metodika izucheniia adhezyvnoho protsesa mikroorhanizmov [Methodology for studying the adhesive process of microorganisms]. *Laboratory work*, 4, 210–212 (in Russian).
- DA SILVA, J.C., BOECHAT, J.P.C., SILVA, B.D.J., RODRIGO MULLER, R., SENNA, J.P.M. (2024) Monitoring *Staphylococcus aureus* nasal colonization murine model using a bioluminescent methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA). *Laboratory Animals*, 58(3), 231–239. DOI: 10.1177/00236772231209790
- FAUSTOVA, M.O. (2021) Vzaiemozviazok adhezyvnykh ta plivkoutvoruiuchykh vlastyvostei *STAPHYLOCOCCUS SPP.* – zbudnykiv infektsiino-zapalnykh zakhvoriuvan miakykh tkanyn shchelepno-lytsevoi dilianky [Relationship between adhesive and film-forming properties of *STAPHYLOCOCCUS SPP.* – pathogens of infectious inflammatory diseases of soft tissues of jaw and facial area]. *Bulletin of the Ukrainian Medical Stomatological Academy*, 21(2), 165–168. DOI: 10.31718/2077-1096.21.2.165 (in Ukrainian).
- JIANG, Z., NERO, T., MUKHERJEE, S., OLSON, R., YAN, J. (2021) Searching for the Secret of Stickiness: How Biofilms Adhere to Surfaces. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1–19. DOI: 10.3389/fmicb.2021.686793
- MAHON, C. R., LEHMAN, D. C. (2023) *Textbook of diagnostic microbiology*. Elsevier.
- MOZHAIEV, I.V., YEVSUKOVA, V.IU., TORIANYK, I.I., MINUKHIN, V.V., POLISHCHUK, N.M., KYRYK, D.L. (2023) Vplyv ekstraktu horikha voloskoho vuhlekyslotnoho na adhezyvnu aktyvnist zbudnykiv ranovoi infektsii [Effect of walnut extract supplemented with carbon dioxide on adhesive activity of agents causing wound infection]. *Zaporozhye medical journal*, 25(2), 158–163. doi: 10.14739/2310-1210.2023.2.263966 (in Ukrainian).
- MYRONCHUK, V. O., PELENO, R. A. (2024) Analiz adhezyvnykh ta bioplivkoutvoruiuchykh vlastyvostei polovykh izoliativ mikroorhanizmiv prymishchen dlia utrymanna svynei za dii dezzasobiv “Sviteco PIP Multi” i “Vulkan Maks” [Analysis of adhesive and biofilm-forming properties of field isolates of microorganisms for pig houses under the action of disinfectants “Sviteco PIP Multi” and “Vulkan Max”]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26(116), 212–219. DOI: 10.32718/nvlvet11631 (in Ukrainian).
- NAPPI, F., AVTAAR SINGH, S. S. (2023) Host-Bacterium Interaction Mechanisms in *Staphylococcus aureus* Endocarditis: A Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 1–34. DOI: 10.3390/ijms241311068
- NING, Z., XUE, B., WANG, H. (2021) Evaluation of the Adhesive Potential of Bacteria Isolated from Meat-Related Sources. *Applied Sciences*, 11(22), 1–9. DOI: 10.3390/app112210652
- SHARMA, S., MOHLER, J., MAHAJAN, S.D., SCHWARTZ, S.A., BRUGGEMANN, L., AALINKEEL, R. (2023) Microbial Biofilm: A Review on Formation, Infection, Antibiotic Resistance, Control Measures, and Innovative Treatment. *Microorganisms*, 11(6), 1–32. DOI: 10.3390/microorganisms11061614
- SONG, L., SCHWINN, L.-S., JULIANE BARTHEL, J., KETTER, V., LECHLER, P., LINNE, U., RASTAN, A. J., VOGT, S., RUCHHOLTZ, S., PALETTA, J.R.J., GÜNTHER, M. (2025) Implant-Derived *S. aureus* Isolates Drive Strain-Specific Invasion Dynamics and Bioenergetic Alterations in Osteoblasts. *Antibiotics*, 14(2), 119, 1–25. DOI: 10.3390/antibiotics14020119
- YU, J., HAN, W., XU, Y., SHEN, L., ZHAO, H., ZHANG, J., XIAO, Y., GUO, Y., YU, F. (2024) Biofilm-producing ability of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* clinically isolated in China. *BMC Microbiology*, 24, 1–9. DOI: 10.1186/s12866-024-03380-8
- ZHAO, A., SUN, J., LIU, Y. (2023) Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13, 1–23. DOI: 10.3389/fcimb.2023.1137947



## АНАЕРОБНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОРГАНІЗМУ ЮНАКІВ РІЗНИХ СОМАТОТИПІВ ГІРСЬКИХ РАЙОНІВ ЗАКАРПАТТЯ

Олена ДУЛО<sup>1</sup>, Наталія ГЕМА-БАГІНА<sup>1</sup>, Марина КАЛИНЯК<sup>2</sup>

*Робота присвячена дослідженню особливостей розвитку анаеробної лактатної й анаеробної алактатної систем енергозабезпечення м'язової діяльності в юнаків-горців 17–21 року різних соматотипів, які мешкають у Закарпатській області. Усі досліджувані в минулому не мали досвіду занять спортом. Показники анаеробної продуктивності визначали за допомогою велоергометричних тестів. Застосовували 10-секундний і 30-секундний Вінгейтські анаеробні тести, а також 60-секундний анаеробний тест Shogy, Cherebetiu. Визначали як абсолютні, так і відносні величини. Соматотип визначали за методом Хім-Картер. Для цього вимірювали зріст, масу тіла, товщину шкірно-жирових складок, поперечні діаметри й обхватні розміри визначених частин тіла. Установлено, що серед юнаків гірських районів Закарпаття найбільш поширені такі соматотипи: мезоморфний, ендомезоморфний, мезоекторморфний, екторморфний і збалансований. Представники різних соматотипів мають істотні відмінності за показниками потужності та ємності анаеробних лактатних і потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення м'язової діяльності. Представники соматотипів, у яких домінує мезоморфія, переважають за показниками потужності анаеробної алактатної й лактатної продуктивності організму, а найнижчі значення мають представники, у яких домінує екторморфія. За показниками ємності анаеробної лактатної продуктивності організму домінують представники соматотипів із перевагою екторморфії, а найнижчі значення характерні для представників ендомезоморфного соматотипу, у яких переважає ендоморфія. Потужність анаеробної алактатної й лактатної систем енергозабезпечення за абсолютними та відносними показниками в юнаків різних соматотипів проявляється перевагою представників мезоморфного соматотипу, тоді як за абсолютним показником ємності анаеробної лактатної продуктивності домінують представники мезоекторморфного соматотипу, а за відносним показником – представники екторморфного соматотипу.*

**Ключові слова:** анаеробне енергозабезпечення, морфологічні типи, чоловіча стать.

<sup>1</sup> Кафедра хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 16, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: [olena.dulo@uzhnu.edu.ua](mailto:olena.dulo@uzhnu.edu.ua); [natalia.hema-bahyna@uzhnu.edu.ua](mailto:natalia.hema-bahyna@uzhnu.edu.ua)

<sup>2</sup> Кафедра клініко-лабораторної та морфофункціональної діагностики, Ужгородський національний університет, вул. Станційна, 60<sup>а</sup>, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: [kalyniak.maryna@uzhnu.edu.ua](mailto:kalyniak.maryna@uzhnu.edu.ua)

### **Anaerobic Energy Production in Highland Young Males from Zakarpattia of Different Somatotypes Dulo O.<sup>1</sup>, Hema-Bahyna N.<sup>1</sup>, Kalyniak M.<sup>2</sup>**

*The study is dedicated to investigating the characteristics of the development of anaerobic lactate and anaerobic alactate energy supply systems for muscular activity in 17- to 21-year-old highland young males of different somatotypes residing in the mountainous regions of Zakarpattia. All participants had no prior experience in sports. Anaerobic productivity indicators were assessed using cycle ergometer tests. The study employed the 10-second and 30-second Wingate anaerobic tests and the 60-second anaerobic test by Shogy and Cherebetiu. Both absolute and relative values were determined. Somatotype classification was conducted using the Heath-Carter method. For this purpose, height, body mass, skinfold thickness, transverse diameters, and circumferential measurements of specific body parts were recorded. The study established that the most common somatotypes among highland young males in Zakarpattia are mesomorphic, endomesomorphic, mesoectomorphic, ectomorphic, and balanced. Representatives of different somatotypes exhibited significant differences in the power of anaerobic lactate and alactate energy supply processes and in the capacity of anaerobic lactate energy supply processes for muscular activity. Individuals with predominant mesomorphy demonstrated the highest power indicators for anaerobic alactate and lactate productivity, while those with predominant ectomorphy had the lowest values. In terms of anaerobic lactate productivity capacity, individuals with a dominant ectomorphic component showed the highest values, whereas the lowest values were characteristic of individuals with an endomesomorphic somatotype, where endomorphy prevailed. The power of the anaerobic alactate and lactate energy supply systems, in both absolute and relative terms, was highest in representatives of the mesomorphic somatotype.*

Meanwhile, the absolute capacity of anaerobic lactate productivity was highest in individuals with a mesoectomorphic somatotype, while the relative capacity was highest in representatives of the ectomorphic somatotype.

**Key words:** anaerobic energy supply, morphological types, male sex.

<sup>1</sup> Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University, 16, University Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua; nataliia.hema-bahyna@uzhnu.edu.ua

<sup>2</sup> Department of Clinical Laboratory and Morphofunctional Diagnostics, Uzhhorod National University, 60<sup>a</sup>, Stantsiyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: kalyniak.maryna@uzhnu.edu.ua

## Вступ

Фізичне здоров'я людини прийнято розглядати не лише як відсутність хвороб, а і як потенційні можливості організму, які зумовлені ступенем розвитку аеробної та анаеробної систем енергозабезпечення м'язової діяльності (Kvashnina 2000; Aranasenko 2013). Аеробний компонент займає більшу частину цього потенціалу (Hargreaves, Spriet 2020). Разом із тим без анаеробного компонента інформація про фізичне здоров'я буде неповною (Furman et al. 2013; Hargreaves, Spriet 2020; Kenney et al. 2019).

Під час виконання фізичних навантажень задіяні різні системи енергозабезпечення. Навантаження максимальної інтенсивності (потужності) виконуються за рахунок анаеробної алактатної системи енергозабезпечення. Головними лімітувальними факторами цієї системи є такі: можливість ЦНС пропускати до м'язів, які працюють із максимальною інтенсивністю, велику кількість нервових імпульсів; наявність енергоресурсів у м'язовій тканині (АТФ і КрФ) (Hargreaves, Spriet 2020; Kenney et al. 2019).

Під час виконання навантажень субмаксимальної інтенсивності провідну роль відіграє анаеробний лактатний режим енергозабезпечення м'язової діяльності. Головними лімітувальними факторами при цьому є здатність кардіореспіраторної системи доправляти кисень до працюючих м'язів, буферних систем організму, які дають змогу забезпечити ефективну роботу організму в умовах зниження рН крові (Hargreaves, Spriet 2020; Kenney et al. 2019).

У наукових публікаціях указано про антропометричні й функціональні відмінності окремих органів і систем у представників різних морфологічних типів. Так об'єм і внутрішній діаметр лівого шлуночка в хлопчиків позитивно корелюють із мезоморфією. Також виявлено відмінності розмірів серця в підлітків різних соматотипів (Sarafyniuk, Kukhar 2004). Установлено відмінності за показниками гемодинаміки в юнаків різних соматотипів (Sarafyniuk, Belik 2009). Функціональні можливості цих органів і систем мають вплив на анаеробну продуктивність організму, відтак зумовлюють різний рівень анаеробної продуктивності в осіб різних соматотипів.

Такі дані підтверджуються дослідженнями, що вказують на наявність істотних відмінностей за ступенем розвитку відповідних систем енергозабезпечення в представників різних соматотипів. Так, виявлено відмінності за показниками аеробної та анаеробної продуктивності організму в жінок 25–35 років різних соматотипів (Miroshnichenko et al. 2021) і дівчат 17–19 років різних соматотипів (Miroshnichenko et al. 2019).

У попередніх публікаціях ми дослідили рівень показників анаеробної продуктивності організму в дівчат Закарпаття (Dulo et al. 2023) і надали порівняльну характеристику анаеробної продуктивності організму дівчат, які проживають у низинних і гірських районах Закарпаття (Dulo 2015).

На даний час функціональні можливості юнаків досліджувалися без урахування територіальної належності. Оскільки проживання в гірських районах Закарпаття висуває певні вимоги до функціональної підготовленості мешканців, дослідження анаеробної продуктивності юнаків цього регіону є актуальним і новим.

Мета роботи – виявити особливості розвитку анаеробного лактатного й анаеробного алактатного режимів енергозабезпечення м'язової діяльності в юнаків-горців різних соматотипів мешканців Закарпаття.

## Матеріал та методи

У дослідженні взяли участь юнаки віком 17–21 рік, які мешкають у гірських районах Закарпатської області в кількості 124 особи. Усі досліджувані в минулому не мали досвіду занять спортом. Анаеробну продуктивність організму оцінювали за показниками потужності анаеробних алактатних і лактатних процесів енергозабезпечення та ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення м'язової діяльності. Для цього застосовували велоергометричні тести.

Потужність анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення визначали за 10-секундним Вінгейтським анаеробним тестом ВАНТ 10. Досліджуваний після розминочного навантаження виконував основне навантаження на велоергометрі протягом 10 секунд із максимально можливою частотою обертання педалей і силою опору

педалям 225 Вт. Ураховувалася кількість повних обертів педалей велоергометра. Шляхом математичних розрахунків визначали абсолютний і відносний показники ВАНТ 10 (Furman et al. 2013).

Потужність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення визначали за 30-секундним Вінгейтським анаеробним тестом ВАНТ 30. Цей тест відрізняється від попереднього тривалістю основного навантаження, яке становить 30 с (Furman et al. 2013).

Ємність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення з'ясували за 60-секундним анаеробним тестом визначення максимальної кількості зовнішньої механічної роботи (далі – МКЗМР). Для цього досліджуваний виконував перше навантаження потужністю 225 Вт, тривалістю 1 хв, із частотою педалювання 90 обертів за хвилину. Після 1 хв відпочинку досліджуваний виконував друге навантаження потужністю 225 Вт, тривалістю 1 хв із максимально можливою частотою педалювання. Шляхом математичних розрахунків обраховували МКЗМР за 1 хв. Цей тест розробили А. Содь і І. Черобетіу (Szögü, Cherebetiu 1974).

Соматотип досліджуваних визначали за методом Хіт-Картера (Carter 2003). Цей метод ґрунтується на антропометричних вимірюваннях. Визначалися зріст, маса тіла, товщина шкірно-жирових складок, поперечні діаметри й обхватні розміри визначених частин тіла. Шляхом математичних розрахунків обраховували значення ендоморфії – відносного ожиріння; мезоморфії – відносного розвитку кістково-м'язової системи; екторморфії – відносної витягнутості тіла. Цей метод забезпечує трикомпонентну оцінку, кожна з яких виражена у числовому еквіваленті з точністю до десятих. Перевагою цього методу є його точність (на відміну від методів, які ґрунтуються на фотоскопії) й універсальність (метод охоплює широкий віковий діапазон, що застосовується як для чоловіків, так і для жінок). Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою таблиць пакету Microsoft Excel 2010.

### Результати та обговорення

Визначивши соматотип у досліджуваних, ми встановили, що для юнаків-горців Закарпаття характерні 5 соматотипів:

- мезоморфний – 49,1 % від загальної кількості осіб ( $n = 29$ );
- ендомезоморфний – 12,5 % ( $n = 42$ );
- мезоекторморфний – 12,5 % ( $n = 19$ );
- екторморфний – 6,3 % ( $n = 6$ );
- збалансований – 19,6 % ( $n = 28$ ).

За абсолютним показником ємності анаеробної лактатної продуктивності організму (МКЗМР<sub>абс.</sub>) найвище середньо-групове значення мають представники мезоекторморфного соматотипу  $2204,3 \pm 43,4$  кгм · хв<sup>-1</sup>, значення яких на 14,7 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників збалансованого соматотипу  $1921,8 \pm 46,8$  кгм · хв<sup>-1</sup>, у яких воно є найнижчим; на 10,0 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників ендомезоморфного соматотипу  $2003,6 \pm 41,2$  кгм · хв<sup>-1</sup>; на 6,9 % ( $p < 0,05$ ) – представників мезоморфного соматотипу  $2061,2 \pm 42,5$  кгм · хв<sup>-1</sup>. У свою чергу, значення показника МКЗМР<sub>абс.</sub> представників екторморфного соматотипу –  $2111,4 \pm 51,2$  кгм · хв<sup>-1</sup>, що на 9,9 % ( $p < 0,05$ ) є вищим за значення представників збалансованого соматотипу. Значення, установлене в представників мезоморфного соматотипу, на 7,3 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників збалансованого соматотипу.

За відносним показником ємності анаеробної лактатної продуктивності організму (МКЗМР<sub>відн.</sub>) виявлено інші тенденції (рис. 1). Найвище значення цього показника мають представники екторморфного соматотипу, а найнижче – представники ендомезоморфного соматотипу. При цьому встановлено, що значення представників екторморфного соматотипу на 8,8 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників збалансованого соматотипу й на 11,2 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу. Між значеннями МКЗМР<sub>відн.</sub> представників інших соматотипів вірогідної відмінності не виявлено ( $p > 0,05$ ).

За абсолютним показником ВАНТ 30, який характеризує потужність анаеробної лактатної системи енергозабезпечення м'язової діяльності, найвище значення мають представники мезоморфного соматотипу –  $4880,5 \pm 108,9$  кгм · хв<sup>-1</sup>. Їх значення на 28,3 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників екторморфного соматотипу –  $3803,8 \pm 64,9$  кгм · хв<sup>-1</sup>, яке є найнижчим; на 26,1 % ( $p < 0,05$ ) – представників збалансованого соматотипу –  $3871,2 \pm 71,3$  кгм · хв<sup>-1</sup>; на 15,4 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу –  $4230,6 \pm 82,2$  кгм · хв<sup>-1</sup>; на 6,5 % ( $p < 0,05$ ) – представників мезоекторморфного соматотипу –  $4583,2 \pm 99,36$  кгм · хв<sup>-1</sup>. У свою чергу, значення показника ВАНТ 30<sub>абс.</sub> представників мезоекторморфного соматотипу є вірогідно вищим на 20,5 % ( $p < 0,05$ ) за значення представників екторморфного соматотипу; на 18,4 % ( $p < 0,05$ ) вищим за значення представників збалансованого соматотипу; на 8,3 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу. Крім цього, виявлено,

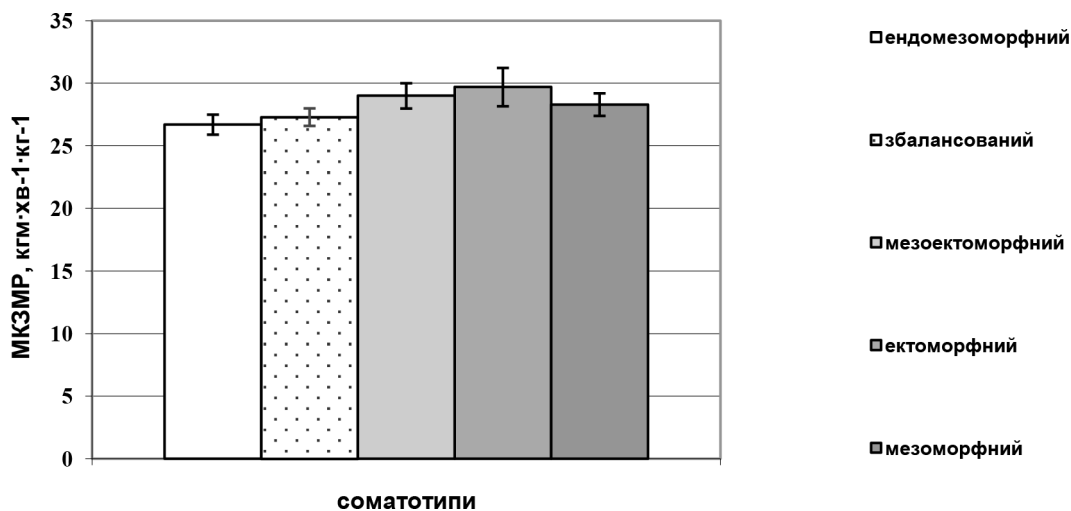


Рис. 1. Ємність анаеробної лактатної продуктивності організму юнаків різних соматотипів

Fig. 1. Capacity of anaerobic lactate productivity of young men of different somatotypes

що значення показника ВАНТ 30<sub>абс.</sub> представників ендомезоморфного соматотипу вірогідно вищі на 9,3 % ( $p < 0,05$ ) за значення представників збалансованого соматотипу й на 11,2 % ( $p < 0,05$ ) за значення представників екторморфного соматотипу.

За відносним показником ВАНТ 30 вірогідно вищі значення мають представники мезоморфного соматотипу щодо значень, установлених у представників усіх інших соматотипів (рис. 2). Так, значення ВАНТ 30<sub>відн.</sub> представників мезоморфного соматотипу на 25,2 % ( $p < 0,05$ ) перевищують значення представників екторморфного соматотипу; на 22,0 % ( $p < 0,05$ ) – представників збалансованого соматотипу; на 18,8 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу; на 10,9 % ( $p < 0,05$ ) – представників мезоекторморфного соматотипу. Значення ВАНТ 30<sub>відн.</sub> представників мезоекторморфного соматотипу є вірогідно вищим за значення представни-

ків екторморфного (на 12,9 %,  $p < 0,05$ ) і збалансованого (на 10,0 %,  $p < 0,05$ ) соматотипів.

За абсолютним показником ВАНТ 10, який характеризує анаеробну алактатну продуктивність організму, найвищі значення встановлено в представників мезоморфного соматотипу –  $4913,8 \pm 109,1$  кгм · хв<sup>-1</sup>, яке на 26,8 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників екторморфного соматотипу  $3874,6 \pm 76,1$  кгм · хв<sup>-1</sup>; на 23,2 % ( $p < 0,05$ ) – представників збалансованого соматотипу –  $3988,3 \pm 78,4$  кгм · хв<sup>-1</sup>; на 15,4 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу –  $4256,3 \pm 84,7$  кгм · хв<sup>-1</sup>. Також встановлено, що значення ВАНТ 10<sub>абс.</sub> представників мезоекторморфного соматотипу –  $4640,75 \pm 96,2$  кгм · хв<sup>-1</sup> – є вірогідно вищим за значення цього показника в представників ендомезоморфного соматотипу (на 9,0 %,  $p < 0,05$ ); вірогідно вищим за значення

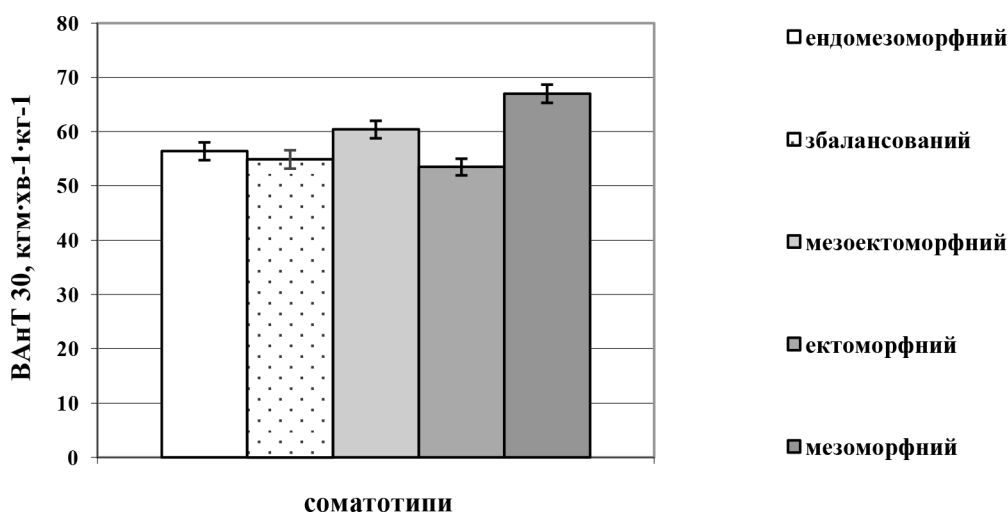


Рис. 2. Потужність анаеробної лактатної продуктивності організму юнаків різних соматотипів

Fig. 2. The power of anaerobic lactate productivity of young men of different somatotypes



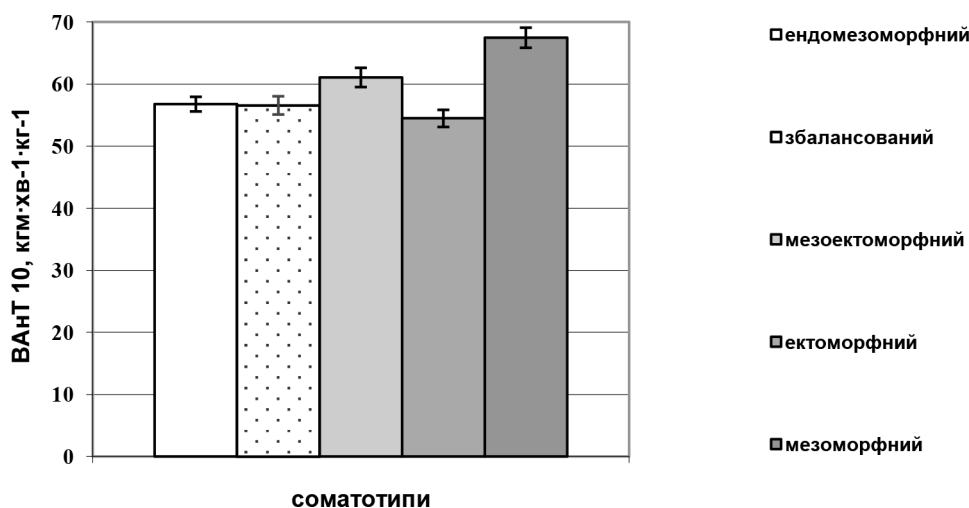


Рис. 3. Потужність анаеробної алактатної продуктивності організму юнаків різних соматотипів  
 Fig. 3. The power of anaerobic alactate productivity of young men of different somatotypes

представників ектоморфного соматотипу (на 19,8 %,  $p < 0,05$ ); вірогідно вищим за значення представників збалансованого соматотипу (на 16,4 %,  $p < 0,05$ ). У свою чергу, значення ВАНТ 10<sub>абс.</sub> представників ендомезоморфного соматотипу є вірогідно вищим (на 9,9 %,  $p < 0,05$ ) за значення представників ектоморфного соматотипу й вірогідно вищим (на 6,7 %,  $p < 0,05$ ) за значення представників збалансованого соматотипу.

За відносним показником ВАНТ 10 найвище значення також встановлено в представників мезоморфного соматотипу (рис. 3).

Це значення на 23,9 % є більшим у представників ектоморфного соматотипу; на 19,3 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників збалансованого соматотипу; на 18,8 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу; на 10,4 % ( $p < 0,05$ ) – представників мезоектоморфного соматотипу. Крім цього, значення представників мезоектоморфного соматотипу на 12,1 % ( $p < 0,05$ ) перевищує значення представників ектоморфного соматотипу; на 7,8 % ( $p < 0,05$ ) – представників збалансованого соматотипу; на 7,6 % ( $p < 0,05$ ) – представників ендомезоморфного соматотипу.

Узагальнений аналіз отриманих результатів дослідження дає змогу стверджувати, що за ступенем розвитку показників анаеробної системи енергозабезпечення м'язової діяльності представники різних соматотипів мають істотні відмінності. При цьому варто відзначити, що залежно від показника, ця особливість проявляється по-різному. Так, ємність анаеробної лактатної продуктивності організму за абсолютним показником МКЗМР найкраще розвинена в представників мезоектоморфного соматотипу, тоді як за відносним показником МКЗМР вищі значення, характерні для представ-

ників ектоморфного соматотипу. Варто зауважити, що серед показників, які характеризують режими енергозабезпечення м'язової діяльності, більшу інформативність мають відносні показники (Furman et al. 2013; Kenney et al. 2019).

Результати дослідження потужності анаеробної лактатної й анаеробної алактатної систем енергозабезпечення м'язової діяльності свідчать про те, що за абсолютними та відносними показниками ВАНТ 30 і ВАНТ 10 вищі значення характерні для представників мезоморфного соматотипу, а нижчі – для представників ектоморфного соматотипу.

Загалом можна констатувати, що залежно від режиму енергозабезпечення м'язової діяльності представники різних соматотипів мають неоднаковий рівень розвитку цих показників (ємність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення краще розвинена в представників ектоморфного соматотипу, а потужність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення – у представників мезоморфного соматотипу). Таким чином, можна припустити, що на ємність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення позитивно впливає ектоморфія, а на потужність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення – мезоморфія. Для перевірки такої гіпотези необхідно провести кореляційний аналіз між значеннями ектоморфії й показником МКЗМР<sub>відн.</sub>, а також мезоморфії й показником ВАНТ 30<sub>відн.</sub>. Це буде наступним етапом наших подальших досліджень.

Очевидно, що проживання в гірській місцевості висуває підвищені вимоги до функціональних можливостей мешканців. Тому в населення цих регіонів формується певний фенотип стосовно цих показників. Л. Мур із колегами довели, що

мешканці гірських районів Північної Америки, Анд і Гімалаїв мають відмінності за показниками кардіореспіраторної системи (Moore et al. 1998). Зауважимо, що стан кардіореспіраторної системи є одним із основних лімітувальних факторів здатності проявляти анаеробну лактатну продуктивність організму. Отже, подальші наукові дослідження варто спрямувати на вивчення відмінностей між показниками анаеробної продуктивності організму юнаків, які мешкають у низинних і гірських районах Закарпатської області.

## Висновки

Юнаки гірських районів Закарпаття різних соматотипів істотно відрізняються за ступенем розвитку анаеробних процесів енергозабезпечення м'язової діяльності. За показниками потужності

анаеробних лактатних та алактатних процесів енергозабезпечення переважають представники тих соматотипів, у яких домінує мезоморфія (мезоморфного й мезоектоморфного соматотипів). За показником ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення переважають представники, у яких домінує ектоморфія (представники ектоморфного соматотипу).

Потужність анаеробної алактатної й лактатної систем енергозабезпечення за абсолютними та відносними показниками у юнаків різних соматотипів проявляється однаково: домінують представники мезоморфного соматотипу, тоді як за абсолютним показником ємності анаеробної лактатної продуктивності домінують представники мезоектоморфного соматотипу, а за відносним показником – представники ектоморфного соматотипу.

- APANASENKO, G. L. (2013) Vchennia pro individualne zdorovia: deiaki pidsumki [The doctrine of individual health: some conclusions]. *Lvivskyi medychnyi chasopys*, 19 (1), 56–60 (in Ukrainian).
- DULO, O. A. (2015) Porivnialna kharakterystyka anaerobnoi produktyvosti divchat iz riznym somatotypom, iaki prozhyvaiut u hirs'kykh ta nyzynnykh raionakh Zakarpatskoi oblasti [Comparative characteristics of anaerobic productivity of girls with different somatotypes living in mountainous and lowland areas of the Transcarpathian region]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University, Series Medicine*, 51(1), 284–289 (in Ukrainian).
- DULO, O., FURMAN, Yu., MALTSEVA, O., SAMOILENKO, S. (2023) Physical Health of Females from the Lowland Districts of Zakarpattia According to the Metabolic Level of Aerobic and Anaerobic Energy Supply Depending on the Component Body Composition. *Wiadomości Lekarskie*, 76(3), 568–574. DOI: 10.36740/wlek202303116
- CARTER, J. (2003). *The Heath-Carter anthropometric somatotype. Instruction manual*. Department of Exercise and Nutritional Sciences San Diego State University. U.S.A.
- FURMAN, Yu. M., MIROSHNICHENKO, V. M., DRACHUK, S. P. (2013) *Perspektyvni modeli fizkulturno-ozdorovchyykh tekhnologii u fizychnomu vykhovanni studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv [Promising models of physical culture and health technologies in physical education of students of higher educational institutions]*. Olympic literature. Kyiv (in Ukrainian).
- HARGREAVES, M, SPIRIET, L. L. (2020) Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 9(2), 817–828. DOI: 10.1038/s42255-020-0251-4
- KENNEY, L. W., WILMORE, J. H., COSTILL, D. L. (2019) *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics.
- KVASHNINA, L. V. (2000) Ponyattya adaptatsiyi i adaptovanist' yak intehral'nyy pokaznyk zdorov'ya [Concept of adaptation and adaptability as integral health indicator]. *Perynatolohiia ta pediatriia*, 1, 33–36 (in Ukrainian).
- MIROSHNICHENKO, V., FURMAN, Yu., BOHUSLAVSKA, V., BREZDENIUK, O., SALNYKOVA, S., SHVETS, O., BOIKO, M. (2021) Functional preparedness of women of the first period of mature age of different somatotypes. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 25(5), 296–304. DOI: 10.15561/26649837.2021.0504
- MIROSHNICHENKO, V., SALNYKOVA, S., BOHUSLAVSKA, V., PITYN, M., FURMAN, Yu., YAKOVLIV, V., SEMERYAK, Z. (2019) Enhancement of physical health in girls of 17–19 years by adoption of physical loads taking their somatotype into account. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (Suppl. 2), 387–392. DOI: 10.7752/jpes.2019.s2058
- MOORE, L. G., NIERMEYER, S., ZAMUDIO, S. (1998) Human adaptation to high altitude: Regional and life-cycle perspectives. *American Journal of Biological Anthropology*, 107, 25–64. DOI: 10.1002/(SICI)1096-8644(1998)107:27+<25::AID-AJPA3>3.0.CO;2-L
- SARAFYNIUK, P. V., KUKHAR, I. D. (2004) Osoblyvosti ultrazvukovykh rozmiriv sertsia u zdorovykh miskykh pidlitkiv riznykh somatotypiv [Features of ultrasound heart dimensions in healthy urban adolescents of different somatotypes]. *Bulletin of Morphology*, 10(1), 193–197 (in Ukrainian).
- SARAFYNIUK, L. A., BELIK, N. V. (2009). Vzaiemozviazky antroposomatypologichnykh kharakterystyk i heografichnykh parametriv centralnoi hemodynamiky u miskykh yunakiv [Relationships between anthroposomatypological characteristics and rheographic parameters of central hemodynamics in urban young men]. *World of Medicine and Biology*, 2, 96–102.
- SZÖGŸ, A, CHEREBEȚIU, G. (1974) Minutentest auf dem Fahrradergometer zur Bestimmung der anaeroben Kapazität. *European Journal of Applied Physiology*, 33, 171–176. DOI: 10.1007/BF00449517

## СПОНТАННА ФЛОРА СУДИННИХ РОСЛИН ПАРКОВОГО АНСАМБЛЮ ЗАМКУ «СЕНТ-МІКЛОШ» (СЕЛИЩЕ ЧИНАДІЙОВО, ЗАКАРПАТСЬКА ОБЛАСТЬ)

Віталій КОЛОМІЙЧУК<sup>1</sup>, Олександр ШИНДЕР<sup>2</sup>, Мирослав ШЕВЕРА<sup>3,4</sup>

У статті подано результати дослідження флористичного різноманіття паркового ансамблю замку «Сент-Міклош» (селище Чинадійово, Мукачівського району, Закарпатської області): встановлено видовий склад, подано коротку історичну довідку, а також характеристики паркових насаджень, результати структурного (систематичний, біоморфологічний, географічний, еколого-фітоценологічний) і фракційного (за часом і способом занесення, первинним ареалом, ступенем натуралізації чужорідних видів) аналізів, з'ясовано особливості флори, складено анований конспект. Фіторізноманіття аналізованого паркового комплексу становить 221 вид, підвид і різновидність судинних рослин, зокрема 148 видів природної фракції флори, 70 – адвентивної, ще три культивовані види перебувають на межі виходу з культури. У біоморфологічній структурі флори понад половину становлять багаторічники (54,7 %), децю менше – малорічники (28,4 %), натомість в адвентивній фракції спостерігається протилежний їхній порядок – переважають малорічники (64,4 %), менше багаторічників (27,1 %), а також відсутні куці й півкуцики. Географічний спектр аборигенної фракції флори досить різноманітний і представлений 10 геоелементами, його основу приблизно порівну, хоча й з невеликою перевагою становлять євразійський і палеоарктичний (по 21,6 % кожний), європейсько-субсередземноморський (19,6 %) і європейський (17,6 %) елементи. Ценологічний спектр видів обох фракцій також суттєво відрізняється: в аборигенній – переважають види лучного флорокомплексу (29,7 %), децю менше узлісного (21,6 %), синантропного (переважно рудеральні, 18,2 %) і лісового (16,9 %), натомість в адвентивній – найбільше видів синантропного (82,9 %) і суттєво менше лучного (11,4 %) флорокомплексів. В адвентивній фракції аналізованої флори за часом занесення переважають кенофіти (55,7 %), за способом занесення – ксенофіти (68,6 %), за ступенем натуралізації – епекофіти, за походженням – субсередземноморські види (55,8 %), децю менше – азійських (20,0 %) та американських (17,1 %).

**Ключові слова:** фіторізноманіття, паркові біотопи, культурна флора, спонтанна флора, структура, природні й чужорідні види.

<sup>1</sup> Ботанічний сад ім. акад. О. В. Фомина, Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Симона Петлюри, 1, Київ, 01032, Україна; e-mail: [vkolomiychuk@ukr.net](mailto:vkolomiychuk@ukr.net)

<sup>2</sup> Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна, 1, Київ, 01014, Україна; e-mail: [shinderoleksandr@gmail.com](mailto:shinderoleksandr@gmail.com)

<sup>3</sup> Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна; e-mail: [shevera.myroslav@ukr.net](mailto:shevera.myroslav@ukr.net)

<sup>4</sup> Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, пл. Кошута, 6, Берегове, 90202, Україна

### *Spontaneous vascular plants flora of parks assembles of the “Saint Miklosh” Castle (Chynadiyovo village, Zakarpattia Oblast)*

*Kolomiychuk V.<sup>1</sup>, Shynder O.<sup>2</sup>, Shevera M.<sup>3,4</sup>*

*The results of the study of the diversity of wild and cultivated vascular plants of the park ensemble of the castle “Saint Miklosh” (Chynadiyovo village, Mukachevo raion, Zakarpattia Oblast) are presented: the species composition is established, a brief historical background is given, as well as the nature of the park plantings, the results of the structural (systematic, life forms, geographical, ecological and coenotic) and fractional (by time and method of introduction, primary range, degree of naturalization of alien species) analyses, the peculiarity of the flora were clarified, and an annotated summary was compiled. The phytodiversity of the analyzed park complex consists of 221 species, subspecies and varieties of vascular plants, including 148 species of the natural flora fraction, 70 – alien flora fraction, and 3 more cultivated species that are close to escaping cultivation. In the life forms spectrum of the flora, more than half are perennials (54.7 %), somewhat less – small annuals (28.4 %), while in the alien fraction, the opposite order is observed – short-lived (64.4 %) prevail, fewer perennials (27.1 %),*

and there are no shrubs and subshrubs. The geographical spectrum of the aboriginal flora fraction is quite diverse and is represented by 10 geoelements, its basis is approximately equally, although with a slight advantage, made up of Eurasian and Palearctic (21.6 % each), European-sub-Mediterranean (19.6 %) and European (17.6 %) elements. The coenotic spectrum of species of both fractions also differs significantly: in the aboriginal one, species of the meadow flora complex prevail (29.7 %), somewhat less of the nodal forest (21.6 %), synanthropic (mainly ruderal, 18.2 %) and forest (16.9 %), while in the alien one, the largest number of species of the synanthropic flora complex (82.9 %) and significantly less of the meadow (11.4 %). In the alien fraction of the analyzed flora, kenophytes (55.7 %) prevail by time of introduction, xenophytes (68.6 %) by ways of introduction, epoeophytes by degree of naturalization, and the species of Sub-Mediterranean origin (55.8 %), somewhat less – Asian (20.0 %) and American (17.1 %) one.

**Key words:** phytodiversity, parks biotopes, cultivated plants, spontaneous flora, structure, native and alien species.

<sup>1</sup> Acad. O. V. Fomin Botanical Garden, "Institute of Biology and Medicine" Education and Scientific Center, Taras Shevchenko National University in Kyiv, 2, Symona Petliury Str., Kyiv, 01032, Ukraine; e-mail: vkolomyichuk@ukr.net

<sup>2</sup> M. M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Sadovo-Botaniczna Str., Kyiv, 01014, Ukraine; e-mail: shinderoleksandr@gmail.com

<sup>3</sup> M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2, Tereshchenkivska Str., Kyiv, 01004, Ukraine; e-mail: shevera.myroslav@ukr.net

<sup>4</sup> Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, 6, Kossut, Sq., Berehove 90202, Ukraine

## Вступ

Закарпаття має давню традицію створення парків при замках і палацах, монастирях, освітніх, лікувальних, лісогосподарських та інших закладах. Дендрологічний аспект вивчення цих об'єктів у регіоні, зокрема й екзотів парків, та оцінювання їхнього стану становлять великий інтерес і багату бібліографію. Натомість спеціальне дослідження різноманіття їхньої спонтанної флори практично відсутнє. Тому інвентаризація рослинного покриву належить до актуальних завдань сучасної флористики.

До цікавих в історичному й ботанічному сунках об'єктів Закарпаття належить парковий ансамбль при замку «Сент-Міклош», який зараз відновлюється. Аналізуючи регіональну літературу з флори Закарпаття загалом (Rudenko et al. 1951, 1954; Fodor 1974 та інші) і дендрофлори регіону зокрема (Fodor 1956; Terletsy et al. 1985 та інші), автори не віднайшли спеціальних даних щодо фіторізноманіття дослідженої території, за винятком указівки про кілька видів дикорослих рослин із сел. Чинадійово (Шорук 1977).

Тому метою дослідження було з'ясування сучасного стану фіторізноманіття паркового ансамблю замку «Сент-Міклош», насамперед складу та структури спонтанної флори на цій території.

## Матеріал та методики

В основу роботи покладено результати оригінальних досліджень, що проводили на території паркового комплексу замку «Сент-Міклош» (сел. Чинадійово, Мукачівський р-н, Закарпатська обл.) у різні сезони впродовж 2023–2024 років.

Структурний і фракційний аналізи флори проведено згідно із загальноприйнятими в порівняльній флористиці підходами й методами, за допомогою загальноприйнятих класифікацій і термінології (Clements 1920; Kleopov 1938; Protopopova, Shevera 2005; Shynder 2019a, b; Karmyzova, Baranovsky 2020). Назви видів судинних рослин і їхній обсяг наведено згідно з ресурсом POWO (<https://powo.science.kew.org>) з деякими доповненнями. Повні назви таксонів спонтанно ростучих рослин (зокрема «втікачів із культури») наведено в анотованому конспекті, культивованих рослин – у тексті.

**Історичні відомості про замок і його парк.** Замок «Сент-Міклош» (також це історична назва селища Чинадійово до 1944 р.), або «Чинадійівський» (угор. – *Beregszentmiklósi*), є пам'яткою архітектури XIV–XIX століть національного значення. Замок являє собою кам'яну споруду з двома кутовими вежами. Поселення на цьому місці відоме з 1214 р. (рис. 1), хоча деякі знайдені тут артефакти датовані навіть II тисячоліттям до н. е. (Peniak 1980, 1983).

Замок зведений у XIV ст. бароном Перені, згодом його добудовували графи Телегді. У різний час ним володіли Ілона Зріні, її син Ференц Ракоці II. У 1657 р. війська графа Любомирського замок суттєво пошкодили, невдовзі відбудували, але як оборонна споруда він утратив своє значення. У 1729 р. імператор Карл VI подарував великі земельні площі графу Шенборну, зокрема й замок, який у 1734 р. був перебудований і набув уже не оборонних, а палацових рис (Bugir 2004; Homoliak 2007; Lehoczky 1881; Sova 2014). Під час





Рис. 1. Схема села Сент-Міклош (нині – Чинадійово) на карті VII ст. (за Fatula 2025)

Fig. 1. Scheme of the village of Saint Miklosh (now Chynadiyevo) on a map of VIIth century (according to R. Fatula 2025)

Другої світової війни замок використовувався як в'язниця. У повоєнний час тут розташовувалися адміністративні будівлі сільради та місцеве управління лісового господарства, військова частина, склади автобази.

Від 2002 р. замок знаходиться в концесії подружжя Йосипа й Тетяни Бартошів, які розпочали відновлювальні роботи, зокрема відно-

вили дах, провели реставрацію інтер'єру першого поверху споруди, де розташовані виставки кельтської та скіфської культур, портрети власників замку й інше, що дало можливість проводити цільові екскурсії та різноманітні мистецькі заходи (Fatula 2025).

Біля замку в 1749 р. Ф. Бошиндою був закладений парк, який у 1948 р. був знищений радянською владою. Його первісний план не зберігся, а з насадження дорадянського періоду до нашого часу імовірно залишилося лише одне старовікове дерево *Platanus × hispanica* Mill. ex Münchh. (висотою понад 20 м, діаметром близько 110 см). У радянський час поруч було закладено типовий парк сільського типу із рядовими смугами місцевих та екзотичних деревних порід на площі біля 0,8 га та фруктовий сад. Ці насадження розташовані на певній віддалі від замку та територіально складають окрему ділянку, яка опікується місцевою громадою. Тут було висаджено *Acer pseudoplatanus* L., *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (M.Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso, *Juglans regia* L. та інші, а також три дерева *Liriodendron tulipifera* L.

У 2019 р. стараннями Т. Бартош і Й. Бартоша розпочато відновлення парку на прилеглої до замку території (рис. 2) з орієнтуванням на відомі роботи Ф. Бошинди в Австрії, а також із оригінальними підходами та доповненнями. Молодий парк отримав назву «Подорож до Снігової Королеви», має художню концепцію храму під



Рис. 2. Відновлюваний парк «Подорож до Снігової Королеви» біля замку «Сент-Міклош» (фото В. Коломійчука, 2023)

Fig. 2. The renovated “Journey to the Snow Queen” park near “Saint Miklosh” castle (photo by V. Kolomyichuk, 2023)

відкритим небом, у якому кожна деталь має своє сакральне значення, а всі структури разом становлять трансцендентальний зміст. У центрі молодого парку розташована скульптурна композиція – стела із зображеннями володарів замку (художник Т. Бартош) у колі чотирьох античних антропоморфних божеств (скульптор В. Павлюк): Діоніс – бог природи, Артеміда – богиня жіночості, Аполлон – покровитель релігій і високого мистецтва, Афродіта – богиня краси, любові й містобудування. У другому півколі розташовані фігури кельтського воїна Латора та богині Епону, які символізують культ коней. Навколо скульптур-

ної композиції висаджено різноманітні рослини, зокрема екзотичні (рис. 3–4).

### Результати та обговорення

**Коротка характеристика насаджень паркового ансамблю.** У результаті інвентаризації насаджень паркового ансамблю на території замку «Сент-Міклош» у селі Чинадійово з'ясовано їхній стан.

Так, на призамковій ділянці росте кілька дорослих дерев *Tilia cordata* й *Fraxinus excelsior* біля замку. Тут розташована забудова, біля якої переважають квітники та насадження декоратив-



Рис. 3. *Liquidambar styraciflua* у відновлюваному парку на території замку «Сент-Міклош» (фото О. Шиндера, 2024)

Fig. 3. *Liquidambar styraciflua* in the renovated park on the territory of the “Saint Miklosh” castle (photo by O. Shynder, 2024)



Рис. 4. *Betula klokovii* на території парку (фото О. Шиндера, 2024)

Fig. 4. *Betula klokovii* in the territory of the park (photo by O. Shynder, 2024)



них чагарників, зокрема *Hedera helix*, *Hibiscus syriacus* L., *Rosa* spp, *Taxus baccata* L., *Vitis vinifera* L., *Weigela* × *hybrida* hort., *Wisteria sinensis* (Sims) DC., куртина *Arundo donax* L. тощо.

У центральній частині молодого парку створені рабатки й живоплоти, а також молоді алеїні насадження, переважно екзотів: *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., *Liquidambar styraciflua* L. (рис. 3), *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W. C. Cheng, *Quercus cerris* L., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott, а у 2024 р. висаджено один екземпляр *Betula klokovii* Zaver., саджанець якої вирошено в Сирецькому дендропарку загальнодержавного значення (м. Київ) із насіння, зібраного в Кременецькому ботанічному саду (Тернопільська обл.) (рис. 4).

Площа між декоративними насадженнями утримується у вигляді газону, у якому через будівельні роботи, що проводяться на території, переважають малорічні синантропні рослини, а саме: *Ambrosia artemisiifolia*, *Barbarea vulgaris*, *Bromus arvensis*, *B. hordeaceus*, *B. sterilis*, *B. tectorum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chaenorhinum minus*, *Chenopodium album*, *Heraclеum sosnowskyi*, *Lipandra polysperma*, *Lysimachia arvensis*, *Malva pusilla*, *Melilotus officinalis*, *Picris hieracioides*, *Polygonum arenastrum*, *Reseda lutea*, *Rhamphospermum arvense*, *Spergularia rubra*, *Stellaria media*, *Torilis sarvensis*, *Veronica arvensis*, *V. filiformis*, *V. persica*, *Viola arvensis* тощо. З місцевих видів рослин поширені лучні трави: *Argentina anserina*, *Arrhenatherum elatius*, *Asparagus officinalis*, *Bellis perennis*, *Leucanthemum vulgare*, *Pilosella bauhini*, *P. piloselloides* subsp. *magyarica*, *Poa pratensis* тощо. Серед інших характерних місцевих рослин тут зафіксовано види кам'янистих відслонень: *Epilobium dodonaei*, *Holosteum umbellatum* і *Sedum sexangulare*. У затінку мурів росте кілька видів папоротей, зокрема *Asplenium ruta-muraria*. У кількох місцях зафіксовані колонії видів адвентивних рослин, що підтримуються вегетативно, – *Artemisia verlotiorum* і *Helianthus tuberosus*. Ближче до річки ростуть більш вологолюбні види рослин – *Eupatorium cannabinum*, *Lythrum salicaria*, *Mentha longifolia*, *Ranunculus acris*, *Symphytum officinale* тощо, зарості кількох видів ожини (*Rubus* spp.).

Старий парк, розташований за спорудою конюшні, є територіально окремою ділянкою. Але історично він був, правдоподібно, частиною призамкового паркового ансамблю. Нині тут наявні власне парковий деревостан, залишки старого саду та галявини з розрідженим природним деревостаном. У радянський час сформовано паркове насадження з *Acer pseudoplatanus*, *Eucommia*

*ulmoides*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *F. excelsior*, *Morus alba*, *Prunus cerasifera*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*. Серед кущів тут ростуть *Chaenomeles japonica*, *Cornus sanguinea* subsp. *australis*, *Crataegus germanica*, *Genista tinctoria*, *Hedera helix*, *Rosa canina*, *Rubus fruticosus* s.l. і *R. ulmifolius*. Травостій сформований із місцевих видів лісових рослин: *Allium ursinum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Fragaria vesca*, *Gagea lutea*, *Glechoma hederacea*, *Lamium album*, *L. maculatum*, *Silene flos-cuculi*, *Veronica chamaedrys*, *V. serpyllifolia*, *Viola reichenbachiana* тощо (Kolomiichuk et al. 2025).

**Спонтанна флора призамкового комплексу «Сент-Міклош».** У результаті проведених досліджень встановлено видовий склад спонтанної флори аналізованої території та складено анотований конспект (додаток), здійснено структурний (систематичний, біоморфологічний, географічний, еколого-фітоценологічний) і фракційний (за часом і способом занесення, первинним ареалом (походження), ступенем натуралізації чужорідних видів) аналізи й виявлено особливості флори.

Установлено, що спонтанне фіторізноманіття території паркового ансамблю нараховує 218 видів і підвидів судинних рослин (таблиця 1; додаток), що належать до 149 родів і 50 родин. Аборигенна фракція аналізованої флори представлена 148 таксонами судинних рослин, адвентивна – 70, при цьому частка останніх є досить велика навіть для такої відносно невеликої території. Ще три види (*Chaenomeles japonica*, *Crataegus germanica*, *Eucommia ulmoides*) формують самосів біля дорослих рослин і перебувають на межі «втєчі» з культури.

Спектр провідних родин аналізованої флори, особливо в другій його частині, загалом не типовий; перші три ранги займають Asteraceae (35 видів), Роасеae (24) і Rosaceae (16), що загалом відповідає за своїм розміщенням такому у флорах Центральної Європи, як і для природної, так й адвентивної фракцій. Наступні позиції займають Fabaceae (14), Lamiaceae (13), Caryophyllaceae та Plantaginaceae (по 12 кожна), Brassicaceae (10).

Географічний спектр аборигенної фракції аналізованої флори досить різноманітний і представлений 10 геоелементами. Його основу приблизно порівну, хоча й із невеликою перевагою становлять євразійський і палеоарктичний (по 21,6 % кожний), а також європейсько-субсередземноморський (19,6 %) і європейський (17,6 %) геоелементи, інші групи суттєво незначні (таблиця 2).

В адвентивній фракції аналізованої спонтанної флори за походженням суттєво переважають види субсередземноморського походження (55,8 %), друге та третє місця, відповідно, посідають

Таблиця 1. Систематична структура спонтанної флори території паркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент-Міклош»

Table 1. Systematic structure of the spontaneous flora of park ensemble territory of the Chynadiyovo “Saint Miklosh” Castle

Вищий таксон	Аборигенна фракція	Адвентивна фракція
HORSETAILS	1	–
FERNS	3	–
ANGIOSPERMS	144	70
MONOCOTS	16	11
EUDICOTS (s. l.)	128	59
Всього по групах	148	70

Таблиця 2. Географічна структура аборигенної фракції спонтанної флори території паркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент-Міклош»

Table 2. Geographical distribution of native fraction of the spontaneous flora of park ensemble territory of the Chynadiyovo “Saint Miklosh” Castle

Геоелемент	Кількість видів	%
Плюрирегіональний	4	2,7
Голарктичний	10	6,8
Євразійський	32	21,6
Палеоарктичний	32	21,6
Бореальний	3	2,0
Європейський	26	17,6
Європейсько-сибірський	2	1,4
Європейсько-субсередземноморський	29	19,6
Субсередземноморський	8	5,4
Євразійський степовий	2	1,4
Усього	148	100

Таблиця 3. Географічна структура (за походженням видів) адвентивної фракції спонтанної флори території паркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент-Міклош»

Table 3. Geographical distribution (by origin) of the alien fraction species of spontaneous flora of park ensemble territory of the Chynadiyovo “Saint Miklosh” Castle

Походження	Кількість видів	%
Субсередземноморське	39	55,8
Азійське	14	20,0
Американське	12	17,1
Європейське	3	4,3
Європейсько-субсередземноморське	1	1,4
Культигенне	1	1,4
Усього	70	100

азійського (20,0 %) та американського (17,1 %), а інші групи суттєво менш численні (таблиця 3). Розподіл видів за походженням у дослідженій флорі загалом відповідає такому в адвентивній фракції флори України (Protoporova 1984).

У біоморфологічній структурі аборигенної фракції аналізованої спонтанної флори понад половину становлять багаторічники (54,7 %), друге місце посідають малорічні трави (28,4 %), натомість в адвентивній фракції флори спостерігається протилежний їхній порядок: найбільше відмічено малорічників (64,4 %), менше багаторічників

(27,1 %), що загалом характерно для адвентивної фракції флори України (Protoporova 1984). Інші групи біоморфв обох фракціях суттєво незначні, при цьому серед чужорідних видів узагалі відсутні кущі, кущики й півкущики (таблиця 4).

Проаналізовано ценотичний спектр видів обох фракції аналізованої спонтанної флори, яка суттєво відрізняється. Так, в аборигенній фракції флори переважають види лучного флорокомплексу (29,7 %), дещо менше узлісного (21,6 %), синантропного (переважно рудеральні, 18,2 %) і лісового (16,9 %), натомість в адвентивній фракції

Таблиця 4. Біоморфологічна структура спонтанної флори території паркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент-Міклош»

Table 4. Biomorphological structure of spontaneous flora of park ensemble territory of the Chynadiyovo “Saint Miklos” Castle

Біоморфи	Аборигенна фракція		Адвентивна фракція	
	кількість видів	%	кількість видів	%
Дерева	10	6,8	5	7,1
Кущі	8	5,3	–	0,0
Кущики й півкущики	6	4,1	–	0,0
Ліани	1	0,7	1	1,4
Багаторічні трави	81	54,7	19	27,1
Малорічні трави	42	28,4	45	64,4
Усього	148	100	70	100

Таблиця 5. Еколого-ценотична структура спонтанної флори території паркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент-Міклош»

Table 5. Ecological and coenotic structure of spontaneous flora of park ensemble territory of the Chynadiyovo “Saint Miklosh” Castle

Флорокомплекс	Аборигенна фракція		Адвентивна фракція	
	кількість видів	%	кількість видів	%
Лісовий	25	16,9	2	2,9
Узлісний	32	21,6	1	1,4
Болотний	7	4,7	–	–
Лучний	44	29,7	8	11,4
Піщаний	9	6,1	1	1,4
Наскельний (тіньовий)	2	1,4	–	–
Наскельний	2	1,4	–	–
Синантропний	27	18,2	58	82,9
Усього	148	100	70	100

ції – найбільше видів синантропного флорокомплексу (82,9 %), суттєво менше лучного (11,4 %), а інші незначно представлені (таблиця 5).

Результатами аналізу видів адвентивної фракції флори свідчать про переважання: а) за часом занесення – кенофітів (39, або 5,7 %); б) за способом занесення – ксенофітів (48, або 68,6 %); в) за ступенем натуралізації – епекофітів (понад 60 %).

Загалом аналізована спонтанна флора паркового ансамблю сформувалася на антропогенно зміненій території на межі між низовинним і передгірським ландшафтами Закарпаття. Її основу становлять переважно широкопоширені місцеві лісові й лучні види рослин зі значною часткою адвентивних рослин. Загальне багатство дослідженої спонтанної флори має мінімальні показники, які для найменших паркових територій становлять менше ніж 300 видів (Shynder 2019b). Помітну участь у формуванні спонтанної флори відіграє інтродукція рослин, зокрема завдяки цьому по території паркового ансамблю зустрічаються здичавілі інтродуценти й види адвентивних рослин: *Acer negundo*, *Morus albus*, *Malus domestica*, *Lobularia maritima*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Heliopsis*

*helianthoides*, *Helianthus tuberosus*, *Juglans regia*, *Melissa officinalis*, *Solidago canadensis* тощо. У рядовому парковому насадженні радянського періоду відзначено підріст *Chaenomeles japonica*, *Crataegus germanica*, *Eucommia ulmoides* поряд із дорослими рослинами, що свідчить про їхню поступову натуралізацію, що доповнює наявні відомості про чужорідні деревні породи в складі культурної та спонтанної флор Закарпаття (Fodor 1956, 1974; Fodor, Jantso 1984).

Оскільки територія цього паркового ансамблю невелика, тут постійно відбуваються зміни у видовому складі рослинного покриву й продовження його моніторингу з часом значно збільшить наявні відомості про спонтанну флору. Формування нового парку з використанням екзотів сприятиме їхній акліматизації та розширенню їхніх культурних ареалів у Закарпатті.

## Висновки

У результаті дослідження вперше з'ясовано стан фіторізноманіття паркового ансамблю замку «Сент-Міклош», видовий склад і структуру спонтанної флори.

Парковий ансамбль замку «Сент-Міклош» має досить давню історію, але тут відсутня цілісна композиційна основа й нині він складається з двох частин різного призначення, переважно із середньовіковими та молодими чагарниково-деревними насадженнями. Відголосом вікового минулого є лише одиничні вікові дерева *Platanus* × *hispanica* й *Tilia cordata*. Але призмакова територія перебуває в стадії формування нового парку зі своєю художньою стилістикою та різноманітним складом деревних порід. З огляду на історичну, культурну й ботанічну цінність парку в майбутньому доцільно було б розглянути питання про надання йому природоохоронного статусу «парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення».

За результатами вивчення спонтанної флори паркового ансамблю в її складі зафіксовано 218 видів і підвидів судинних рослин, серед

яких 148 – місцеві, а 70 – чужорідні. Досліджено структуру спонтанної флори, яка загалом відповідає подібним локальним територіям і сформувалася під значним антропогенним впливом. Біоморфологічні, географічні й еколого-фітоценологічні спектри адвентивної фракції флори дослідженої території загалом подібні до таких в адвентивній фракції флори України.

#### Подяка

Автори щиро вдячні Т. Бартош і Й. Бартошу за підтримку під час проведення флористичних досліджень на території замку «Сент-Міклош»; канд. біол. наук Л. Онук (Кременецький ботанічний сад) за люб'язно надане насіння *Betula klovovii*; С. Глуховій (Сирецький дендрологічний парк загальнодержавного значення, м. Київ) – за посадковий матеріал цього виду.

- BUGIR, O. (2004) Dodatky do istorii selyshcha Chynadiyevo Mukachivskoho rayonu. *Naukovyi zbirnyk Zakarpatskoho kraieznavchoho muzeiu*, 6, 245–261 (in Ukrainian).
- ЧОПЫК, В. І. (Ed.) (1977) *Vyznachnyk roslyn Ukrainskykh Karpat* [Manual of plants of the Ukrainian Carpathians]. Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).
- CLEMENTS, F. E. (1920) *Plant Indicators. The relation of plant communities to process and practice*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- FATULA, R. (2025) *Istoriia ta lehendy zamku "Sent-Miklosh" u Chynadiievi*. [History and legends of Saint-Miklosh castle in Chynadiievo]. Available from: <https://history.karpat.in.ua/?p=45&lang=uk> (Accessed: May 1, 2025).
- FODOR, S. S. (1956) Dendroflora Zakarpattia i puti yeye obogascheniya [Dendrological flora and ways of its enrichment]. Avtoreferat diss. ... kand. biol. nauk. (Kievskiy gosudarstvennyi universitet im. T.G. Shevchenko). Uzhgorod (in Russian).
- FODOR, S. S. (1974) *Flora Zakarpattia* [Flora of Transcarpathia]. Lviv: Vyscha shkola (in Ukrainian).
- FODOR, S. S., JANTSO, L. I. (1984) Dopovnennia do flory Zakarpattia [Addition to the flora of Transcarpathia]. *Roslynni i tvarynni resursy Karpat*. Uzhhorod: Uzhhorodskiy derzhavnyi Universytet (in Ukrainian).
- HOMOLIAK, O. (2007) Do pytannia pro istoriiu zamkiv Zakarpattia [To the question about the history of the castles of Transcarpathia]. *Carpatica – Karpatyka*. Uzhhorod: vydavnytstvo UzhNU “Hoverla”, 36: 256–282 (in Ukrainian).
- KARMYZOVA, L., BARANOVSKY, B. (2020) *Flora of the Dnipro city*. Riga, Izdevnieciba “Baltija Publishing”. DOI: 10.30525/978-9934-588-94-5.
- KLEOPOV, Yu. D. (1938) Proekt klasyfikatsii heografichnykh elementiv dlia analizu flory URSR [Project of classification of geographical elements for the flora of USSR]. *Zhurnal Instytutu botaniky AN URSR*, 17 (21), 209–219 (in Ukrainian).
- KOLOMIYCHUK, V., SHYNDER, O., SHEVERA, M. (2025) Florystychno riznomanittia parkovoho ansabliu zamku “Saint Miklosh” (Zakarpatska oblast) [Floristic diversity of park ansamble of Saint Miklosh castle]. *Pryrodookhoronni terytorii Karpat: vyklyky ta perspektyvy staloho rozvytku. Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (15–16 travnya 2025 r., m. Kosiv, Ivano-Frankivska obl.). Kharkiv : Diva plus, 122–126 (in Ukrainian).
- LEHOCZKY, T. (1881) *Beregvármegye monographiája* (rész 1) [Monograph of Beregvar County (part 1)]. Ungvárott: Nyomatott Pollacsek Miksa könyonmodájában (in Hungarian).
- PENIAK, S. I. (1980) *Rannioslovienske i davnorus'ke naseleennia Zakarpattia VI–XIII stolit'* [Early Slavic and Old Russian population of Transcarpathia in the VI–XIII centuries]. Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).
- PENIAK, S. I. (1983) Skarb epokhy bronzy iz Chynadiievo (Zakarpattia) [Bronze Age tresaire from Chynadiievo (Transcarpathia)]. *Arkheolohiia*, 44, 62–69 (in Ukrainian).
- PROTOPOPOVA, V. V. (1984) Osoblyvosti poshyrennia synantropnykh roslyn u riznykh botaniko-geografichnykh regionach Ukrainy [Peculiarity of distribution of synanthropic plants in the different botanical and geographical regions of Ukraine]. *Ukrainskyi Botanichnyi zhurnal*, 41(1), 46–49 (in Ukrainian).
- PROTOPOPOVA, V.V., SHEVERA, M.V. (2005) Fitoinvazii. I. Analiz osnovnykh terminiv [Phytoinvasions. I. Analysis of main terms]. *Promyshlennaya botanika*, 5, 55–60.
- RUDENKO, Kh. Yu., FODOR, S.S., RIZNYCHENKO, O.P. (1951) Materialy do flory Zakarpatskoi oblasti [Materials for the flora of Transcarpathian Region]. *Naukovi zapysky. Biolohichna seriya, Uzhhorodskiy derzhavnyi universytet*, IV: 17–43 (in Ukrainian).



- RUDENKO, Kh. Yu., FODOR, S. S., RIZNYCHENKO, O. P. (1954) Materialy do flory Zakarpatskoi oblasti [Materials for the flora of Transcarpathian Region]. *Naukovi zapysky. Biologichna seriya, Uzhhorodskiy derzhavnyi universytet*, X: 121–169 (in Ukrainian).
- SHYNDER, O. (2019a) Spontanna flora Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy (m. Kyiv). Povidomlennia 2. Metodolohichni problemy i kryterii vydilennia erhaziofitiv v umovakh introduktsiynoho tsentru [Spontaneous flora of the M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv). 2 messages. Methodological problems and criteria of determination of ergasiophytes in condition of introduction centers]. *Introduktsiia roslyn* [Plant Introduction], 2, 3–16. (in Ukrainian). DOI: 10.5281/zenodo.32409955.
- SHYNDER, O. (2019b) Spontanna flora Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy (m. Kyiv). Povidomlennia 4. Adventyvni vydy: ksenofity [Spontaneous flora of the M. M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv). 4 messages. Alien species: xenophytes]. *Introduktsiia roslyn* [Plant Introduction], 4, 18–33. (in Ukrainian). DOI: 10.5281/zenodo.3566608.
- SOVA, P. P. (2014) *Sedye zamky povestvuyut* [The gray castle tell stories]. *Uzhhorod. Karpaty* (in Ukrainian).
- TERLETSKYI, V.K., FODOR, S.S., Hladun, Y.D. (1985) *Botanichni skarbnyci Karpat* [Botanical treasures of the Carpathians]. Uzhhorod: Karpaty. (in Ukrainian)

### Додаток

#### Анотований конспект спонтанної флори території припаркового ансамблю Чинадіївського замку «Сент Міклош»

У конспекті флори наведено імміграційний елемент (Imm.: місцевий, ксенофіт, ергазіофітофіт, ергазіофіт акліматизований); для чужорідних видів указано час занесення (археофіт, кенофіт); життєву форму (L.f.); еколого-ценотичну приуроченість (Hab.); природний ареал для місцевих видів рослин (Range) і походження – для чужорідних (Orig.).

#### Хвощі

Equisetaceae

- Equisetum arvense* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Голарктичний

#### Папороті

Aspleniaceae

- Asplenium ruta-muraria* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Наскельний. – Range.: Голарктичний
- Asplenium scolopendrium* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Наскельний. – Range.: Голарктичний

Dryopteridaceae

- Dryopteris filix-mas* (L.) Schott Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Голарктичний

#### Покритонасінні (Monocots)

Amaryllidaceae

- Allium ursinum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський

Cyperaceae

- Carex hirta* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське

Liliaceae

- Gagea lutea* (L.) Ker Gawl. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Євразійський

Poaceae

- Alopecurus pratensis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський

- Arrhenatherum elatius* (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl

Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське

- Avenula pubescens* (Huds.) Dumort. Imm.: Місцевий. –

L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський

- Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv. Imm.:

Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний

- Bromus arvensis* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.:

Трава одно-, дворічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське

- Bromus hordeaceus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава

однорічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний

- Bromus tectorum* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). –

L.f.: Трава однорічна – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське

- Bromus sterilis* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.:

Трава однорічна – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське

- Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muhl. Imm.:

Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське

- Dactylis glomerata* L. subsp. *glomerata* Imm.:

Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний

- Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv. Imm.: Ксенофіт

(археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південно-східноазійське

- Elymus repens* (L.) Gould Imm.: Місцевий. – L.f.:

Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний

20. *Eragrostis minor* Host Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південноєвропейське
21. *Eragrostis pilosa* (L.) P.Beauv. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Псамофіт. – Orig.: Азійське
22. *Festuca rupicola* Neuff. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Степовий
23. *Hordeum murinum* L. subsp. *murinum* Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава одно-, дворічник. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
24. *Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
25. *Lolium perenne* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
26. *Poa annua* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Плурирєгіональний
27. *Poa compressa* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Петрофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
28. *Poa pratensis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Голарктичний
29. *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава одно-, дворічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
30. *Setaria viridis* (L.) P.Beauv. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
31. *Triticum aestivum* L. Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Азійське
- Покритонасінні (Eudicots)**
- Amaranthaceae**
32. *Amaranthus powellii* S.Watson Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Центральна та Південноамериканський
33. *Amaranthus retroflexus* L. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
34. *Atriplex patula* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Голарктичний
35. *Chenopodium album* L. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
36. *Chenopodium betaceum* Andrz. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
37. *Lipandra polysperma* (L.) S.Fuentes, Uotila & Vorsch Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Європейсько-середземноморське
- Ariaceae**
38. *Daucus carota* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
39. *Heracleum sibiricum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
40. *Heracleum sosnowskyi* Manden. Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Лучний. – Orig.: Кавказьке
41. *Pimpinella saxifraga* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євро-сибірський
42. *Torilis arvensis* (Huds.) Link. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
- Araliaceae**
43. *Hedera helix* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Ліана. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейсько-середземноморський
- Asparagaceae**
44. *Asparagus officinalis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
- Asteraceae**
45. *Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Бореальний
46. *Ambrosia artemisiifolia* L. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
47. *Arctium lappa* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
48. *Artemisia absinthium* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Ірано-Туранське
49. *Artemisia verlotiorum* Lamotte Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Азійське
50. *Artemisia vulgaris* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Голарктичний
51. *Bellis perennis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморський
52. *Centaurea jacea* L. subsp. *jacea* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
53. *Centaurea stoebe* subsp. *australis* (Pančić ex A.Kern.) Greuter Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Петрофіт. – Range.: Субсередземноморський
54. *Cichorium intybus* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт) – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
55. *Cirsium arvense* (L.) Scop. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
56. *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
57. *Chondrilla juncea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Субсередземноморське
58. *Crepis capillaris* (L.) Wallr. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Західноєвропейське



59. *Erigeron annuus* (L.) Desf. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
60. *Eupatorium cannabinum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Європейсько-середземноморське
61. *Galinsoga parviflora* Cav. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південноамериканське
62. *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південноамериканське
63. *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet var. *scabra* (Dunal) Fernald Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
64. *Helianthus tuberosus* L. Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
65. *Lactuca serriola* L. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – Трава одно-, багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
66. *Lapsana communis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однор. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний
67. *Leucanthemum vulgare* Lam. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
68. *Picris hieracioides* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
69. *Pilosella bauhini* (Schult.) Arv.-Touv. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
70. *Pilosella officinarum* Vaill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
71. *Pilosella piloselloides* (Vill.) Soják subsp. *magyarica* (Peter) S.Brđut. & Greuter Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
72. *Scorzoneroideis autumnalis* (L.) Moench Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
73. *Senecio vulgaris* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
74. *Solidago canadensis* L. Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт) – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
75. *Sonchus asper* (L.) Hill Imm.: Ксенофіт (археофіт). – Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
76. *Sonchus oleraceus* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
77. *Tanacetum vulgare* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
78. *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. s.l. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
79. *Tragopogon dubius* subsp. *major* (Jacq.) Vollm. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Субсередземноморський  
Balsaminaceae
80. *Impatiens parviflora* DC. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: лісовий. – Orig.: Центральноазійське  
Betulaceae
81. *Betula pendula* Roth Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський  
Boraginaceae
82. *Cynoglossum officinale* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). L.f.: Трава дворічна. – Hab.: Синантропний. Orig.: Середземноморське
83. *Echium vulgare* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний, лучний. – Range.: Палеарктичний
84. *Myosotis stricta* Link ex Roem. & Schult. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однор. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
85. *Symphytum officinale* L. subsp. *officinale* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський  
Brassicaceae
86. *Alliaria petiolata* (M.Bieb.) Cavara & Grande Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний
87. *Barbarea vulgaris* W.T.Aiton Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Західноєвропейський
88. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. Imm.: Ксенофіт (археофіт). Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Західносередземноморське
89. *Diploaxis muralis* (L.) DC. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південноєвропейське
90. *Draba verna* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний
91. *Lepidium campestre* (L.) W.T.Aiton Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
92. *Lepidium ruderales* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Ірано-туранське
93. *Lobularia maritima* (L.) Desv. Imm.: Ергазіофігофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
94. *Rhaphospermum arvense* (L.) Andr. ex Besser Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
95. *Rorippa sylvestris* (L.) Besser Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Голарктичний  
Cannabaceae
96. *Humulus lupulus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Євразійський  
Caryophyllaceae
97. *Dipsacus fullonum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Субсередземноморський

98. *Dipsacus laciniatus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Субсередземноморський
99. *Knautia arvensis* (L.) Coult. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
- Caryophyllaceae
100. *Cerastium glomeratum* Thuill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
101. *Cerastium holosteoides* Fr. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
102. *Cerastium pumilum* Curtis Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Європейсько-середземноморське
103. *Holosteum umbellatum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
104. *Psammophiliella muralis* (L.) Ikonn. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Євразійський
105. *Saponaria officinalis* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Orig.: Середземноморське
106. *Silene flos-cuculi* (L.) Greuter & Burdet Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
107. *Silene latifolia* Poir. subsp. *alba* (Miller) Greuter & Burdet Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
108. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
109. *Spergularia rubra* (L.) J.Presl & C.Presl Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Палеарктичний
110. *Stellaria graminea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
111. *Stellaria media* (L.) Vill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Плурирегіональний
- Convolvulaceae
112. *Calystegia sepium* (L.) R.Br. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Плурирегіональний
113. *Convolvulus arvensis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний
114. *Cuscuta epithymum* (L.) L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний
- Cornaceae
115. *Cornus sanguinea* subsp. *australis* (C.A. Mey.) Jb. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Субсередземноморський
- Crassulaceae
116. *Sedum sexangulare* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Центральноєвропейський
- Eucommiaceae
- \*! *Eucommia ulmoides* Oliv. Imm.: Ергазіофіт акліматизований (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Культурний. – Orig.: Східноазійське
- Fabaceae
117. *Astragalus glycyphyllos* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
118. *Genista tinctoria* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущик. – Hab.: Узлісний, Боровий. – Range.: Євро-сибірський
119. *Lotus corniculatus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
120. *Medicago lupulina* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Палеарктичний
121. *Medicago falcata* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
122. *Medicago sativa* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Східносередземноморський
123. *Medicago* × *varia* Martyn Imm.: Ергазіо-кенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Гібридне
124. *Melilotus officinalis* (L.) Lam. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
125. *Ononis arvensis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущик. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
126. *Trifolium dubium* Sbth. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейсько-середземноморське
127. *Trifolium pratense* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
128. *Trifolium repens* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
129. *Vicia grandiflora* Scop. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Степовий
130. *Vicia sativa* L. subsp. *nigra* Ehrh. Imm.: Кенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Лучний. – Orig.: Середземноморське
- Hypericaceae
131. *Hypericum perforatum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Палеарктичний
- Juglandaceae
132. *Juglans regia* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Узлісний. – Orig.: Балкансько-Центральноазійський
- Lamiaceae
133. *Ajuga genevensis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейський
134. *Ballota nigra* L. Imm.: Кенофіт (археофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське

135. *Clinopodium acinos* (L.) Kuntze Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
136. *Clinopodium vulgare* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейсько-середземноморське
137. *Glechoma hederacea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Євразійський
138. *Lamium album* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Азійське
139. *Lamium maculatum* (L.) L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський
140. *Melissa officinalis* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
141. *Mentha longifolia* (L.) L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
142. *Mentha spicata* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
143. *Stachys palustris* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
144. *Origanum vulgare* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
145. *Thymus pulegioides* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Півкущик. – Hab.: Узлісний. – Range.: Центральноевропейський
- Lythraceae
146. *Lythrum salicaria* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Палеарктичний
- Malvaceae
147. *Malva pusilla* Sm. Imm.: Ксенофіт (археофіт). Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Резистентний
148. *Malva thuringiaca* (L.) Vis. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
149. *Tilia cordata* Mill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський
150. *Tilia × europaea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Євро-ц
- Oleaceae
151. *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (M.Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Orig.: Центральноеазійське
152. *Fraxinus excelsior* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський
- Onagraceae
153. *Epilobium dodonaei* Vill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Півкущик. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейсько-середземноморське
- Oxalidaceae
154. *Oxalis dillenii* Jacq. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
155. *Oxalis stricta* L. Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамерикансько-східноазійське
- Paraveraceae
156. *Chelidonium majus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
- Plantaginaceae
157. *Chaenorhinum minus* (L.) Lange Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Псамофіт. – Range.: Європейсько-середземноморське
158. *Linaria vulgaris* Mill. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
159. *Plantago lanceolata* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
160. *Plantago major* L. subsp. *major* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
161. *Plantago media* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
162. *Veronica arvensis* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
163. *Veronica chamaedrys* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
164. *Veronica filiformis* Sm. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
165. *Veronica hederifolia* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейсько-середземноморське
166. *Veronica persica* Poir. Imm.: Ергазіо-кенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
167. *Veronica polita* Fr. Imm.: Ксенофіт (археофіт ?). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське
168. *Veronica serpyllifolia* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
- Polygonaceae
169. *Fallopia dumetorum* (L.) Holub Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
170. *Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Голарктичний
171. *Persicaria maculosa* Gray Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Голарктичний
172. *Polygonum arenastrum* Boreau Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний



173. *Polygonum aviculare* L. subsp. *aviculare* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний
174. *Rumex crispus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Євразійський
175. *Rumex obtusifolius* L. subsp. *obtusifolius*. Imm.: Ксенофіт. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Західноєвропейське
176. *Rumex patientia* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Orig.: Середземноморсько-азійське
- Portulacaceae
177. *Portulaca oleracea* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Ірано-туранське
- Primulaceae
178. *Lysimachia arvensis* (L.) U.Manns & Anderb. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава одно-дворічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Південноазійське
- Ranunculaceae
179. *Clematis vitalba* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Ліана. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Європейсько-середземноморський
180. *Ranunculus acris* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Бореальний
181. *Ranunculus polyanthemos* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський
182. *Ranunculus sardous* Crantz Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Європейсько-середземноморське
- Resedaceae
183. *Reseda lutea* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське
- Rosaceae
184. *Argentina anserina* (L.) Rydb. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Болотний. – Range.: Плурирегіональний
- \*! *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach Imm.: Ергазіофіт акліматизований (кенофіт). – L.f.: Кущик. – Hab.: Культурний. – Orig.: Східноазійське
- \*! *Crataegus germanica* (L.) Kuntze Imm.: Ергазіофіт акліматизований (кенофіт). – L.f.: Кущ. – Hab.: Культурний. – Orig.: Західноазійське
185. *Crataegus monogyna* Jacq. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейсько-середземноморське
186. *Fragaria vesca* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Бореальний
187. *Geum urbanum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний
188. *Potentilla argentea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський
189. *Potentilla reptans* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Палеарктичний
190. *Prunus avium* (L.) L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейсько-середземноморське
191. *Prunus cerasifera* Ehrh. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Центральноазійське
192. *Rosa canina* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейсько-середземноморське
193. *Rosa dumalis* Bechst. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейсько-середземноморське
194. *Rubus caesius* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущик. – Hab.: Узлісний. – Range.: Палеарктичний
195. *Rubus fruticosus* L. s.l. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущик. – Hab.: Узлісний. – Range.: Центральноєвропейський
196. *Rubus montanus* Lib. ex Lej. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Центральноєвропейський
197. *Rubus* sp. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Центральноєвропейський
198. *Rubus* cf. *ulmifolius* Schott Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Узлісний. – Range.: Субсередземноморський
199. *Sanguisorba minor* Scop. subsp. *minor* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Європейсько-середземноморське
- Rubiaceae
200. *Galium mollugo* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лучний. – Range.: Європейський
- Salicaceae
201. *Populus alba* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний
202. *Populus* × *canadensis* Moench Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Синантропний. – Range.: Європейський
203. *Populus nigra* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Палеарктичний
204. *Salix purpurea* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Болотний. – Range.: Європейсько-середземноморське
- Sapindaceae
205. *Acer negundo* L. Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Північноамериканське
206. *Acer pseudoplatanus* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Range.: Центральноєвропейський
- Scrophulariaceae
207. *Verbascum lychnitis* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Палеарктичний
208. *Verbascum nigrum* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Європейський
- Simaroubaceae
209. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Imm.: Ергазіофітофіт (кенофіт). – L.f.: Дерево. – Hab.: Лісовий. – Orig.: Східноазійське



Solanaceae

210. *Solanum nigrum* subsp. *schultesii* (Opiz) Wessely Imm.: Ксенофіт (кенофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське

Urticaceae

211. *Urtica dioica* L. subsp. *dioica* Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Євразійський

Verbenaceae

212. *Verbena officinalis* L. Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморсько-ірано-туранське

Viburnaceae

213. *Sambucus nigra* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Кущ. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейсько-середземноморське

Violaceae

214. *Viola arvensis* Murray Imm.: Ксенофіт (археофіт). – L.f.: Трава однорічна. – Hab.: Синантропний. – Orig.: Середземноморське

215. *Viola hirta* L. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Узлісний. – Range.: Євразійський

216. *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Європейський

217. *Viola suavis* M.Bieb. Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава багаторічна. – Hab.: Лісовий. – Range.: Субсередземноморський

218. *Viola tricolor* subsp. *matutina* (Klokov) Valentine Imm.: Місцевий. – L.f.: Трава малорічна. – Hab.: Синантропний. – Range.: Східноєвропейський

## БІОАКУМУЛЯЦІЯ $^{40}\text{K}$ У РІЗНИХ ВИДАХ РИБ РІЧКОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Роман МАХІНЬКО

У статті представлено результати комплексного дослідження біоаккумуляції природного радіонуклідів  $^{40}\text{K}$  у тканинах чотирьох видів промислових риб (товстолобик *Hypophthalmichthys molitrix*, короп *Cyprinus carpio*, карась *Carassius auratus*, щука *Esox lucius*), виловлених у річці Здвиж Житомирської області в січні 2025 року. Проведено порівняльний аналіз концентрації  $^{40}\text{K}$  у різних анатомічних частинах риб – їстівній частині (м'язова тканина) і голові з внутрішніми органами. Вимірювання питомої активності  $^{40}\text{K}$  здійснювали методом гамма-спектрометрії з використанням сертифікованого обладнання згідно з міжнародними стандартами. Установлено, що найвищі показники питомої активності  $^{40}\text{K}$  зафіксовано в хижих видів риб – щуки (156,00 Бк/кг у м'язовій тканині та 113,00 Бк/кг у голові з внутрішніми органами), тоді як у рослиноїдних і всеїдних видів (товстолобик, короп) ці показники були значно нижчими (85,80 і 62,90 Бк/кг у м'язовій тканині відповідно). Виявлено закономірність концентрування  $^{40}\text{K}$  переважно в м'язовій тканині порівняно з головою та внутрішніми органами для всіх досліджуваних видів риб, що відрізняється від характеру розподілу техногенних радіонуклідів. Найбільша різниця і концентрації між анатомічними частинами тіла зафіксована в щуки (38,1 %) і товстолобика (43,5 %), тоді як для коропа й карася ця різниця становила 17,1 % та 18,8 % відповідно. Продемонстровано, що, на відміну від техногенних радіонуклідів ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), для яких типовим є накопичення в кістковій тканині й внутрішніх органах,  $^{40}\text{K}$  як фізіологічно активний елемент концентрується переважно в м'язовій тканині. Статистичний аналіз даних підтверджує видоспецифічність накопичення  $^{40}\text{K}$ , що пов'язано з трофічною спеціалізацією й особливостями метаболізму різних видів риб. Зафіксовані рівні вмісту  $^{40}\text{K}$  знаходяться в межах регіональних фонових значень для водойм Українського Полісся. Отримані результати мають вагомe значення для оцінювання радіоекологічного стану водних екосистем у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС і можуть бути використані для моніторингу якості водних біоресурсів і розроблення рекомендацій щодо їх безпечного використання.

**Ключові слова:** радіоекологія,  $^{40}\text{K}$ , біоаккумуляція, прісноводні риби, річка Здвиж, радіонукліди.

Кафедра екології, Поліський національний університет, Старий бульвар, 7, Житомир, Житомирська обл., 10002, Україна; e-mail: vse-svit@ukr.net

### **Bioaccumulation of $^{40}\text{K}$ in different fish species of river ecosystems of Zhytomyr Polissia Makhinko R.**

The article presents the results of a comprehensive study of bioaccumulation of the natural radionuclide  $^{40}\text{K}$  in tissues of four commercial fish species (silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*, common carp *Cyprinus carpio*, crucian carp *Carassius auratus*, pike *Esox lucius*) caught in the Zdvyzh River of Zhytomyr region in January 2025. A comparative analysis of  $^{40}\text{K}$  concentration in different anatomical parts of fish – edible part (muscle tissue) and head with internal organs – was conducted. Measurement of specific activity of  $^{40}\text{K}$  was performed by gamma spectrometry using certified equipment according to international standards. It was established that the highest indicators of specific activity of  $^{40}\text{K}$  were recorded in predatory fish species – pike (156.00 Bq/kg in muscle tissue and 113.00 Bq/kg in head with internal organs), while in herbivorous and omnivorous species (silver carp, common carp) these indicators were significantly lower (85.80 and 62.90 Bq/kg in muscle tissue, respectively). A pattern of  $^{40}\text{K}$  concentration predominantly in muscle tissue compared to the head and internal organs was revealed for all studied fish species, which differs from the distribution pattern of technogenic radionuclides. The greatest difference in concentration between anatomical body parts was recorded in pike (38.1 %) and silver carp (43.5 %), while for common carp and crucian carp this difference was 17.1 % and 18.8 %, respectively. It has been demonstrated that, unlike technogenic radionuclides ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), which typically accumulate in bone tissue and internal organs,  $^{40}\text{K}$  as a physiologically active element concentrates mainly in muscle tissue. Statistical analysis of the data confirms the species specificity of  $^{40}\text{K}$  accumulation, which is related to trophic specialization and metabolic characteristics of different fish species. The recorded levels of  $^{40}\text{K}$  content are within the regional background values for water bodies of Ukrainian Polissia. The obtained results are important for assessing the radioecological state of aquatic

*ecosystems in the long term after the Chernobyl accident and can be used for monitoring the quality of aquatic bioresources and developing recommendations for their safe use.*

**Key words:** radioecology,  $^{40}\text{K}$ , bioaccumulation, freshwater fish, Zdyvzh River, radionuclides.

Department of Ecology, Polissia National University, 7, Saryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr reg., 10002, Ukraine; e-mail: vse-svit@ukr.net

## Вступ

Радіоекологічний моніторинг водних екосистем залишається актуальним питанням для територій, що зазнали радіаційного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Особливий інтерес при цьому становлять водні біоресурси, оскільки прісноводні риби є не лише індикаторами стану гідроекосистем, а й важливим елементом харчового раціону населення (Махінко 2024а). Серед природних радіонуклідів особливу увагу привертає калій-40 ( $^{40}\text{K}$ ) – ізотоп калію з періодом напіврозпаду  $1,248 \cdot 10^9$  років, який є невід’ємним складником біохімічних процесів в організмах і має значну біологічну активність (Makhinko 2024b).

На відміну від техногенних радіонуклідів цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), стронцій-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ), які потрапили в навколишнє середовище внаслідок аварії на ЧАЕС (UNSCEAR 2022; Kong et al. 2022),  $^{40}\text{K}$  є природним радіонуклідом, що постійно наявний у всіх екосистемах. Однак динаміка його накопичення в організмах гідробіонтів залежить від багатьох факторів, включаючи трофічний рівень і спе-

цифіку метаболізму різних видів (Marenkov et al. 2010; Dvoretzkyi et al. 2016).

Територія Українського Полісся характеризується підвищеною чутливістю до радіаційного забруднення через особливості ландшафтно-геохімічних умов, що сприяють міграції радіонуклідів у системі «грунт-вода-гідробіонти» (State Institution «Ukrainian Hydrometeorological Institute» 2015). Тому дослідження біоаккумуляції  $^{40}\text{K}$  у промислових видах риб цього регіону має вагоме науково-практичне значення для оцінювання радіоекологічної ситуації та безпеки використання водних біоресурсів.

Мета дослідження – визначити особливості акумуляції природного радіонукліду  $^{40}\text{K}$  у різних анатомічних частинах прісноводних риб річки Здвиж Житомирської області, а також установити видоспецифічні закономірності цього процесу.

## Матеріал та методи

Польовий етап дослідження проведено 8 січня 2025 року на річці Здвиж поблизу села Карабачин, Брусилівського району, Житомирської області.

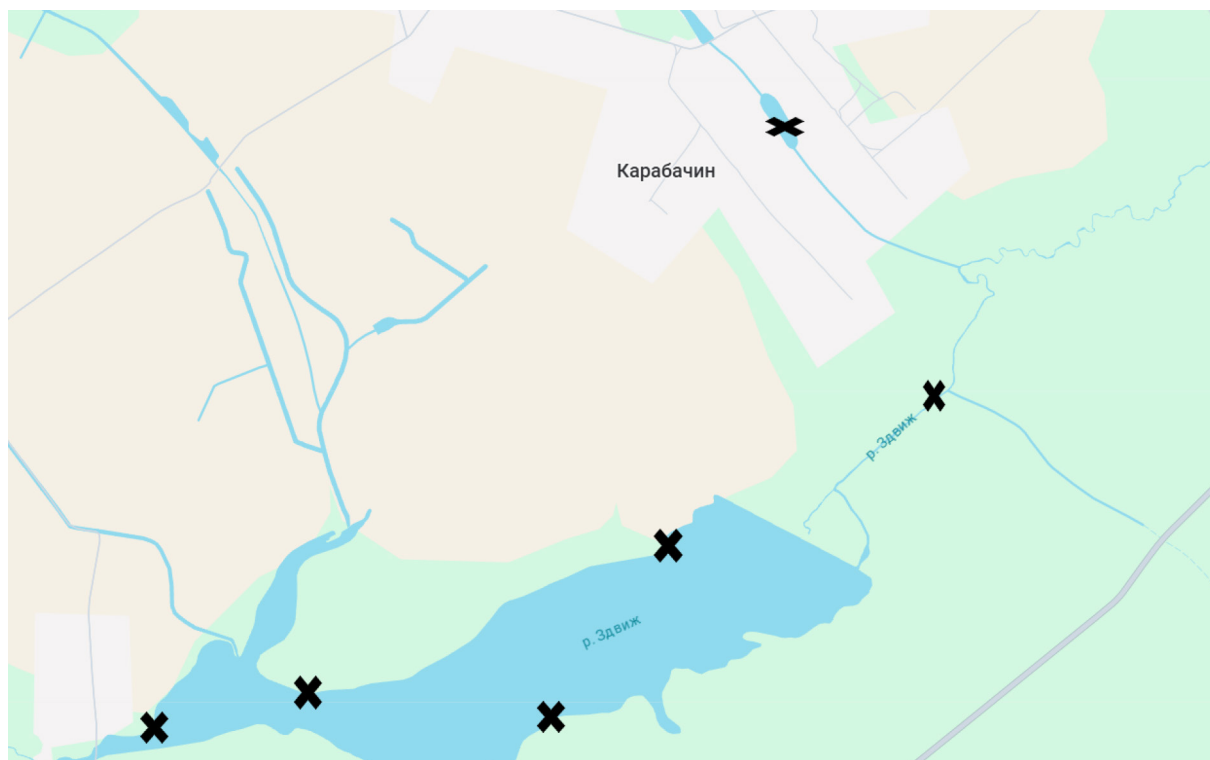


Рис. 1. Місця відбору проб на річці Здвиж (Житомирська область)

Fig. 1. Sampling sites on the Zdyvzh River (Zhytomyr region)

Вибір цього місця обґрунтований типовими гідрологічними умовами середнього перебігу річки, доступністю до водотоку та репрезентативністю проб для цілей гідроекологічного моніторингу (рис. 1).

У процесі дослідження виловлено чотири види риб, які характерні для іхтіофауни річкових екосистем Українського Полісся: товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844), короп (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), карась (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758), щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758). Для кожного зразка риби ділили на дві фракції – їстівну частину (м'язова тканина/туша) і голову з внутрішніми органами для окремого аналізу. Усього проаналізовано по три зразки кожного виду риб, тобто загалом 12 проб (4 види × 2 анатомічні частини × 3 зразки).

Аналітичні вимірювання здійснено у вимірювальній лабораторії Поліського національного університету, яка сертифікована відповідно до вимог ДСТУ ISO 10012:2005. Визначення питомої активності <sup>40</sup>K проводили методом гамма-спектрометрії. Для вимірювань застосовували спектрометр МКС-АТ1315 (виробник – АТОМТЕХ). Процедура включала два основні етапи:

Попереднє вимірювання фонового спектру (робочого й контрольного) протягом 3 годин із його збереженням у пам'яті приладу.

Аналіз наважок рибних проб, поміщених у спеціальні ємності типу Марінелли, з подальшим розміщенням у захисний блок спектрометра. Дослідження проводили на сирій масі без попередньої пробопідготовки. Для аналізу відбирали середні частини філе м'язової тканини без луски і шкіри. Ємності типу Марінелли заповнювали повністю з метою дотримання геометрії вимірювання.

Реєстрацію гамма-випромінювання здійснювали сцинтиляційним блоком з кристалом NaI(Tl) розміром 63 × 63 мм. Спектри обробляли в режимі

реального часу за допомогою програмного забезпечення SPTR.

Окрім цього, для контролю потужності експозиційної дози гамма-випромінювання використовували спектрометр-дозиметр МКГ-АТ1321, обладнаний сцинтиляційним детектором NaI (25 × 40 мм) і лічильником Гейгера-Мюллера. Вимірювання проводили в безперервному режимі в стандартних лабораторних умовах.

Статистичне оброблення результатів здійснювали за допомогою методів описової статистики з використанням середніх значень, стандартних відхилень і графіків варіацій. Усі дослідження виконували в межах науково-дослідної теми «Радіоекологічна оцінка водних біоресурсів у віддалений період після аварії на Чорнобильській атомній електростанції», зареєстрованої в МОН України (№ 0124U000593).

### Результати та обговорення

У межах виконання дослідження проаналізовано вміст радіонукліду <sup>40</sup>K у тканинах чотирьох видів риб, виловлених у річці Здвиж. З метою порівняння рівнів накопичення радіонукліду ділили на дві основні анатомічні частини: м'язову тканину (тушу) і голову з внутрішніми органами. Радіоактивність визначали з урахуванням стандартного відхилення (SD), яке становило в середньому 10 % від основного показника, що забезпечує належний рівень точності. Результати вимірювань представлено в таблиці 1.

Аналіз отриманих результатів виявив суттєві відмінності в акумуляції <sup>40</sup>K між різними видами риб. Найвищі показники питомої активності радіонукліду зафіксовано в щуки (*Esox lucius*) – хижого виду з верхівки трофічної піраміди водної екосистеми. У м'язовій тканині щуки питома активність <sup>40</sup>K становила 156,00 Бк/кг, а в голові з внутрішніми органами – 113,00 Бк/кг. Найнижчі концентрації <sup>40</sup>K виявлено в коропа (*Cyprinus*

Таблиця 1. Концентрація радіонукліду <sup>40</sup>K у тканинах риб із річки Здвиж, Бк/кг ( $n = 3$ ;  $P < 0,05$ )

Table 1. Concentration of radionuclide <sup>40</sup>K in fish tissues from the Zdvyzh River, Bq/kg ( $n = 3$ ;  $P < 0,05$ )

№ з/п	Шифр зразка	Вміст <sup>40</sup> K, Бк/кг ± SD
1	Товстолобик: голова, внутрішні органи	59,77 ± 5,9
2	Товстолобик: туша	85,80 ± 8,5
3	Короп: голова, внутрішні органи	53,70 ± 5,4
4	Короп: туша	62,90 ± 6,2
5	Карась: голова, внутрішні органи	98,50 ± 9,1
6	Карась: туша	117,00 ± 11,2
7	Щука: голова, внутрішні органи	113,00 ± 11,0
8	Щука: туша	156,00 ± 15,8



## Розподіл $^{40}\text{K}$ , Бк/кг, у різних частинах тіла риб

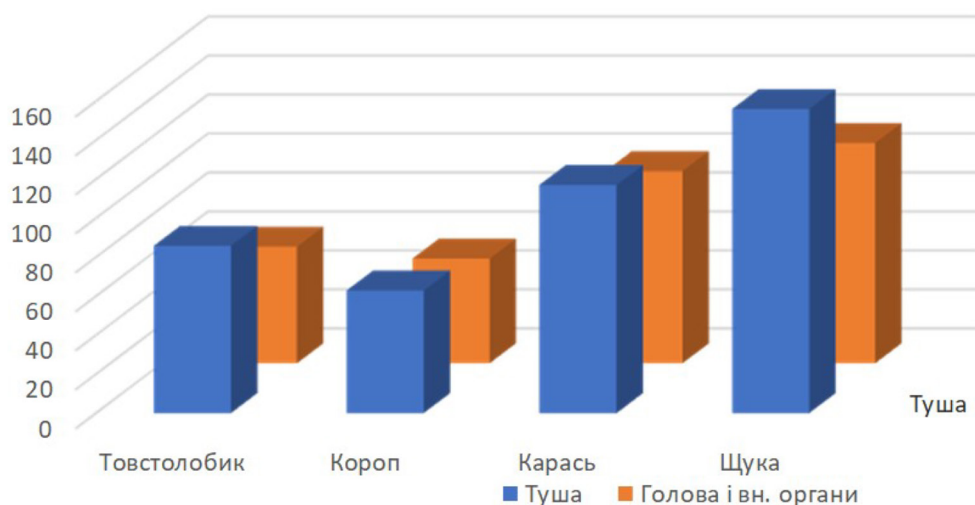


Рис. 2. Розподіл  $^{40}\text{K}$  в туші та голові (з внутрішніми органами) риб (2025 рік)

Fig. 2. Distribution of  $^{40}\text{K}$  in muscle tissue and head (with internal organs) of fish (2025)

саргіо) – 62,90 Бк/кг у м'язовій тканині та 53,70 Бк/кг у голові з внутрішніми органами. На рисунку 2 наведено порівняльну характеристику розподілу радіонуклідів  $^{40}\text{K}$  у тканинах різних видів риб.

Порівняльний аналіз розподілу  $^{40}\text{K}$  в різних анатомічних частинах риб показав, що для всіх досліджуваних видів характерне підвищене накопичення радіонукліду в м'язовій тканині порівняно з головою та внутрішніми органами. Різниця в концентрації між цими частинами була найбільш вираженою в щуки (38,1 %) і товстолобика (43,5 %), тоді як для коропа й карася ця різниця становила 17,1 % та 18,8 % відповідно.

Отримані результати демонструють чітку видоспецифічність накопичення  $^{40}\text{K}$  у тканинах риб різних екологічних груп. Найвищі показники радіоактивності в хижих видів (щука) порівняно з рослиноїдними й усеїдними (товстолобик, короп, карась) можна пояснити особливостями їхнього трофічного статусу та біологічною магніфікацією радіонуклідів у харчових ланцюгах водної екосистеми. Така закономірність узгоджується з результатами досліджень Маренкова та співавторів (Marenkov et al. 2010), які виявили подібну тенденцію для техногенних радіонуклідів у риб Дніпровського водосховища.

Отримані результати також узгоджуються з дослідженнями Дворецького та співавторів (Dvoretzkyi et al. 2016), які вивчали радіоекологічний стан водойм Придніпров'я. Автори встановили, що природний радіонуклід  $^{40}\text{K}$  більшою мірою акумулюється в м'язовій тканині іхтіофагів (хижих риб) порівняно з рослиноїдними видами,

що повністю підтверджується отриманими нами даними для щуки (хижак) і рослиноїдних видів (товстолобик, короп). Важливим є також висновок дослідників, що вміст радіонуклідів у рибі не перевищує допустимі рівні згідно з нормативами (Ministry of Health of Ukraine 1997; State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine 2005), але при цьому необхідний постійний моніторинг водних екосистем через потенційну небезпеку вторинного забруднення.

Важливим аспектом дослідження є виявлення підвищеної концентрації  $^{40}\text{K}$  у м'язовій тканині порівняно з головою та внутрішніми органами в усіх досліджуваних видів. Це відрізняється від характеру розподілу техногенних радіонуклідів ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), для яких типовим є підвищене накопичення в кістковій тканині та внутрішніх органах (Махінко 2024а). Такі відмінності пояснюються фізіологічною роллю калію як макроелементу, що бере активну участь у метаболічних процесах, особливо в енергетичному забезпеченні м'язової тканини.

Порівнюючи отримані дані з результатами досліджень інших водойм Українського Полісся (Махінко 2024b), можемо констатувати, що радіоекологічний стан річки Здвиж за вмістом природного радіонукліду  $^{40}\text{K}$  у промислових видах риб знаходиться в межах регіональних фонових значень і не викликає занепокоєння з погляду радіаційної безпеки.

Це також відповідає даним архівних спостережень Державного агентства України з управління зоною відчуження (State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management 2023), що фіксують

стабільні рівні природної радіоактивності в річкових системах Житомирського Полісся протягом останніх років.

Варто зазначити, що дослідження проводили в межах трьох ділянок річки Здвиж поблизу села Карабачин, що обмежує можливість просторової екстраполяції результатів на всю річкову систему. Надалі планується розширити вибірку за рахунок різних ділянок і сезонів.

Необхідно зазначити, що природний радіонуклід  $^{40}\text{K}$  має значно менший радіологічний ризик порівняно з техногенними радіонуклідами через його повсюдне поширення й адаптацію біологічних систем до його наявності протягом еволюції. Проте моніторинг його концентрації в промислових видах риби залишається важливим для комплексного оцінювання радіаційного навантаження на водні екосистеми й людину як кінцеву ланку трофічного ланцюга.

## Висновки

Виявлено чітку видоспецифічність накопичення природного радіонукліду  $^{40}\text{K}$  у тканинах прісноводних риби річки Здвиж, що проявляється в найвищих показниках питомої активності в хижого виду (щука) – 156,00 Бк/кг у м'язовій тканині та 113,00 Бк/кг у голові з внутрішніми органами.

Установлено закономірність розподілу  $^{40}\text{K}$  у різних анатомічних частинах риби, що характеризується підвищеною концентрацією радіонукліду в м'язовій тканині порівняно з головою та внутрішніми органами для всіх досліджуваних видів. Найбільш виражена різниця спостерігається в щуки (38,1 %) і товстолобика (43,5 %).

Зафіксовані рівні вмісту  $^{40}\text{K}$  у тканинах риби річки Здвиж знаходяться в межах регіональних фонових значень для водойм Українського Полісся й не становлять радіологічної небезпеки для споживачів рибної продукції.

Отримані дані можуть бути використані органами екологічного моніторингу, а також під час оцінювання санітарної безпеки виловленої риби в умовах постчорнобильського середовища.

Результатами можна скористатися для подальшого радіоекологічного моніторингу водних екосистем Полісся у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС і розроблення рекомендацій щодо безпечного використання водних біоресурсів.

## Подяка

Автор висловлює подяку співробітникам вимірювальної лабораторії Поліського національного університету за допомогу в проведенні аналітичних вимірювань.

- State Institution "Ukrainian Hydrometeorological Institute" (2015) *Analiz radiatsiinoho stanu navkolyshnoho seredovysshcha terytorii Ukrainy* [Analysis of the radiation state of the environment of the territory of Ukraine]. *Naukovi pratsi*, 53 (40), 87–92 (in Ukrainian).
- DVORETSKYI, A., SAPRONOVA, V., BAIDAK, L. MARENKOV, O. (2016) Radioecology of the Pridneprovie water ecosystems. *Visnyk ZhNAU*, 1(55), 283–290 (in Ukrainian).
- MAKHINKO, R. H. (2024a) Kompleksni zakhody po vidnovlenniu vodoim Zhytomyrskoho Polissia pislia Chornobylskoi katastrofy [Comprehensive measures for the restoration of water bodies in Zhytomyr Polissia after the Chornobyl disaster]. *Ekolohichni nauky*, 3(54), 57–63. (in Ukrainian). DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.7
- MAKHINKO, R. (2024b) Long-term consequences of the Chornobyl disaster for aquatic ecosystems: A retrospective analysis and prognosis. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 15(2), 58–67. DOI: 10.69628/esbur/2.2024.58
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2022) Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2020/2021 report (Vol. 2). New York: United Nations Publications. Available from: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/v22/035/31/pdf/v2203531.pdf>
- KONG, S., YANG, B., TUO, F., LU, T. (2022) Advance on monitoring of radioactivity in food in China and Japan after Fukushima nuclear accident. *Radiation Medicine and Protection*, 3(1), 37–42. DOI: 10.1016/j.radmp.2022.01.006
- MARENKOV, O. M., DVORETSKIY, A. I., BILOKON, G. S. (2010) Radionuclides contamination of industrial types of fish of Dnieper reservoir. *Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: Biology*, 2(43), 338–341 (in Ukrainian).
- Ministry of Health of Ukraine (1997) *Norms of radiation safety of Ukraine*. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text> (accessed: 20.04.2025).
- State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine (2005) *National report on compliance with the obligations under the joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management*. Kyiv: State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine. Available from: [https://snri.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/Annual%20Reports/National%20Reports%20JC/JC\\_2005.pdf](https://snri.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/Annual%20Reports/National%20Reports%20JC/JC_2005.pdf)
- State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management (2023) *Archival materials on the state of aquatic ecosystems in the Chornobyl exclusion zone*. Kyiv: State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. Available from: <https://dazv.gov.ua/> (accessed: 20.04.2025).

## ПРОСТОРОВО-БІОТОПІЧНИЙ РОЗПОДІЛ РІДКІСНИХ ВИДІВ ТВАРИН У ПРИТОКАХ БАСЕЙНУ РІЧКИ ІРПІНЬ (ПІВН. УКРАЇНА)

Микола ПРИЧЕПА, Юлія КОВАЛЕНКО

*Збереження біорізноманіття в трансформованих річкових системах є одним із ключових завдань екології, особливо в умовах урбанізації, сільськогосподарської експансії та кліматичних змін. Мета дослідження – оцінити просторові закономірності поширення рідкісних видів тварин у межах малих річкових систем на прикладі басейну річки Ірпінь і визначити екологічні чинники, що визначають їх присутність. Упродовж 2020–2025 рр. проведено інвентаризацію фауни у 18 притоках річки Ірпінь і виявлено 45 видів, занесених до Червоної книги України. Більшість із них пов'язані з водними (21 вид), лісовими (12 видів) і болотними (9 видів) біотопами. Показано, що найбільшу кількість раритетних видів реєстрували на рибогосподарських ставках (Нивка, Бобрися) і в межах мозаїчних ландшафтів Унави, Бучі й Куделі, де представлені лісові, болотні й лучні та чагарникові біотопи. Найменшу кількість видів зареєстровано на станціях, де були більш гомогенні біотопи або значну площу становили урболандшафти (1–6 видів). Однією з найбільш виражених особливостей просторового розподілу видів є реєстрація найбільшої кількості в долинах правобережних приток Ірпеня.*

*Установлено, що навіть в урбанізованих та аграрних умовах за наявності залишків природних екотопів або штучно створених каскадних водойм (рибгосподарських ставків) можливе збереження угруповань рідкісних видів. Найбільша кількість видів зафіксована в долинах, де збереглася складна просторово-біотопічна структура середовищ.*

*Результати дослідження підкреслюють важливу роль малих річок як осередків біорізноманіття і структурних елементів екологічної мережі. Отримані дані можуть слугувати підґрунтям для створення нових природоохоронних територій і планування заходів зі збереження ключових оселищ та екокоридорів у регіонах із високим антропогенним навантаженням.*

**Ключові слова:** рідкісні види, малі річки, біотопи, Ірпінь, фауна, природоохоронна.

*Інститут гідробіології НАН України, просп. Володимира Івасюка, 12, м. Київ, 04210, Україна; e-mail: Prichepa1987@ukr.net; kovalenkoyuliia888@gmail.com*

### ***Spatial and biotopic distribution of rare animal species in the tributaries of the Irpin River basin (Northern Ukraine)*** ***Prychepa M., Kovalenko Yu.***

*The conservation of biodiversity in transformed riverine systems is one of the key challenges in modern ecology, particularly under conditions of urbanization, agricultural expansion, and climate change.*

*This study aimed to assess the spatial patterns of rare animal species distribution within small river systems using the Irpin River basin as a case study, and to identify the ecological factors that determine their presence. Between 2020 and 2025, faunal inventories were conducted in 18 tributaries of the Irpin River, revealing 45 species listed in the Red Data Book of Ukraine. Most of these species were associated with aquatic (21 species), forest (12 species), and wetland (9 species) habitats.*

*The highest richness of rare species was recorded in fish farming ponds (e.g., Nivka, Bobrytsia) and in mosaically structured landscapes of the Unava, Bucha, and Kudelia river valleys, where forested, wetland, meadow, and shrub habitats coexist. In contrast, the lowest numbers of species (1–6 species) were found at sites dominated by homogeneous biotopes or extensive urban landscapes. One of the most striking patterns was the concentration of rare species in the valleys of the Irpin's right-bank tributaries.*

*It was found that even under urbanized and agricultural conditions, stable assemblages of rare species can persist if remnants of natural habitats or artificially created cascade ponds (fish farms) are present. The highest species richness was consistently associated with river valleys maintaining complex spatial and biotopic structures.*

*The results highlight the crucial role of small rivers as biodiversity hotspots and as structural components of ecological networks. The data obtained may serve as a foundation for the designation of new protected areas and for the planning of conservation actions aimed at preserving key habitats and ecological corridors in regions subject to high anthropogenic pressure.*

**Key words:** rare species, small rivers, biotopes, Irpin River, fauna, nature conservation.

## **Вступ**

Басейн річки Ірпінь охоплює частини Житомирської та Київської областей, має площу понад 3300 км<sup>2</sup> і належить до екорегіону Східні рівнини України (Grebin et al. 2016; Palamarchuk & Zakorchevna 2001). Більшість його приток зазнали істотної трансформації під впливом антропогенного навантаження – меліоративних заходів, інтенсивного сільськогосподарського використання, урбанізації, а з 2022 року також і бойових дій (Abramiuk et al. 2018; Medovnyk 2019; Ivanova et al. 2024). Попри загальні вказівки на збереження біотопічної мозаїчності в окремих притоках Ірпеня (Nakaz Ministerstva... 2021), бракує просторово деталізованих даних про поширення рідкісних видів і чинники їх присутності. Це ускладнює наукове обґрунтування природоохоронних рішень. Басейн Ірпеня також відіграє важливу роль як міграційний коридор для птахів і функціонування екологічної мережі на регіональному та міжрегіональному рівнях (Vasilyuk et al. 2019; Vogomaz et al. 2018).

Дослідження вказують на значний екологічний потенціал малих річок басейну Ірпеня як рефугіумів для збереження рідкісних видів і як ключових об'єктів охорони у світлі змін клімату, зниження водності й деградації середовищ існування (Verhoeven 2014; Prychepa et al. 2024). Актуальність вивчення таких територій зростає в умовах посилення антропогенного тиску й браку сучасних даних для ухвалення природоохоронних рішень.

Мета статті – оцінити сучасний стан фауни рідкісних видів тварин у басейні Ірпеня, а також проаналізувати просторові й біотопічні особливості їх розподілу.

## **Матеріал та методики**

Дослідження проводили протягом 2020–2025 років у всі сезони на 41 ділянці на 18 притоках басейну річки Ірпінь (рис. 1). Локації охоплювали різні середовища існування. Біотопи класифікували відповідно до Національного каталогу біотопів України (Borsukevich et al. 2018) і ділили на водні, болотні, лучно-трав'яні, чагарникові та лісові.

Для виявлення риб використовували підсаки/сачки для лову живця з невеликим вічком – приблизно 0,5 см (Романь 2016). Іхтіологічні дослідження проводили з квітня по листопад на відрізках річок довжиною 50–100 метрів: у прибережній смузі, серед рослин, на течії, серед каміння, повалених дерев. Під час проведення обстежень іден-

тифікували всіх раритетних безхребетних, що траплялися.

Наземних хребетних тварин (амфібій, рептилій, птахів і ссавців) реєстрували маршрутним методом. Для кожної ділянки прокладали маршрут довжиною від 1,5 до 3 км, ширина облікової смуги становила 100 м (по 50 м у кожен бік), а в лісових масивах – 50 м.

Спостереження за птахами проводили в період з 8:00 до 13:00 за відсутності дощу й сильного вітру, використовуючи оптичні прилади з різною роздільною здатністю (Bibby et al. 1998). Амфібій і рептилій виявляли як візуально, так і за характерними ознаками присутності. Для ссавців, крім прямих спостережень, ураховували сліди життєдіяльності: сліди лап, послід, залишки їжі тощо. Частоту траплення (F) для кожного виду визначали на 18 притоках як відсоток виду на пробних ділянках/станціях до всієї кількості дослідних станцій, на яких він реєструвався:  $F = \text{кількість дослідних станцій, де зареєстрований вид/загальна кількість станцій} \times 100 \%$  (Kosco 2007). Додатково ураховували дані з відкритої бази спостережень *iNaturalist*, а також результати попередніх досліджень фауни регіону (Prychepa et al. 2024; Letytska et al. 2024; Zorina-Sakharova, Letytska 2024).

## **Результати та обговорення**

У межах 18 приток річки Ірпінь виявлено 45 видів тварин, занесених до Червоної книги України, з нерівномірним розподілом між ділянками, що зумовлено різним рівнем урбанізації, трансформацією заплави і структурною складністю біотопів: найвища урбанізованість (66,5–86,7 %) – у долинах із забудовою або меліорацією (Рокач, Мощунка, Тростинка). Попри очікуваний негативний вплив урбанізації, реєструється 6–10 раритетних видів. Проте все ж найбільша кількість раритетної фауни (від 17 до 29 видів) зустрічається біля приток зі збереженою природною мозаїкою, лісовими масивами або каскадами ставків (Бобриця, Нивка, Буча, Унава) (урбанізованість – 2,6–25,3 %). Варто відзначити, що передусім найбільше видів реєструється на рибогосподарських ставках на річці Нивка – 21 вид, і на річці Бобриця – 29 видів. Натомість найнижча кількість видів (1–6 видів) спостерігаються в основному на лівих притоках, які протікають через однорідні аграрно-трансформовані ландшафти з фрагментованими ектопами. Ці річки здебільшого меліоровані, з випрямленими руслами й відсутністю



Таблиця 1. Біотопічна характеристика в досліджуваних притоках

Table 1. Biotopic characteristics in the studied tributaries

Назва	Відсоток урбанізованих територій	Біотопи				
		водні	лучні	болотні	чагарникові	лісові
р. Свинорийка	15,1	*	*	**	—	**
р. Відьманка	41,4	*	—	*	—	**
р. Лупа	80,4	**	*	—	*	**
р. Шишкарівка	41,3	**	—	—	—	—
р. Унава	2,6	*	**	*	*	**
р. Плиська	57,8	**	—	**	—	**
р. Куделя	25,3	**	*	**	**	**
р. Трубище	67,4	**	**	**	*	**
р. Бобриця	71,7	**	*	—	—	—
р. Тростинка	77,1	**	—	—	—	**
р. Кочур	86,7	**	*	—	*	*
р. Нивка	26,8	**	*	*	*	**
р. Любка	22,2	*	—	**	—	**
р. Буча	39,5	**	**	**	*	**
р. Горенка	45,1	**	*	*	*	**
р. Котурка	59,3	**	—	—	—	**
р. Рокач	69,5	**	*	*	*	*
р. Мощунка	66,5	*	*	—	*	*

Примітка: \* – від 1 до 30 % від досліджуваної ділянки притоки; \*\* – від 30 до 100 % від досліджуваної ділянки притоки.

заплав, лісових смуг або водойм із природними берегами. Тому більша кількість видів виявлена в правих притоках Ірпеня, у яких зберігається природна мозаїчність середовищ.

Щодо водної фауни, то реофільні види риб (*Alburnoides rossicus*, *Leuciscus leuciscus*) переважають у руслових ділянках річок Куделя та Буча, тоді як у ставках річок Котурка, Відьманка й Лупа зареєстровано *Carassius carassius*. Поміж хребетних тварин у басейні Ірпеня найчастіше реєструється *Haliaeetus albicilla*, *Clanga pomarina*,

*Columba oenas*, *Milvus migrans*, *Circus pygargus*, *Circaetus gallicus*, *Lanius excubitor*, *Ciconia nigra* та *Circus cyaneus*, з частотою виявлення на дослідних станціях у межах 44,4–72,2 %.

Таким чином, на правобережній стороні басейну річки Ірпінь виявлено 36 раритетних видів, а на лівобережній – 28.

Найсприятливішими для збереження рідкісної фауни можна виділити болотні й заплавні луки (рис. 2), які формують водно-міграційне середовище з високим рівнем структурної різноманіт-

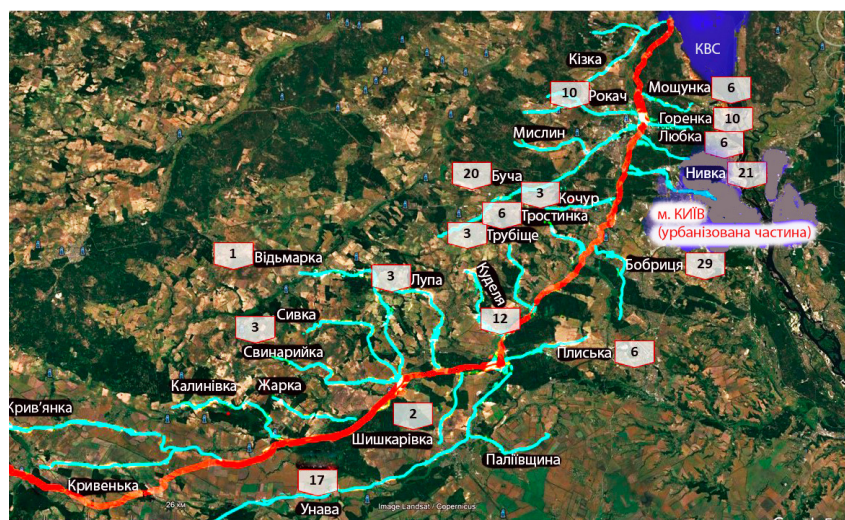


Рис. 1. Картосхема реєстрацій видів, унесених до Червоної книги України, в басейні річки Ірпінь

Fig. 1. Map chart of species listed in the Red Data Book of Ukraine recorded in the Irpin River basin

Таблиця 2. Видовий склад рідкісних тварин, виявлених у досліджених притоках річки Ірпінь

Table 2. Species composition of rare animals recorded in the studied tributaries of the Irpin Rive

№ з/п	Вид	Станції																			F%
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	<i>Anadonta cygnea</i> Linnaeus, 1758	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8	
2	<i>Pseudanodonta camplanata</i> (Rossmassler, 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	5,5	
3	<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,2	
4	<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
5	<i>Hirudo medicinalis</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
6	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	16,7	
7	<i>Alburnoides rossicus</i> Berg, 1924	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
8	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	-	16,7	
9	<i>Triturus cristatus</i> Laurenti, 1768	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
10	<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
11	<i>Podiceps auritus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
12	<i>Podiceps grisegena</i> (Boddaert, 1758)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
13	<i>Phalacrocorax pygmeus</i> (Pallas, 1773)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
14	<i>Phatalea leucorodin</i> , Linnaeus, 1758*	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
15	<i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus, 1758)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	55,6	
16	<i>Grus grus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,3	
17	<i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
18	<i>Netta rufina</i> (Pallas, 1773)*	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
19	<i>Aythya nyroca</i> (Guldenstadt, 1770)	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
20	<i>Bucephala clangula</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,7	
21	<i>Mergus serrator</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
22	<i>Mareca strepera</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
23	<i>Tringa stagnatilis</i> (Bechstein, 1803)	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	
24	<i>Limosa limosa</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,7	
25	<i>Charadrius hiaticula</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
26	<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	
27	<i>Haematopus ostralegus</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	

Продовження таблиці 2

Continuation of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
28	<i>Numenius arquata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
29	<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
30	<i>Sterna albifrons</i> (Pallas, 1764)	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
31	<i>Hydroprogne caspia</i> (Pallas, 1770)	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
32	<i>Columba oenas</i> Linnaeus, 1758	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	61,1
33	<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	27,8
34	<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	72,2
35	<i>Milvus milvus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
36	<i>Haliaeetus albicilla</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	44,4
37	<i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
38	<i>Circus gallicus</i> (Gmelin, JF, 1788)	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-	66,7
39	<i>Clanga clanga</i> (Pallas, 1811)	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,2
40	<i>Clanga pomarina</i> (Brehm, CL, 1831)	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	44,4
41	<i>Circus cyaneus</i> (Linnaeus, 1758)	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	55,6
42	<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	50
43	<i>Lanius excubitor</i> Linnaeus, 1758	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	55,6
44	<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
45	<i>Alces alces</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	27,8
Усього		6	10	11	21	20	29	6	12	17	1	3	3	3	6	6	3	5	2	

Примітка: А – р. Мощунка, В – р. Рокач, С – р. Горенка, D – р. Нивка, Е – р. Буча, F – р. Бобринця, G – р. Любка, H – р. Куделя, I – р. Унава, J – р. Відьманка, K – р. Лупа, L – р. Свинорийка, M – р. Кочур, N – р. Плиська, O – р. Тростинка, P – р. Трубище, Q – р. Котурка, R – р. Шишкарівка. F2 – частота трапляння виду %.

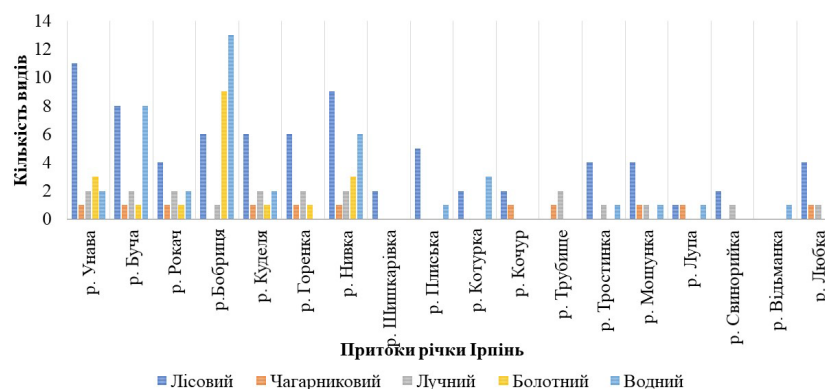


Рис. 2. Розподіл видів у межах різних біотопів

Fig. 2. Distribution of species within different biotopes

ності, наявністю укриттів і мінімальним антропогенним впливом. Лісові біотопи також мають істотне значення передусім для дендрофільних видів. До пріоритетних ділянок з погляду охорони видів, занесених до Червоної книги України, варто зарахувати долини річок: Бобриці, Бучі й Унави – завдяки мозаїчному поєднанню лісів, луків і заплав; а також річку Нивку, яка, незважаючи на урбанізованість басейну, має лісовий екокоридор («Голосіївський парк») уздовж рибогосподарських ставків.

Результати частотного аналізу показали, що найчастіше реєструвалися *Haliaeetus albicilla*, *Columba oenas*, *Clanga pomarina*, *Milvus migrans*, *Circus pygargus*, *Circaetus gallicus*, *Lanius excubitor*, *Ciconia nigra* та *Circus cyaneus* на 44,4–72,2 % обстежених ділянок.

Найбільша кількість рідкісних видів пов'язана з лісовими та водно-болотними біотопами. Загалом поміж виявлених «червонокнижних» видів можемо зазначити такі: 2 види бабок, 2 види молюсків, 1 вид п'явок, 3 види риб, 1 вид амфібій, 1 вид рептилій, 33 види птахів, а також 2 види ссавців, що свідчить про важливість басейну річки Ірпінь як осередку збереження водно-залежного й прибережного раритетного біорізноманіття.

Просторовий розподіл рідкісних видів у басейні річки Ірпінь зумовлений поєднанням природних та антропогенних чинників, серед яких ключовими є структура ландшафтів, рівень урбанізації, сільськогосподарська експлуатація, меліоративні перетворення заплав і гідрологічна регуляція русла річок. Різноманіття біотопів, представлених луками, болотами, лісами, чагарниками, а також водоймами, формують основу для існування раритетної фауни, чутливої до змін середовища. Найбільшу кількість «червонокнижних» видів виявлено на ділянках із мозаїчним ландшафтом, у яких поєднуються заплавні ліси, заболочені луки й русла малих річок, що характерно для деяких лівих приток Ірпеня (Бучі та Куделі). Варто зауважити, що попередні дослідження показали помітні зміни у видовому складі та структурі іхтіофауни річки Ірпінь і її приток унаслідок бойових дій у 2022–2023 роках (Prychepa et al. 2024). Це підкреслює потребу подальших моніторингових досліджень, адже ці мозаїчні території забезпечують середовищем існування й міграційними коридорами насамперед птахів. Саме тут сформовані угруповання низки раритетних видів, передусім журавля сірого, лелеки чорного, сорокопуда сірого, підорлика малого, шуліки чорного, змієїда тощо. Натомість у гомогенних ландшафтах, зокрема агроландшафтах із випрям-

леними руслами, низькою зволоженістю, розораними заплавами й відсутністю буферної рослинності, спостерігається значно менша кількість видів. Значну частину таких ділянок становлять річки, що протікають через сільськогосподарські угіддя. Урбанізовані ділянки також можуть мати низьку кількість видів, однак за наявності острівних лісів, ставків, заболочених ділянок тощо зберігається екологічна цінність. Тому, можливо, стан прибережних екотопів, а не ступінь урбанізованості визначає високу природоохоронну цінність певних ділянок.

Лісові екотопи є особливо важливими для підтримання чутливих до відкритих і трансформованих середовищ видів. Саме на ділянках із різновіковими й різнотипними лісами фіксується *Triturus cristatus*, *Coronella austriaca* (<https://www.inaturalist.org/observations/58143668>) та *Alces alces*. Збереження видового багатства тісно пов'язано з екологічною складністю й гетерогенністю біотопів. Яскравим прикладом може слугувати досліджувана ділянка долини р. Нивка, де зареєстровано *Lutra lutra* (усне повідомлення І. Бабаніна).

Водно-болотні комплекси, екотонні зони між лісами й болотами, заболочені луки – ключові середовища для гніздування, годівлі та сезонних переміщень видів з охоронним статусом. Особливе значення мають також штучні водні об'єкти – каскадні й рибогосподарські ставки, які частково компенсують утрату природних біотопів. У таких водоймах утворюють скупчення представники фонові гідрофільної орнітофауни, а також не притаманні малим річкам Полісся види: *Phalacrocorax pygmeus* (<https://www.inaturalist.org/observations/193869289>), *Haematopus hiaemantopus*, *Hydroprogne caspia*. Останній вид у кількості від 1 до 7 особин реєструвався на ставках у долині р. Бобриця (квітень 2022–2024).

Таксономічна структура раритетних видів басейну річки Ірпінь очікувано вказує на переважання птахів. Менша частка безхребетних, земноводних, рептилій і ссавців, імовірно, пояснюється їх природно меншим видовим багатством.

Отже, малі річки та їх долини навіть в умовах антропогенного тиску є середовищем існування раритетної фауни. На прикладі басейну Ірпеня показано, що навіть трансформовані притоки зі збереженими природними екотопами зберігають високу природоохоронну цінність. Результати дослідження доповнюють попередні дані (Prychepa, Kovalenko 2024; Prychepa et al. 2024) і можуть слугувати науковим підґрунтям для створення заказників, екокоридорів і збереження вод-



но-болотних угідь у ширшому географічному контексті (Bogomaz et al. 2018; Vasilyuk et al. 2019).

## Висновки

Отже, з огляду на викладене вище, можемо резюмувати таке:

1. У басейні Ірпеня виявлено 45 видів із Червоної книги України. 36 видів трапляється в мозаїчних біотопах правобережних приток, а 28 видів – на антропогенно зміненому лівобережжі.

2. Штучні рибогосподарські ставки слугують оселищами для значної кількості гідрофільних видів. Упродовж досліджень зареєстровано

не властиві малим річкам Полісся види, а саме: *Himantopus himantopus*, *Hydroprogne caspia*, *Platalea leucorodia*.

3. Переважання птахів і часта реестрація хижих видів свідчать про збережену екологічну функціональність приток навіть у трансформованих умовах.

4. Результати обґрунтовують необхідність включення збережених заплав і прибережних комплексів до природоохоронної мережі шляхом створення заказників та екологічних коридорів на регіональному й національному рівнях, а також збереження та відновлення малих річок.

ABRAMIUK, I. I., AFANASYEV, S. A., GUPALO, Ye. A. (2018) Structural characteristics of ichthyoplankton of the small regulated river in the Kyiv Polissya. *Hydrobiological Journal*, 54(2), 255–263.

BAKLAN MALYI, r. Bobrytsia. iNaturalist. Available from: <https://www.inaturalist.org/observations/193869289> (accessed: 22.04.2025).

BIBBY, C., JONES, M., MARSDEN, S. (1998) *Expedition field techniques: Bird surveys*. London: Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society.

BOGOMAZ, M. V., VASILYUK, O. V., ZAVOROTNA, G. V., KUCHMA, T. L., NEKRASOVA, O. D., PEREGRYM, M. M., PLYGA, A. V., POLYANSKA, K. V., PISHNYAK, D. V., PREKRASNA, E. P. (ed.) (2018) *Proektovanyi natsionalnyi pryrodnyi park "Pryirpinnia ta Cherechyi lis"*. 2-he vyd., dopovn. i pererobl. Ser. "Conservation Biology in Ukraine". Kyiv : UNCG, I.I. Schmalhausen Institute of Zoology. (in Ukrainian).

BORSUKEVICH, L. M., DIDUKH, Ya. P., KUZEMKO, A. A. et al. (2018) *Natsionalnyi kataloh biotopiv Ukrainy*. Kyiv : FOP Klymenko Yu. Ya. (in Ukrainian).

GREBIN, V. V., MOKIN, V. B., KRYZHANIVSKIY, Y. M., AFANASYEV, S. A. (2016) Optimization of hydrographic and water-management regionalization of Ukraine according to world approaches and principles of the EU water framework directive. *Hydrobiological Journal*, 52(5), 81–92.

IVANOVA, N. O., DUBNIAK, S. S., ZORINA-SAKHAROVA, K. Ye., LIETYTSKA, O. M., NEZBRYTSKA, I. M., POHORIELOVA, M. S., PRYCHEPA, M. V., AFANASYEV, S. O. (2024) Hydrological and morphological characteristics of the water bodies of the Irpin river basin in view of hostilities' impact. *Hydrobiological Journal*, 60(4), 82–99.

KOSCO, J. (2007) Zmeny ichtyocenoz povodia Torysy s dorazom na chranene a invazne druhill Natura Carpatica. ZLVIII. P. 127–140.

LETYTSKA, O. M., ZORINA-SAKHAROVA, K. E., AFANASIEV, S. O. (2024) Ridkisini perlivnytsevi (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) v baseini riky Irpin.

Poshyrennia raryetnoho bioriznomanittia v Ukraini. Ser. "Conservation Biology in Ukraine". Issue 38. Kyiv, Chernivtsi: Druk-Art. P. 217–219 (in Ukrainian).

PRYCHEPA, M. V., KOVALENKO, Yu. O. (2024) Vydovyi sklad ta struktura ikhtiofauny richky Horenka (basein r. Irpin) [Species composition and structure of the ichthyofauna of the Horenka river (Irpin basin)]. *Ekolohichni nauky*, 4(55). (in Ukrainian). DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.23

MEDOVNYK, D. V. (2019) Ecological-physiological features of native and invasive fish species in small rivers under different degree of transformation. *Hydrobiological Journal*, 55(4), 63–74.

MOVCHAN, Yu. V. (2011) *Ryby Ukrainy (Vyznachnyk-dovidnyk)* [Fishes of Ukraine (reference guide)]. Kyiv. (in Ukrainian).

NAKAZ MINISTERSTVA ZAKHYSTU DOVKILLIA TA PRYRODNYKH RESURSIV VID 19.01.2021 № 29. (2021) [Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources dated January 19, 2021 № 29]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#n19> (in Ukrainian).

PALAMARCHUK, M. M., ZAKORCHEVNA, N. B. (2001) *Vodnyi fond Ukrainy*. [Water Fund of Ukraine]. Dovidkovyi posibnyk. Kyiv. Nika Center. (in Ukrainian).

PRYCHEPA, M. V., KOVALENKO, Yu. O. (2024) Ridkisini vydy ptakhiv vodno-bolotnykh ta luchnykh uhid okremykh raioniv Kyivskoi oblasti [Rare bird species of wetlands and meadows in certain districts of Kyiv region]. *Distribution of Rare Biodiversity in Ukraine*. Ser. "Conservation Biology in Ukraine". Issue 38. Kyiv-Chernivtsi. (in Ukrainian).

PRYCHEPA, M. V., KOVALENKO, Yu. O., AFANASYEV, S. O. (2024) Reiestratsii ridkisykh ta vnesenykh do Rezoliutsii 6 Bernskoi konventsii vydiv ryb baseinu richky Irpin [Registration of rare and included in Resolution 6 of the Berne Convention fish species of the Irpin river basin]. *Distribution of Rare Biodiversity in Ukraine*. Ser. "Conservation Biology in Ukraine". Issue 38. Kyiv; Chernivtsi. P. 396–400 (in Ukrainian).

PRYCHEPA, M. V., KOVALENKO, Yu. O.,

- NEZBRYTSKA, I.M., LIETYTSKA, O.M., ZORINA-SAKHAROVA, K.Ye., DUBNIAK, S.S., IVANOVA, N.O., POHORIELOVA, M.S., SHEVCHENKO, T.F., AFANASYEV, S.O. (2025) Structure and distribution of Ichthyofauna in the Irpin River Basin after the hostilities' cessation in its catchment area. *Hydrobiological Journal*. 61(1), 13–27. DOI: 10.1615/HydrobJ.v61.i1.20.
- PRYCHEPA, M.V., KOVALENKO, Yu.O., PRYSHLYAK, S.P. (2023) Naslidky vplyvu viiny na ikhtiofaunu richky Irpin ta yii prytoky [Consequences of war impact on the ichthyofauna of the Irpin river and its tributaries]. In: Suchasna hidroekolohiia: mistse naukovykh doslidzhen u vyrishenni aktualnykh problem – Modern Hydroecology: the role of scientific research in addressing current challenges: Proc. VI Sci.-Pract. Conf. of Young Scientists (Kyiv, October 10–11, 2023). Kyiv : Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, P. 102–104 (in Ukrainian).
- ROMAN, A.M. (2016) Sposib vykorystannia sitky yak instrumentu dlia zboru ikhtiologichnoho materialu [Method of using a net as a tool for collecting ichthyological material]. Modern problems of theoretical and practical ichthyology: Materials of the IX international ichthyological scientific and practical conference (Odesa, September 14-16, 2016). Odessa State Ecological University, Odesa: TES, pp. 228–229 (in Ukrainian).
- TRYTON HREBINKASTYI. iNaturalist. Available from: <https://www.inaturalist.org/observations/58143668> (accessed: 22.04.2025).
- VASILYUK, O.V., VASHENYAK, Yu.A., KUZEMKO, A.A., KUTSOKON, Yu.K., LESNIK, V.V., MARUSHCHAK, O.Yu., MOISIENKO, I.I., OSKYRKO, O.S., SADOGURSKA, S.S. (2019) Terytorii, shcho proponuiutsia do vkluchennia u merezhu Emerald (Smarahdovu merezhu) Ukrainy (“tinovyi spysok”, chastyna 2) [Territories proposed for inclusion in the Emerald Network of Ukraine (“shadow list”, part 2)]. Kyiv, LAT & K. (in Ukrainian).
- ZORINA-SAKHAROVA, K.Ye., LETYTSKA, O.M. (2024) Babky Chervonoi knyhy Ukrainy v baseini riky Irpin [Dragonflies of the Red Book of Ukraine in the Irpin River Basin]. *Distribution of Rare Biodiversity in Ukraine*. Ser. “Conservation Biology in Ukraine”. Issue 38. Kyiv. P. 160–162 (in Ukrainian).

## МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ І ПАТОЛОГІЧНІ ЗМІНИ ЕРИТРОЦИТІВ БИЧКОВИХ РИБ РОДУ *PONTICOLA* ILJIN, 1927

Ірина РИЖКО

Бичкові риби роду *Ponticola* в екосистемі Чорного моря відіграють досить важливу роль, крім того, є об'єктами аматорського лову. Однак їх вивченню й досі присвячено невелику кількість наукових робіт. Літературні дані стосовно патологій крові представників роду *Ponticola* взагалі відсутні, оскільки такі дослідження частіше проводять на модельних організмах або видах із комерційним значенням.

У статті наводяться результати морфологічного аналізу й вивчення патологічних змін еритроцитів і їх ядер для бичка Пінчука *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), бичка кам'яного *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840) і бичка рудого *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874), виловлених у літньо-осінній період 2023 року в Одеській затоці Чорного моря. Кров для досліджень еритроцитів відбирали з хвостової вени, фіксували за стандартними методиками.

У циркулюючій крові всіх представників роду *Ponticola* виявлено наявність молодих, зрілих еритроцитів і клітин із патологічними змінами. Еритроцити бичка Пінчука були найбільшими за основними морфометричними показниками, для крові бичка рудого встановлено найвищу частоту знаходження еритроцитів з патологічними змінами.

Найбільш поширеними патологіями для представників роду *Ponticola* є зміни ядра (бобоподібне, лопастеподібне) і довільна деформація клітин.

Підвищена частота і значна різноманітність патологічних змін еритроцитів у всіх досліджених видів роду *Ponticola* свідчить про наявний негативний вплив факторів навколишнього середовища.

**Ключові слова:** еритроцити, патології клітин, кров риб, *Ponticola*, Одеська затока.

Кафедра фізіології, здоров'я і безпеки людини та природничої освіти, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Всеволода Змієнка, 2, Одеса, 65082, Україна; e-mail: [i.l.ryzhko@onu.edu.ua](mailto:i.l.ryzhko@onu.edu.ua)

### **Morphological analysis and pathological changes of erythrocytes of gobiidae fish of the genus *Ponticola* Iljin, 1927 Ryzhko I.**

Goby fish of the genus *Ponticola* in the Black Sea ecosystem play a rather important role, and are also objects of amateur fishing. However, a small number of scientific studies have been devoted to their study. Literary data on blood pathologies of *Ponticola* species are generally absent, as such studies are more often conducted on model organisms or commercially important species.

The work presents the results of a morphological analysis and the study of pathological changes in erythrocytes and their nuclei for the Pinchuk's goby *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), the ratan goby *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840), and the ginger goby *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874), caught during the summer-autumn period of 2023 in the Odessa Bay of the Black Sea. Blood for erythrocyte studies was taken from the tail vein and fixed using standard methods.

The presence of young, mature erythrocytes, and cells with pathological changes in the circulating blood of all representatives of the genus *Ponticola* was revealed. Erythrocytes of Pinchuk's goby were the largest in terms of basic morphometric parameters, and the highest frequency of erythrocytes with pathological changes was established for the blood of the ginger goby.

The most common pathologies for representatives of the genus *Ponticola* are nuclear changes (bean-shaped, lobular) and arbitrary cell deformation.

The increased frequency and significant variety of pathological changes in erythrocytes in all studied species of the genus *Ponticola* indicate the existing negative impact of environmental factors.

**Key words:** erythrocytes, pathology of cells, fish blood, *Ponticola*, Odesa Bay.

Department of Physiology, Human Health and Safety and Natural Science Education, I. I. Mechnikov Odesa National University, 2, Vsevoloda Zmiiienka Str., Odesa, 65082, Ukraine; e-mail: [i.l.ryzhko@onu.edu.ua](mailto:i.l.ryzhko@onu.edu.ua)

## Вступ

Кров відіграє надзвичайно важливу роль як у підтримці нормальної життєдіяльності організму, підтримуючи зв'язок між усіма його компонентами, так і в адаптивних реакціях (Esmaceli 2021; Esipova, Sharamok 2022; Sharamok et al. 2022; Nabi 2022). Дослідження показують, що морфологічні показники еритроцитів бичкових риб можуть змінюватися під впливом різноманітних факторів, таких як температура, хімічні забруднювачі, окислювальний стрес тощо (Kurchenko et al. 2019; Khomenchuk et al. 2021; Shmyhol, Esipova 2022). Патологічні зміни в еритроцитах здатні слугувати індикаторами генотоксичного ризику (Řehulka, Bradík, 2024). Хоча в нормальних умовах патологічні зміни клітин можуть проявлятися в незначних кількостях, однак за наявності дії негативного фактору середовища в крові риб може визначитися підвищена кількість незрілих еритроцитів, еритроцитів з аномаліями ядра (мікроядра, інвагінація ядра) чи самої клітини (зміни розмірів, форми тощо). Саме тому визначення морфологічних і морфометричних показників крові активно використовується для оцінювання стану природних і штучних популяцій риб, якості середовища та впливу різноманітних факторів.

Мета статті – дослідження морфологічних, морфометричних особливостей і патологічних змін еритроцитів представників бичкових риб роду *Ponticola* з Одеської затоки.

## Матеріал та методики

Матеріалом для дослідження послуговували самці бичка Пінчука *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), бичка кам'яного *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840) і бичка рудого *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874). Рибу отримали завдяки аматорському лову протягом літньо-осіннього періоду 2023 року в Одеській затоці (район Малого Фонтану). Відбирали виключно самців бичків за однаковими розмірно-масовими параметрами, що давало змогу запобігти помилкам, пов'язаним зі статевими та віковими змінами.

Проби крові для досліджень отримували з хвостової вени, мазки виготовляли й фарбували за стандартними методами (Kurchenko et al. 2019). Мазки аналізували за допомогою світлооптичного мікроскопа (40–100<sup>x</sup>). Для кожного еритроцита та його ядра вимірювали повздовжній і поперечний діаметр, за допомогою чого визначали показники подовженості й об'єму клітини.

Для кожної особини обчислювали 1000 еритроцитів, кількість клітин із патологічними змінами відображали у відсотках щодо загальної кількості еритроцитів.

Статистичне оброблення проводили за допомогою стандартних пакетів (STATISTICA 12) і програми (MS Excel).

## Результати та обговорення

На всіх мазках крові досліджуваних представників роду *Ponticola* виявлено присутність ядерних еритроцитів округлої (молоді клітини) й овальної (зрілі клітини) форми. У всіх бичкових зрілі клітини визначалися більшими показниками подовженого та меншими показниками поперечного розмірів. Середні показники подовженості для молодих еритроцитів становили 1,15, а для зрілих – 1,43.

Порівняння лінійних розмірів і значень об'єму встановило переважання за розмірами для еритроцитів бичка Пінчука. Найменшими за середніми розмірами виявилися клітини крові бичка рудого. Так, якщо подовжній розмір зрілих еритроцитів бичка Пінчука становив у середньому 12,9 мкм, то для бичка кам'яного та бичка рудого – 12,0 та 11,5 мкм відповідно. За поперечними розмірами й показниками об'єму клітини відрізнялися аналогічним чином. Повздовжні розміри й об'єми зрілих клітин перевищували відповідні показники молодих клітин. За формою та розмірами найбільш близькими були клітини бичка Пінчука й бичка кам'яного, що є цілком прогнозованим, адже ці два види не лише належать до одного роду, а й через подібність загальних морфологічних рис довгий час узагалі вважалися підвидами одного виду.

Серед гематологічних параметрів одним із найважливіших є співвідношення молодих і зрілих еритроцитів у циркулюючій крові. У разі всіх представлених видів визначено переважання молодих клітин. Їх середня кількість становила 75,3 % від загальної кількості еритроцитів. Отримані результати можна пояснити тим, що на момент відбору бичкові вже пройшли період нересту, після якого зазвичай відбувається прискорення еритропоезу й активне оновлення крові.

Дослідження морфометричних показників клітин крові має скоріше теоретичне значення, адже більшою частиною дає змогу встановити видові відмінності й підтверджує загальні відомості щодо особливостей крові риб. Але з практичного погляду задля оцінювання стану риб і впливу факторів середовища більш цікавим було вивчення патологічних змін еритроцитів і їх ядер, оскільки в нормі допускається лише незначна кількість і різноманітність патологій.

У крові досліджуваних представників роду *Ponticola* визначали еритроцити з різноманітними патологіями ядра та самої клітини. До патологічних змін ядер зараховують наявність мікроядерних



Таблиця 1. Частота знаходження патологічних форм еритроцитів у крові представників роду *Ponticola*  
 Table 1. Frequency of pathological forms of erythrocytes in the blood of representatives of the genus *Ponticola*

Вид	Частка риб без патологій, %	Частота еритроцитів із патологічними змінами, %	
		особини з одним типом патології	особини з двома й більше типами патологій
Бичок Пінчука	59 ± 1,71	5 ± 0,17	36 ± 1,44
Бичок кам'яний	59 ± 1,13	9 ± 0,20	32 ± 0,93
Бичок рудий	45 ± 1,08	11 ± 0,19	44 ± 1,22

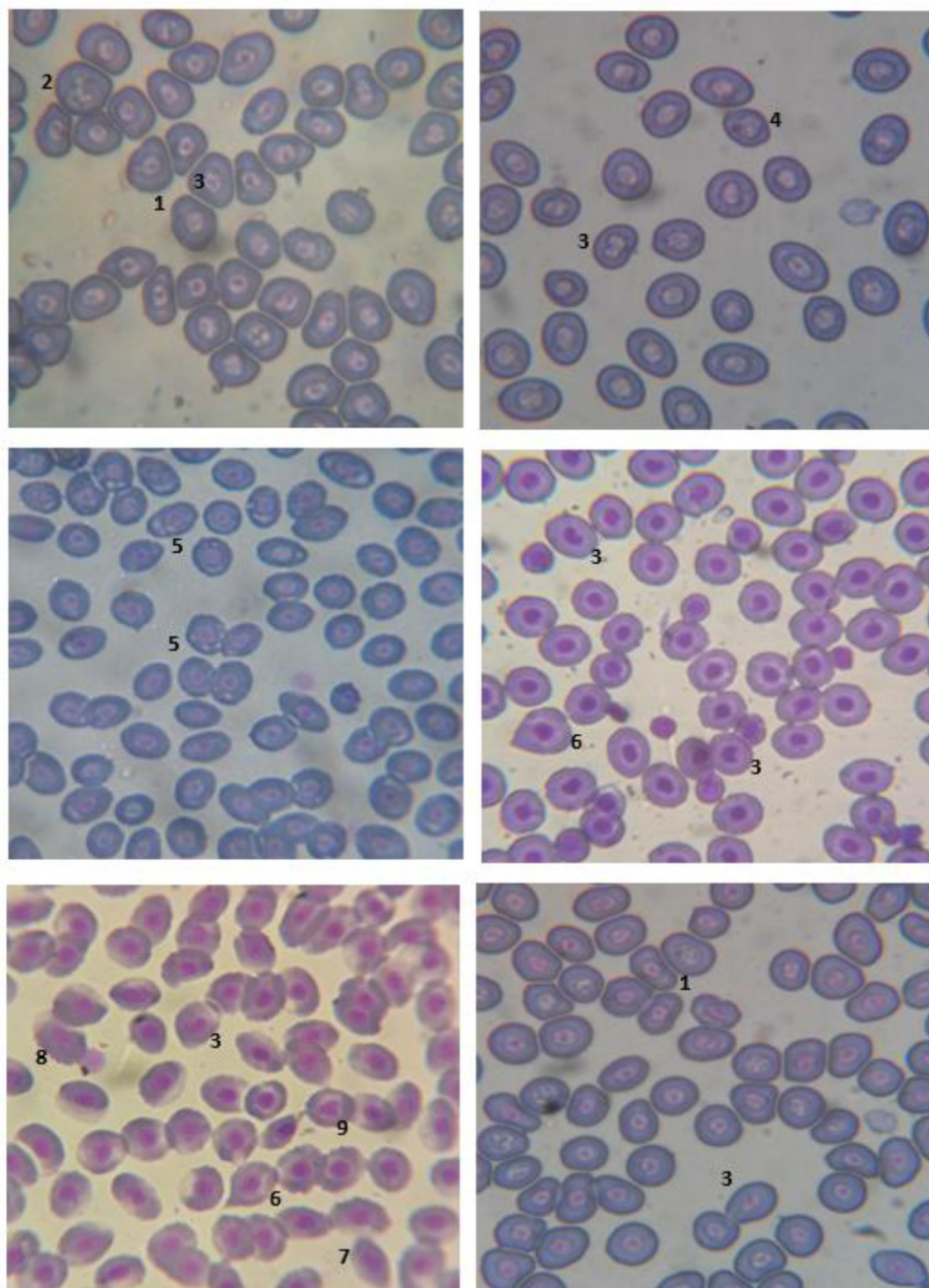


Рис. 1. Патології еритроцитів бичкових риб роду *Ponticola*: 1 – довільна деформація, 2 – лізис ядра, 3 – бобоподібне ядро, 4 – ацентричне ядро, 5 – вакуолізація цитоплазми, 6 – краплеподібна деформація, 7 – веретеноподібна деформація, 8 – фестончасті краї, 9 – лопастеподібне ядро

Fig. 1. Pathologies of erythrocytes of gobiidae fish of the genus *Ponticola*: 1 – arbitrary deformation, 2 – nuclear lysis, 3 – bean-shaped nucleus, 4 – acentric nucleus, 5 – vacuolization of the cytoplasm, 6 – drop-shaped deformation, 7 – spindle-shaped deformation, 8 – festooned cell membranes, 9 – lobed nucleus

включень (фрагменти ядра) та зміну форми ядра (бобоподібна форма або лопастеподібна замість округлої). Зазвичай за відсутності дії зовнішнього негативного фактору частота зустрічальності подібних патологій не перевищує 0,04 % (Talaratra, Banerjee 2007; Witeska 2013). Для всіх представлених бичкових визначено незначне відхилення від зазначеного показника. Найчастіше на мазках крові бичка кам'яного зустрічалися мікроядра й інші ядерні патології (0,41 % та 5,60 % від загальної кількості еритроцитів відповідно). У двох інших видів ці показники були нижчими й не перевищували 0,12 % (мікроядра) та 2,33 % (інвагінації ядра).

Окрім патологій ядра, визначали зміни самих еритроцитів. Частка риб без патологій становила в середньому 54 %, найбільш близькими за цими показниками були бичок Пінчука та бичок кам'яний. Для всіх представників роду *Ponticola* характерною була наявність одночасно щонайменше двох чи більше патологічних змін еритроцитів (таблиця 1). Найвищі показники встановлено для бичка рудого: 44 % особин містили більше ніж два типи патологій на мазках крові.

У крові бичка Пінчука, бичка кам'яного та бичка рудого зустрічали різноманітні форми патологій еритроцитів: зморщування або деформацію форми клітин (веретеноподібна, краплеподібна, довільна форми), вакуолізацію цитоплазми, фестончастість кров'яного еритроцита, ацентричне розміщення ядра та його лізис (рис. 1).

Усі перелічені типи патологій зустрічалися на мазках крові бичка Пінчука та бичка кам'яного,

однак вакуолізацію цитоплазми й фестончастість країв не виявлено для бичка рудого.

Патологічні зміни еритроцитів бичкових риб роду *Ponticola* можуть бути індикаторами екологічного стресу та генотоксичного ризику, що підкреслює корисність гематологічних методів аналізу й важливість комплексного підходу до оцінювання стану здоров'я риб у природних умовах.

## Висновки

Дослідження крові бичка Пінчука, бичка кам'яного й бичка рудого виявило наявність молодих і зрілих еритроцитів, а також клітин із деформаціями ядра чи змінами форми.

За показниками лінійних розмірів та об'єму еритроцитів у середньому еритроцити бичка Пінчука були найбільшими. Для трьох видів роду *Ponticola* відзначено перевагу молодих еритроцитів над зрілими. Визначено підвищену кількість клітин із патологічними змінами ядра для всіх видів, однак найвищі показники спостерігалися в бичка рудого. Установлено дев'ять типів патологічних змін еритроцитів і їх ядер. Найчастіше зустрічалися особини з декількома патологіями еритроцитів у кров'яному руслі одночасно.

Проведені дослідження дали змогу порівняти показники трьох представників роду *Ponticola* й установити значну зустрічальність відхилень від нормального рівня гематологічних показників риб з Одеської затоки, що свідчить про наявність негативного тиску факторів середовища.

ESIPOVA, N. B., SHARAMOK, T. S. (2022) Adaptatyvni zminy v klitynakh krovi ryb v umovakh khronichnoi intoksykatsii [The adaptive changes in the fish blood cells in conditions of the chronic intoxication]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology* 47(1), 58–64 (in Ukrainian).

ESMAEILI, M. (2021) Blood Performance: A New Formula for Fish Growth and Health. *Biology*, 10(12), 1236.

KHOMENCHUK, V. O., SENYK, Y. I., GRUBINKO, V. V., KURANT, V. Z. (2021) Strukturno-funktsionalni zminy u membranakh erytrotsytiv ryb za dii pidvyshchenykh kontsentratsii ioniv Cd<sup>2+</sup> u vodnomu seredovyschi [Structural and functional changes in the erythrocyte membranes of fish under the action of increased concentrations of Cd<sup>2+</sup> ions in water environment]. *Suchasni problemy teoretychnoi i praktychnoi ikhtiolohii: materialy XIV Mizhnarodnoi ikhtiolohichnoi naukovopraktychnoi konferentsii (m. Kharkiv, 23-25.09.2021)*. Kharkiv, Fakt. 198–204 (in Ukrainian).

KURCHENKO, V.O., SHARAMOK, T.S., MARENKOVO.M.(2019)Vdoskonalennia sposobu farbuвання mazkiv krovi dlia vyznachennia tsytometrychnykh pokaznykiv krovi ryb [The improvement of blood smears coloring for the determining of fish cytometric blood parameters]. *Biologichni systemy*, 11(1), 15–18 (in Ukrainian).

NABI, N., AHMED, I., WANI, G. B. (2022) Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29, 2942–2957.

ŘEHULKA, J., BRADÍK, J. (2024) Study of the frequencies of erythrocyte abnormalities as in situ biomarkers of genotoxic risk of chemicals in special fish stock in water supply reservoirs. *Journal of Fish Diseases*, 47(4), e13909.

SHARAMOK, T., YESIPOVA, N., KURCHENKO, V. (2022) The red blood cells cytometric characteristics of young fresh-water fish of various families. *The Journal*

- of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Biology", 38, 42–52.
- SHMYHOL, N. V., ESIPOVA, N. B. (2022) Vidomosti shchodo morfolohichnykh osoblyvostei erytrotsytyv ryb. *Proceedings of the 7th International scientific and practical conference "Modern research in world science"* Lviv, Ukraine, October 2–4, 2022. p. 92. (in Ukrainian).
- TALAPATRA, S. N. BANERJEE, S. K. (2007) Detection of micronucleus and abnormal nucleus in erythrocytes from the gill and rudney of *Labeo bata* cultivated in sewage-fed fish farms. *Food and chemical toxicology*, 45(2), 210–215.
- WITESKA, M. (2013) Erythrocytes in teleost fishes: a review. *Zoology and Ecology*, 23(4), 275–281.

## ДОБІР НА СТІЙКІСТЬ ДО ЗАСОЛЕННЯ В КАЛУСНІЙ КУЛЬТУРІ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Анатолій СОРОКА

Льон олійний (*Linum usitatissimum* L.) є важливою економічною культурою, продукція якої використовується в різних галузях. Він передусім цінується за насіння, багате на омега-3 жирні кислоти. Однак чутливість льону до засолення обмежує обсяги його вирощування. Одним із перспективних підходів зі створення солестійких генотипів є клітинна селекція. Мета роботи – оцінити можливість отримання в калусній культурі стійких до хлориду натрію генотипів льону олійного. Як матеріал використано два сорти льону різного походження – Запорізький богатыр та Еврика. Шматочки калусу висаджували на середовища Мурашіге-Скуга (MS) і N<sub>6</sub>, до яких додавали хлорид натрію в концентраціях 0,3, 0,6, 0,9 та 1,2 %. Після закінчення культивування оцінювали частку калусів із некрозами та здатних до проліферації. Надалі оцінювали морфогенетичну здатність калусів на фоні сольового стресу, а регенеровані пагони оцінювали на солестійкість. Морфогенетичну здатність калусів визначали на фоні 0,3 % й 0,6 % NaCl, підраховуючи частку калусів із зонами регенерації. Для оцінювання ефективності добору на солестійкість регенеровані пагони з рештками калусу культивували на середовищі MS з додаванням 0,2 % та 0,4 % NaCl. Оцінювали частку пагонів, що вижили і продовжували ріст, а також наявність некротичних ділянок та етіоляцію пагонів. Установлено, що концентрація хлориду натрію 0,3 % була оптимальною для добору. У разі більш високої концентрації калуси відставали в рості, зупиняли розвиток і деградували. Добір у калусній культурі при 0,3 % NaCl сприяв збільшенню частки солестійких регенерантів, що виявлялося на фоні додавання хлориду натрію в концентрації 0,2 %. У сорту Запорізький богатыр регенерованих пагонів, які вижили на фоні цього сольового стресу, виявилось 36,7 %, тоді як у варіанті, де добір не проводився, їх було 13,3 %. У сорту Еврика таких пагонів було 28,0 % та 4,0 % відповідно. У разі концентрації солі 0,4 % поодинокі пагони, що виживали, надалі не розвивалися й гинули. Добір при концентрації NaCl, яка перевищувала 0,3 %, призводив до суттєвого інгібування морфогенетичного потенціалу калусної тканини та неможливості отримання повноцінних пагонів. Оцінені генотипи льону значно різнилися за реакцією на сольовий стрес, при цьому кращі показники демонстрував сорт Запорізький богатыр.

**Ключові слова:** *Linum usitatissimum*, калус, некроз, регенерант, солестійкість, хлорид натрію.

Інститут олійних культур НААН, вул. Інститутська 1, Запоріжжя, 69055, Україна; e-mail: [bvryffy@hotmail.com](mailto:bvryffy@hotmail.com)

### *Selection for salt tolerance in callus culture of oil flax*

**Soroka A.**

Flax (*Linum usitatissimum* L.) represents a crop of substantial agronomic and economic significance, with its derivatives utilized across multiple industrial sectors. It is predominantly esteemed for its seeds, which are abundant in alpha-linolenic acid, a type of omega-3 polyunsaturated fatty acid. However, the cultivation range of flax is constrained by its pronounced sensitivity to saline environments. Among the innovative strategies to develop salt-tolerant genotypes, *in vitro* cell selection stands out as a promising approach. This study was aimed to evaluate the feasibility of obtaining oilseed flax genotypes tolerant to sodium chloride (NaCl) through callus culture methodology. Two genetically distinct flax varieties, namely Zaporizkyi bohатыr and Evryka, served as the experimental material. Segments of callus tissue were cultured on Murashige and Skoog (MS) and N<sub>6</sub> media supplemented with NaCl at concentrations of 0.3 %, 0.6 %, 0.9 %, and 1.2 %. Following the cultivation period, the proportion of necrotic calli and the capacity for cellular proliferation were evaluated. Subsequently, the morphogenetic potential of callus tissue was evaluated under saline conditions, and the regenerants were evaluated for their ability to withstand salt-induced stress. The morphogenetic response of callus was assessed under sodium chloride concentrations of 0.3 % and 0.6 % by quantifying the proportion of callus samples exhibiting regeneration zones. To determine the efficacy of selection pressure, regenerated shoots with residual callus were transferred to MS medium containing 0.2 % and 0.4 % NaCl. Parameters such as the survival rate and continued growth of shoots, presence of necrotic lesions, and shoot etiolation were recorded. The results indicated that a sodium chloride concentration of 0.3 % was optimal for *in vitro* selection. Elevated salinity levels adversely affected callus viability, resulting in inhibited callus growth,



disrupted development, and tissue degradation. Selection pressure applied at 0.3 % NaCl enhanced the frequency of salt-tolerant regenerants, as evidenced under subsequent exposure to 0.2 % NaCl. In Zaporizkyi bohatyr variety, the survival rate of regenerated shoots that successfully survived under salt stress conditions was 36.7 %, compared to 13.3 % in the control group where selection was not performed. For Evryka variety, the respective figures were 28.0 % and 4.0 %. At a sodium chloride concentration of 0.4 %, the few surviving shoots exhibited no further development and ultimately perished. Selection at NaCl concentrations exceeding 0.3 % resulted in pronounced suppression of the morphogenetic capacity of callus tissue, rendering it incapable of producing viable shoots. The tested flax genotypes demonstrated considerable variability in their physiological response to salt-induced stress, with Zaporizkyi bohatyr variety displaying superior adaptability.

**Key words:** *Linum usitatissimum*, callus, necrosis, regenerant, salt resistance, sodium chloride.

Institute of Oilseed Crops NAAS, 1, Instytutska Str., Zaporizhzhia, 69055, Ukraine; e-mail: bvryffy@hotmail.com

## Вступ

Засолення є одним із найважливіших абіотичних стресів, що впливають на продуктивність сільськогосподарських культур у всьому світі, особливо в посушливих і напівпосушливих регіонах (Munns, Tester 2008). Засолення ґрунтів є серйозною екологічною проблемою, яка становить загрозу для стабільного сільського господарства та продовольчої безпеки. Висока солоність ґрунту негативно впливає на ріст і розвиток рослин, викликаючи осмотичний стрес, токсичну дію іонів і порушення живлення (Parihar et al. 2015). Ці ефекти зрештою призводять до зниження врожайності культур і якості врожаю. Тому створення сортів культур, стійких до засолення, є надзвичайно важливим завданням для підтримання сталості продуктивності сільського господарства в умовах вирощування рослин на засолених ґрунтах.

Льон (*Linum usitatissimum* L.) – це економічно важлива культура, що цінується за насіння, багате на олію та омега-3 жирні кислоти, а також за волокно, яке використовується в текстильній промисловості (Green 1986). Однак льон є чутливим до засолення, що обмежує його вирощування на засолених територіях (Ashraf 2004). Для вирішення цієї проблеми необхідно створювати генотипи льону, стійкі до такого стресу. Одним із перспективних підходів для досягнення цієї мети є використання калусної культури *in vitro*.

Калусна культура досить широко використовується в біотехнології рослин для добору й регенерації генотипів із бажаними властивостями. Цей метод передбачає індукцію недиференційованих клітинних культур (калусу) з експлантів, а потім відбір тих ліній, які демонструють стійкість до певних стресових умов, зокрема до підвищеної концентрації солей (George et al. 2008). Відібрані калусні лінії можуть бути застосовані для регенерації повноцінних рослин, які потім оцінюють за їх продуктивністю в умовах засоленості (Dixit, Dubey 1986).

Процес відбору генотипів, стійких до засолення, за допомогою калусної культури включає

кілька етапів, зокрема індукцію калусу з диференційованих тканин, застосування селективного тиску (сольового стресу) до популяції калусних клітин та ідентифікацію й регенерацію стійких ліній. На успішність цього процесу можуть впливати різноманітні фактори, такі як тип експланта, склад поживного середовища, тривалість і інтенсивність селективного тиску тощо (Kumar et al. 2004).

Мета роботи – оцінити ефективність добору на стійкість до засолення NaCl на клітинному рівні в льону олійного.

## Матеріал та методики

Як матеріал використовували калус, отриманий із гіпокотилів двох сортів льону олійного різного походження – Запорізький богатыр та Еврика. Шматочки калусу масою 20–40 мг висаджували в чашки Петрі в п'яти повтореннях на середовища N<sub>6</sub> (Chu 1978) і MS (Murashige, Skoog 1962), до яких додавали хлорид натрію NaCl у концентраціях 0,3, 0,6, 0,9 та 1,2 %. Контролем слугували ті самі середовища без додавання солі. Культивування проводили в термостаті при температурі 25 ± 1 °C протягом 4 тижнів без освітлення. По закінченню культивування оцінювали частку калусів з некрозами й частку калусів, здатних до проліферації.

У подальшому одну частину калусів використовували для оцінювання морфогенетичного потенціалу в умовах сольового стресу, а іншу – для регенерації пагонів і подальшого аналізу їх солестійкості.

Для встановлення морфогенетичної здатності калусів в умовах сольового стресу шматочки калусів масою до 50 мг, отримані в контролі й на фоні 0,3 й 0,6 % NaCl, висаджували на середовище N<sub>6</sub> із концентрацією NaCl 0,3 %, доповнене 1 мг/л 6-бензиламінопурину (БАП) та 0,2 мг/л альфа-нафтилоцтової кислоти (НОК). Через 4 тижні підраховували кількість калусів із зонами регенерації.

Для визначення ефективності добору на солестійкість калуси, отримані як в умовах сольового

стресу (0,3 % NaCl), так і без нього, переносили на модифіковане середовище N<sub>6</sub> без додавання хлориду натрію, збагачене фітогормонами 1 мг/л БАП та 0,2 мг/л НОК для індукції гемогенезу. Культивування проводили при кімнатній температурі в перші 3 дні в темряві, а надалі при фотоперіоді 16/8 годин (день/ніч). Через 3 тижні калуси, на яких почали формуватися пагони, пасажували на середовище MS з додаванням 300 мг/л гідролізату лактоальбуміну, 0,5 мг/л БАП, 0,05 мг/л НОК та 0,1 мг/л гіберелової кислоти для елонгації та подальшого росту пагонів. Дорощування проводили за стандартними методиками при освітленні.

Надалі калуси з видовженими пагонами високою пагонами заввишки до 30 мм розрізали на частини фрагменти з одним сформованим пагоном. Для визначення стійкості до засолення пагони з рештками калусу біля їх основи з рештками калусу уточнити, що значить рештки калусу висаджували на середовища на базі середовища MS із додаванням 0,2 та 0,4 % хлориду натрію. Оцінювали частку пагонів, що вижили і продовжували ріст, а також наявність некротичних ділянок та етіоляцію пагонів, що зберігали здатність до росту, а також виявляли наявність некротичних ділянок і прояви етіоляції.

Отримані дані обробляли методами статистичного аналізу. Суттєвість відхилень визначали за допомогою *t*-критерію на трьох стандартних рівнях суттєвості.

## Результати та обговорення

Для визначення здатності калусів виживати й розвиватися на фоні сольового стресу їх куль-

тивували на середовищі з додаванням хлориду натрію (перший етап). Для цього калус, отриманий із гіпокотилів 2 сортів льону олійного, а саме Запорізький богатир та Еврика, культивували впродовж 4 тижнів на двох середовищах – N<sub>6</sub> та MS, з додаванням NaCl в концентраціях 0,3, 0,6, 0,9 та 1,2 %. Після цього оцінювали загальний стан калусу, наявність некротичних ділянок і здатність клітин до проліферації.

На рисунку 1 показана реакція калусу на сольовий стрес на середовищі N<sub>6</sub> двох сортів льону – Запорізький богатир та Еврика, яка виявилася генотипоспецифічною сортоспецифічною бажано уточнити, що означає генотипоспецифічною: стосовно сорту, чи окремих особин. У контролі переважна більшість калусів використаних досліджуваних сортів виживала та продовжувала активний ріст, тоді як в умовах сольового стресу спостерігали погіршення стану калусів, яке поступово закономірно збільшувалось посилювалося зі збільшенням концентрації солі. За мінімальної концентрації NaCl в середовищі всі калуси сорту Запорізький богатир і більше ніж 80 % калусів ( $p < 0,05$ ) сорту Еврика характеризувались високим ступенем виявляли високий ступінь проліферації (рис. 1, а). Нові клітини активно утворювалися на всій поверхні експлантів. У разі збільшення концентрації солі до 0,9 % лише калуси сорту Запорізький богатир продовжували активний розвиток, тоді як у сорту Еврика росту калусів майже не спостерігали, вони або залишались такого ж розміру або збільшувались незначною мірою. Їх розміри залишалися сталими, або зростали несуттєво. При

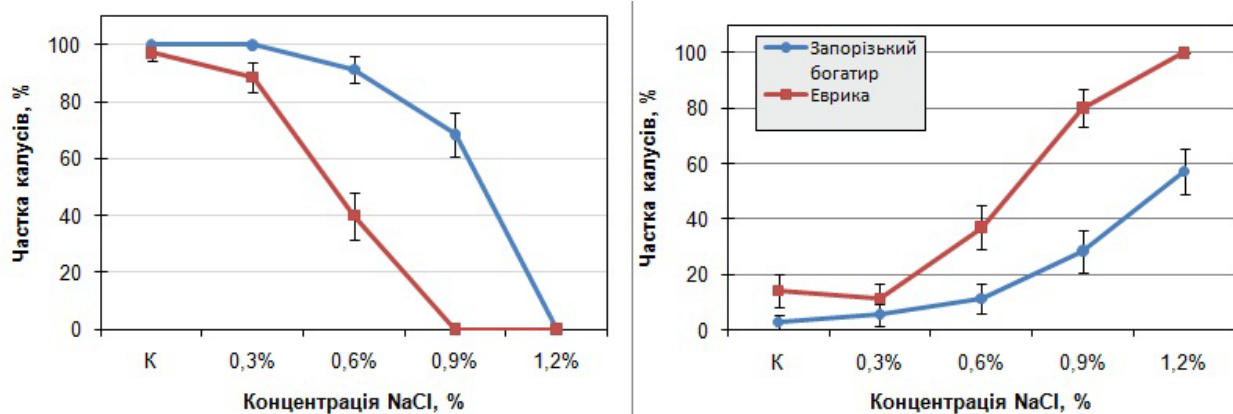


Рис. 1. Вплив хлориду натрію на стан і розвиток калусу льону олійного в сортів Запорізький богатир та Еврика при культивуванні на середовищі N<sub>6</sub>: частка калусів, які продовжували розвиток, – зліва (а), частка калусів з некротичними ділянками – справа (б)

Fig. 1. Effect of sodium chloride on the condition and development of flax callus in the Zaporizkyi Bohatyr and Evryka varieties when cultured on N<sub>6</sub> medium: proportion of callus samples that continued to develop – left, proportion of callus samples with necrotic areas – right

концентрації NaCl 1,2 % калуси обох генотипів зупиняли припиняли ріст і деградували.

Подібні закономірності спостерігали й відносно стосовно появи некрозів (рис. 1, б). В обох сортів утворення некротичних ділянок було незначним і не відрізнялося від такого в контролю (без додавання солі) уточнити що тут вважається контролем, без додавання солі, чи мінімальна концентрація при найменшій концентрації NaCl (0,3 %). Зі збільшенням концентрації NaCl дія стресу набувала все значнішого летального характеру, летальний ефект стресу ставав більш вираженим, у сорту Еврика на закінчення періоду культивування при концентрації солі 1,2 % усі калуси мали некротичні ділянки. Сольовий стрес виявився менш шкідливим відносно вираженим у калусів сорту Запорізький богатир, де навіть при найвищій концентрації NaCl на половині калусів даного генотипу некротичні ділянки були відсутні, половини калусів цього генотипу не спостерігалося некротичних ділянок.

Варто відмітити, що реакція калусної культури на додавання NaCl була схожою при вирощуванні на середовищі як N<sub>6</sub>, так і MS. На обох середовищах калус розвивався досить ефективно. Дещо кращий візуальний стан калусу (за щільністю) в окремих випадках відмічали на середовищі N<sub>6</sub>, однак за проаналізованими показниками різниця між середовищами виявилася статистично несуттєвою. Це дає можливість використовувати обидва середовища для культивування калусів льону.

У подальшому калуси, які культивували на середовищі як із додаванням NaCl в концентраціях 0,3 та 0,6 %, так і без нього, застосовували для визначення здатності до регенерації в умовах сольового стресу. При цьому селективний вплив хлориду натрію на клітинну популяцію тривав. У цьому випадку найбільш розвинені калуси ділили на частини однакової маси (до 50 мг) і висаджували на модифіковане середовище N<sub>6</sub> зі змінним гормональним складом, який сприяє процесам гемогенезу. Сольовий стрес створювали додаванням до середовища хлориду натрію в концентрації 0,3 %.

Дані, представлені в таблиці 1, відображають вплив попереднього сольового стресу різної інтенсивності на рівень регенерації в калусній культурі на фоні 0,3 % NaCl, отриманій із двох сортів льону. У контрольному варіанті, де хлорид натрію був відсутній на першому етапі, в обох сортів зафіксовано досить високий регенераційний потенціал. Так, сорт Запорізький богатир мав 32,5 % калусів із зонами регенерації, а сорт Еврика – 27,1 %. Добір на стійкість до засолення при концентрації солі NaCl 0,3 % у першого сорту викликав незначне зниження відсотка регенерації (27,9 %), тоді як у другого спостерігали більш помітне, але несуттєве зниження до 18,8 %. Культивування калусів, що попередньо зростали на середовищі з 0,6 % NaCl, показало більш істотні наслідки для обох сортів, оскільки частота регенерації виявилася значно нижчою за 10 %, а в сорту Еврика цей показник становив 4,2 %. Виявлені відмінності були статистично достовірними ( $p < 0,05$ ) порівняно з контролем, що підтверджує негативний вплив підвищеної концентрації солі NaCl на процеси морфогенезу в культурі недиференційованих клітин.

Загалом результати дослідження свідчать, що сольовий стрес негативно впливає на регенераційну здатність калусної культури льону. Обидва сорти демонстрували значне зниження частоти регенерації за концентрації 0,6 % NaCl у поживному середовищі. Це вказує на те, що рівні засолення, наближені до 0,6 %, можуть перешкоджати процесам відновлення, тоді як концентрації солі менші за 0,3 % суттєво не впливають на регенераційний потенціал. Отримані дані також підкреслюють важливість контролю рівнів концентрації іонів різних елементів у протоколах тканинної культури для ефективної регенерації в селекційних програмах льону.

Для оцінювання ефективності добору на солестійкість регеновані пагони льону з рештками калусу біля основи культивували на модифікованому середовищі MS із додаванням хлориду натрію в концентраціях 0,2 та 0,4 %. Як впливає

Таблиця 1. Частота калусів з морфогенними зонами в умовах сольового стресу 0,3 % NaCl у льону олійного  
Table 1. Frequency of calli with morphogenic zones under salt stress conditions (0.3 % NaCl) in oil flax

Генотип	Варіант	Кількість калусів, шт.	Калуси з морфогенними зонами, шт.	Калуси з морфогенними зонами, %	Похибка
Запорізький богатир	Контроль	40	13	32,5	6,41
	0,3 % NaCl	104	29	27,9	5,63
	0,6 % NaCl	48	3	6,3	2,88*
Еврика	Контроль	48	13	27,1	6,41
	0,3 % NaCl	48	9	18,8	5,63
	0,6 % NaCl	48	2	4,2	2,88*

Примітка: \* – відмінності від контролю суттєві при  $p < 0,05$ .

з даних таблиці 2, культивування пагонів із залишками калусів на оцінному сольовому фоні в усіх варіантах дослідження призводило до появи некротичних зон (підсихання, почорніння) на пагонах. Однак на середовищі з 0,4 % хлориду натрію, незалежно від того чи проводився попередній добір на сольовий стрес, частка таких пагонів досягала майже 100 %. Частота некрозів на середовищі з 0,2 % NaCl була істотно нижчою, ніж при 0,4 % NaCl, проте між варіантами з попереднім добром і без нього різниця за цим показником була несуттєвою. Так, у сорту Запорізький богатир на фоні 0,2 % NaCl частка пагонів із некрозами, отриманими після сольового стресу, становила  $43,3 \pm 9,05$  %, тоді як частка пагонів із некрозами, отриманими без сольового стресу, хоч і була дещо вищою, однак статистично не суттєвою.

Також у всіх варіантах дослідження спостерігали етіоляцію пагонів, які розвивалися на сольовому фоні. Частота таких етіюльованих пагонів в окремих випадках досягала 20 %. У сорту Запорізький богатир вони зустрічалися частіше, ніж у сорту Еврика. Пагони з порушеним синтезом хлорофілу відмічали як у варіанті, де проводили попередній добір, так і у варіанті, де селективний тиск не застосовували.

Результати експерименту свідчать, що в разі культивування на сольовому фоні з концентрацією 0,4 % NaCl, виживали тільки поодинокі пагони. У сорту Запорізький богатир частка таких пагонів

становила 13,3 %, а в сорту Еврика – 6,7 %. Однак вони не росли, точка росту відмирала, у подальшому ці пагони гинули.

Під час оцінювання на сольовому фоні з 0,2 % NaCl частина пагонів, отриманих як у результаті попереднього добору, так і без нього, виживала й продовжувала ріст. Серед тих, що вижили, були такі, які продовжували ріст і збільшувалися у розмірах, і такі, які візуально залишалися без змін. У варіанті, де проводився попередній добір, частка таких пагонів була значно більшою. Зокрема, у сорту Запорізький богатир пагонів, що вижили і продовжували ріст, виявилось 36,7 % і 26,7 % відповідно, тоді як у варіанті, де добір не проводився, їх було 13,3 % і 6,7 %. У сорту Еврика показник становив 28,0 % і 20,0 %, 4,0 % і 4,0 %, відповідно.

Стійкість до засолення на клітинному рівні є складною ознакою, що включає взаємопов'язану мережу фізіологічних, біохімічних і молекулярних механізмів, які дають змогу рослинним клітинам виживати й функціонувати за високих концентрацій іонів. Зокрема, регуляція концентрації іонів  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  та  $\text{Cl}^-$  дає можливість підтримувати іонний гомеостаз. Наприклад, щоб запобігти токсичному накопиченню натрію, рослинні клітини використовують мембранні транспортні білки ( $\text{Na}^+/\text{H}^+$  антипорти), які секвеструють  $\text{Na}^+$  у вакуолі, знижуючи його цитозольну концентрацію (Blumwald 2000). Іншим механізмом може бути осмотична корек-

Таблиця 2. Оцінювання регенерантів льону олійного на стійкість до засолення

Table 2. Evaluation of oil flax regenerants for salt tolerance

Варіант	Регенеровані пагони				
	висаджено, шт.	із зонами некрозу на пагонах, %	з етіоляцією, %	що продовжували ріст, %	що вижили, %
<i>Сорт Еврика</i>					
Без сольового стресу на 0,2 % NaCl	25	$72,0 \pm 8,98$	$12,0 \pm 6,50$	$4,0 \pm 3,92$	$4,0 \pm 3,92$
Без сольового стресу на 0,4 % NaCl	15	100	$13,3 \pm 8,78$	0	0
Після сольового стресу на 0,2 % NaCl	25	$48,0 \pm 9,99$	$16,0 \pm 7,33$	$20,0 \pm 8,00$	$28,0 \pm 8,98^*$
Після сольового стресу на 0,4 % NaCl	15	$93,3 \pm 6,44$	$13,3 \pm 8,78$	0	$6,7 \pm 6,44$
<i>Сорт Запорізький богатир</i>					
Без сольового стресу на 0,2 % NaCl	30	$63,3 \pm 8,80$	$16,7 \pm 6,80$	$6,7 \pm 4,55$	$13,3 \pm 6,21$
Без сольового стресу на 0,4 % NaCl	15	$93,3 \pm 6,44$	$20,0 \pm 10,33$	0	0
Після сольового стресу на 0,2 % NaCl	30	$43,3 \pm 9,05$	$13,3 \pm 6,21$	$26,7 \pm 8,07^*$	$36,7 \pm 8,80^*$
Після сольового стресу на 0,4 % NaCl	15	$86,7 \pm 8,78$	$20,0 \pm 10,33$	0	$13,3 \pm 8,78$

Примітка: \* – відмінності від варіанта без сольового стресу на фоні 0,2 % NaCl суттєві при  $p < 0,05$ .



ція, яка досягається шляхом накопичення сумісних розчинних речовин, таких як пролін, гліцин-бетаїн і цукри, що не заважають клітинному метаболізму, але допомагають стабілізувати білки й мембрани (Ashraf, Foolad 2007). Окислювальний стрес, викликаний надлишком солей, може бути подоланим антиоксидантними системами, що включають такі ферменти, як супероксиддисмутаза, каталаза та пероксидази (ApeI, Hirt 2004). Добір у калусній культурі дає клітинам, де розвинені подібні механізми, можливість функціонувати й регенерувати окремі тканини та органи, що загалом узгоджується з отриманими нами результатами.

Варто зазначити, що на всіх етапах дослідження спостерігали суттєвий вплив генотипу на досліджувані показники. Так, у сорту Запорізький богатир порівняно із сортом Еврика виявляли меншу кількість некрозів і кращий ріст калусної культури на фоні засолення.

Таким чином, з огляду на результати дослідження, добір на клітинному рівні на стійкість до сольового стресу виявився ефективним, оскільки частка регенерантів, що вижили в умовах сольового стресу, була більшою в разі попереднього добору на фоні хлориду натрію. Оптимальним для виявлення ефекту добору виявився сольовий фон із концентрацією 0,2 % хлориду натрію. На фоні 0,4 % NaCl різниця між варіантами з попереднім добром на першому етапі й без нього не була сут-

тєвою, оскільки поодинокі регенеранти, що вижили в цих умовах, надалі не розвивалися.

## Висновки

У результаті експерименту з добору калусних клітин льону олійного на стійкість до засолення встановлено, що оптимальною концентрацією селективного агента є 0,3 % NaCl. У разі вищого вмісту хлориду натрію, частка калусів із некрозами перевищувала 90 %, спостерігалися пригнічення й зупинка їх росту та розвитку.

Показано, що добір у калусній культурі за 0,3 % NaCl сприяв підвищенню частки солестійких регенерантів. Для виявлення регенерантів із підвищеною стійкістю до засолення ефективним був фон із концентрацією хлориду натрію 0,2 %, оскільки в умовах вищого сольового навантаження поодинокі пагони, які вижили, згодом припиняли ріст і відмирили.

Установлено, що концентрації NaCl, які перевищували 0,3 %, істотно інгібували морфогенетичний потенціал калусної тканини, тоді як нижча концентрація не мала суттєвого впливу на цей показник.

Продемонстровано вагомий вплив генотипу на стан і розвиток калусної культури льону олійного: сорт Запорізький богатир характеризувався вищим потенціалом до регенерації та більшою часткою солестійких регенерантів, порівняно з сортом Еврика.

- APEL, K., HIRT, H. (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373–399. DOI: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701
- ASHRAF, M. (2004) Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199 (5), 361–376. DOI: 10.1078/0367-2530-00165
- ASHRAF, M., FOOLAD, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206–216. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.006
- BLUMWALD, E. (2000) Sodium transport and salt tolerance in plants. *Current Opinion in Cell Biology*, 12(4), 431–434. DOI: 10.1016/S0955-0674(00)00117-7
- CHU, C. C. (1978) The N<sub>6</sub> medium and its applications to anther culture of cereal crops. *Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture*. Science Press, Beijing, China, May 25–30, 1978, pp. 43–50.
- DIXIT, V. K., DUBEY, R. S. (1986) Effect of salinity on growth and metabolism during early stages of seedling growth in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Experimental Biology*, 24(11), 622–627.
- GEORGE, E. F., HALL, M. A., DE KLERK, G. J. (Eds.) (2008) *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Vol. 1: The Background. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3
- GREEN, A. G. (1986) A final test for ancient DNA in flax: an interlaboratory study. *Proceedings of the National Academy of Science*, 83 (16), 5631–5634. DOI: org/10.1073/pnas.83.16.5631
- KUMAR, A., SHARMA, R., SRIVASTAVA, M. (2004) Influence of sodium chloride on growth parameters and callus induction in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 77(3), 269–275. DOI: 10.1023/B:TICU.0000016843.82783.09
- MUNNS, R., TESTER, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
- MURASHIGE, J., SKOOG, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15, 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- PARIHAR, P., SINGH, S., SINGH, R., SINGH, V. P., PRASAD, S.M. (2015) Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (6), 4056–4075. DOI: 10.1007/s11356-014-3739-1

## ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ *THUJA OCCIDENTALIS* L. 'WAGNERI'

Ольга УСОЛЬЦЕВА, Ірина БОЙКО, Тетяна КОПИЛОВА, Валентина ПОНОМАРЕНКО,  
Наталія КУЧЕР

У статті досліджено особливості вегетативного розмноження *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri' за допомогою різнотипних стеблових живців залежно від впливу стимуляторів росту (водних розчинів індолілмасляної кислоти, Чаркору та Біокор-чару, а також ростових пудр – Корневіну й Ukorzeniacz AB). Визначено біологічну здатність дослідних стеблових живців до придаткового коренеутворення: укоріненість, ступінь розвитку кореневої системи (кількість коренів, їх довжина, спосіб розташування на живці) і приросту надземної частини укоріненних живців. Живцювання проводили навесні (II–III декади квітня) стебловими живцями, що відростають із «п'яткою» та напівдерев'янілими живцями. Під час живцювання стебловими живцями, що відростають із «п'яткою», високі показники за укоріненістю отримали за використання ростової пудри Ukorzeniacz AB та водного розчину ІМК, напівдерев'янілими живцями – за обробки ростовими пудрами (Ukorzeniacz AB та Корневіном). У цих дослідних варіантах на укоріненних живцях спостерігали утворення придаткових коренів трьох порядків, а показники сумарної довжини коренів були максимальними. Максимальні показники приросту надземної частини укоріненних живців спостерігали за використання ростових пудр (для живців, що відростають із «п'яткою» при обробці Ukorzeniacz AB, для напівдерев'янілих живців – Корневіном). Вивчення особливостей морфогенезу придаткових коренів дало змогу простежити особливості його стадій і фаз, визначити їх тривалість та особливості перебігу, а також виявити залежність кожної з них від типу живців і впливу стимуляторів росту. Дослідження показали, що підвищити укоріненість і кількість придаткових коренів і в такий спосіб прискорити процес регенерації різнотипних стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri' можливо за умов використання досліджених типів живців і стимуляторів росту. Цей культивар доцільно розмножувати живцями, що відростають із «п'яткою», і напівдерев'янілими живцями з використанням ростової пудри (Ukorzeniacz AB). Запропоновані прийоми дадуть змогу прискорити укорінення стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri' й отримати більш якісний посадковий матеріал.

**Ключові слова:** *T. occidentalis* 'Wagneri', різнотипні стеблові живці, стимулятори росту, регенераційна здатність, морфогенез придаткових коренів.

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, вул. Київська, 12а, Умань, 20301, Україна; e-mail: [usoltseva.og@gmail.com](mailto:usoltseva.og@gmail.com), [irinaivankovska@gmail.com](mailto:irinaivankovska@gmail.com), [kt.pyracantha@gmail.com](mailto:kt.pyracantha@gmail.com), [valentinaIponomarenko@gmail.com](mailto:valentinaIponomarenko@gmail.com), [natalochka\\_sof@ukr.net](mailto:natalochka_sof@ukr.net)

### **Features of vegetative propagation of *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri'**

**Usoltseva O., Boiko I., Kopylova T., Ponomarenko V., Kucher N.**

The features of vegetative propagation of *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri' using different types of stem cuttings depending on the effect of growth stimulants (aqueous solutions of Indolylbutyric acid, Charkor and Biokor-char, as well as growth powders – Kornevin and Ukorzeniacz AB) were studied. The biological ability of the experimental stem cuttings to form adventitious roots was determined: rooting, degree of development of the root system (number of roots, their length, nature of their location on the cutting) and growth of the above-ground part of the rooted cuttings. Cuttings were carried out in the spring (second and third decades of April) with stem cuttings growing with a “heel” and semi-lignified cuttings. When grafting stem cuttings that grow with a “heel”, high rooting rates were obtained using the Ukorzeniacz AB growth powder and an aqueous solution of IMC, and semi-lignified cuttings were treated with growth powders (Ukorzeniacz AB and Kornevin). In these experimental variants, the formation of adventitious roots of three orders was observed on rooted cuttings, and the indicators of the total root length were maximum. The maximum growth rates of the above-ground part of rooted cuttings were observed with the use of growth powders (for cuttings growing with a “heel” when treated with Ukorzeniacz AB, for semi-lignified cuttings – with rooting powder). The study of the features of the morphogenesis of adventitious roots made it possible to trace the features of its stages and phases, determine their duration and characteristics, and also reveal

the dependence of each of them on the type of cuttings and the influence of growth stimulants. The conducted studies have shown that it is possible to increase the rooting and number of adventitious roots and thus accelerate the regeneration process of different types of stem cuttings of *T. occidentalis* 'Wagneri' if the studied types of cuttings and growth stimulants are used. This cultivar is best propagated by cuttings that grow with a "heel" and semi-lignified cuttings using growth powder (Ukorzeniacz AB). The proposed techniques will accelerate the rooting of stem cuttings of *T. occidentalis* 'Wagneri' and obtain higher quality planting material.

**Key words:** *T. occidentalis* 'Wagneri', different types of stem cuttings, growth stimulants, regeneration ability, morphogenesis of adventitious roots.

National Dendrological Park "Sofiyivka" of the NAS of Ukraine, 12a, Kyivska Str., Uman, 20301, Ukraine; e-mail: usoltseva.og@gmail.com, irinaivankovska@gmail.com, kt.pyracantha@gmail.com, valentinaIponomarenko@gmail.com, natalochka\_sof@ukr.net

## Вступ

Повномасштабна агресія російської федерації проти України призводить до нищівних руйнувань по всій території України. Значна кількість населених пунктів, промислових об'єктів, а також об'єктів транспортної, житлової та енергетичної інфраструктури повністю знищені. Війна продовжує завдавати значної шкоди докільню України («Zelene» rovoienne vidnovlennia 2022). Але, попри те що війна триває, уже зараз виникає потреба планувати відновлення країни. Відбудова має відбуватися з урахуванням соціальних, економічних та екологічних факторів. Заходи щодо розвитку міст і регіонів повинні передбачати вирішення проблем з озеленення міст і пріоритетність природоорієнтованих рішень. Програми комплексного озеленення міст потрібно розробляти паралельно з планами відбудови територій, що постраждали внаслідок військових дій (Pryntsury 2022).

У зв'язку з цим, потреба в посадковому матеріалі декоративних культур, особливо хвойних, як для зеленого будівництва, так і для декоративного садівництва буде суттєво зростати. Тому постає питання розроблення нових і вдосконалення наявних технологій прискореного вегетативного розмноження декоративних рослин за допомогою стеблових живців. Цей метод дає змогу зберігати декоративні властивості рослин, які не передаються або частково передаються під час розмноження насінням, а також за відносно короткий час отримати велику кількість якісного посадкового матеріалу (Shpakova 2002; Tokman, Kyrychenko 2015; Shvets et al. 2018; Tsyhanska 2023).

Одним із перспективних напрямів у вирощуванні посадкового матеріалу деревних декоративних рослин є застосування фізіологічно активних речовин, зокрема стимуляторів росту (Yavorska et al. 2006; Terek 2007; Marhitai 2010). Їх використання дає змогу інтенсифікувати регенераційні процеси, сприяє скороченню терміну укорінення, підвищенню відсотка укоріненості, а також кращому розвитку укорінених живців хвойних рос-

лин (Shpakova 2002; Tokman, Kyrychenko 2015; Usoltseva 2010; Lisovyi 2015; Shvets et al. 2018; Tsyhanska 2023).

Тому мета дослідження – вивчити особливості вегетативного розмноження *T. occidentalis* 'Wagneri'.

Для її досягнення окреслено такі завдання: дослідити особливості рененераційної здатності різнотипних стеблових живців з використанням стимуляторів росту, простежити стадії та фази морфогенезу придаткових коренів, розробити прийоми, які дадуть змогу прискорити укорінення стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri'.

## Матеріал та методики

Останнім часом великий попит у зеленому будівництві та декоративному садівництві має *Thuja occidentalis* L. і її культивари (Kokhno, Kuznetsov 2005; Kalinichenko 2003; Kovalevskii, Kryvokhatko 2018, 2019; Suslova 2022). Об'єктом дослідження були стеблові живці, що відростають із «п'яткою», і напівздерев'янілі стеблові живці *T. occidentalis* 'Wagneri'. Цей культивар вирізняється конічною кроною, середньою силою росту, має м'яку хвою сірувато-зеленого забарвлення, яка розташована дуже щільно. Він є рекомендованим для поодиноких і групових посадок, для створення живоплотів (Shukel, Kozak 2013; Kucheryavui 2008, 2011).

Живцювання проводили навесні (II–III декади квітня) стебловими живцями, що відростають із «п'яткою», і напівздерев'янілими живцями (Bilous 2003; Marynych et al. 2005; Voitsekhivska et al. 2010). Біологічну здатність до придаткового коренеутворення дослідних стеблових живців визначали за такими критеріями, як укоріненість, тривалість укорінення, ступінь розвитку кореневої системи та приріст надземної частини укорінених живців. Під час вивчення морфогенезу придаткових коренів стеблових живців ми дотримувалися рекомендацій О.К. Мороз (Moroz 1991), О.О. Олійник (Oliynyuk 2017), а також результатів власних попередніх досліджень (Shpakova 2002). Як стимуля-

тори росту ми використовували водні розчини індолілмасляної кислоти – ІМК (35 мг/л), Чаркору (4 мл/л) та Біокор-чару (4 мл/л) з експозицією 15 годин, ростові пудри – Корневін та Ukorzeniacz АВ. Контролем була дистильована вода з тією самою експозицією. Укорінення живців проводили в умовах захищеного ґрунту. Як субстрат для укорінення дослідних стеблових живців використовували пісок. Розмір вибірки становив 20 живців у трикратному повторенні. Для порівняння середніх даних варіантів досліді й контролю використовували метод Даннета (Prysedskyi 1999).

### Результати та обговорення

Порівняльний аналіз даних дослідження показав, що стимулятори росту чинять неоднозначний вплив на регенераційну здатність різнотипних стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri' (таблиця 1, таблиця 2).

Під час живцювання стебловими живцями, що відростають із «п'яткою», ми отримали високі показники за укоріненістю за використання ростової пудри Ukorzeniacz АВ – 87,50 %, водного розчину ІМК – 71,43 %. У цих дослідних варіантах на укоріненні живців спостерігали утворення придаткових коренів трьох порядків, а показники сумарної довжини коренів були максимальними (190,86 ± 0,50 см і 117,60 ± 0,44 см відповідно).

У варіантах 2 і 3 на укоріненні живців спостерігали утворення коренів лише двох порядків. При цьому їх сумарна довжина була достовірно меншою, порівняно як з іншими дослідними варіантами, так і з контролем, вона не перевищувала 95,90 см. Порівняльний аналіз одержаних даних за методом Даннета (Prysedskyi 1999) показав достовірність відмінностей між даними досліді й контролю (для  $\alpha = 0,05$ ). Стимулятори росту достовірно впливають на сумарну довжину коренів укоріненні живців, що відростають із «п'яткою» (допуск за Даннетом становив 2,87).

При живцюванні напівдерев'янілими живцями високі показники за укоріненістю одержали за обробки живців ростовими пудрами (Ukorzeniacz АВ та Корневіном). При цьому у варіантах 4 й 5 на укоріненні живців утворилися придаткові корені трьох порядків і їх сумарна довжина була максимальною – 294,20 ± 0,42 см і 207,84 ± 1,60 см відповідно. У дослідних варіантах 2 і 3 сумарна довжина коренів була достовірно меншою відповідно інших варіантів і контролю, вона не перевищувала 55,50 см, при цьому ми спостерігали утворення коренів тільки двох порядків. Порівняльний аналіз одержаних даних за методом Даннета показав достовірність відмінностей між даними досліді й контролю (для  $\alpha = 0,05$ ). Стимулятори росту достовірно впливають на сумарну довжину коре-

Таблиця 1. Вплив стимуляторів росту на регенераційну здатність живців, що відростають із «п'яткою», *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri'

Table 1. The effect of growth stimulants on the regeneration ability of cuttings growing with a "heel" of *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri'

Варіант досліді	Стимулятор росту	Укоріненість, %	Сумарна довжина коренів, см	Сумарна довжина приросту надземної частини, см
1	ІМК	71,43	117,60 ± 0,44	0,86 ± 0,60
2	Чаркор	57,14	95,90 ± 0,20	0,75 ± 0,10
3	Біокор-чар	47,50	95,25 ± 0,50	0,62 ± 0,21
4	Ukorzeniacz АВ	87,50	190,86 ± 0,50	2,45 ± 2,00
5	Корневін	62,50	107,35 ± 0,30	1,50 ± 0,45
6	контроль	25,00	113,90 ± 0,60	0,85 ± 0,61

Таблиця 2. Вплив стимуляторів росту на регенераційну здатність напівдерев'янілих живців *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri'

Table 2. The effect of growth stimulants on the regeneration ability of semi-lignified cuttings of *Thuja occidentalis* L. 'Wagneri'

Варіант досліді	Стимулятор росту	Укоріненість, %	Сумарна довжина коренів, см	Сумарна довжина приросту надземної частини, см
1	ІМК	76,67	170,85 ± 1,84	2,25 ± 1,22
2	Чаркор	44,44	64,24 ± 1,63	1,14 ± 0,53
3	Біокор-чар	34,46	55,50 ± 2,05	0,86 ± 0,10
4	Ukorzeniacz АВ	82,50	294,20 ± 0,42	2,34 ± 0,60
5	Корневін	80,00	207,84 ± 1,60	3,30 ± 2,72
6	контроль	33,33	110,75 ± 1,64	2,00 ± 0,44



нів укорінених напівдерев'янистих живців (допуск за Даннетом становив 7,60).

Під час вивчення особливостей морфогенезу придаткових коренів за укорінення різнотипних стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri' спостерігали всі стадії й фази, які ми виділили для хвойних рослин раніше (Shrakova 2002). Але особливості їх перебігу залежать від типу живців, а також стимуляторів росту, що використовуються.

Стадія ендогенного ризогенезу складається з калюсогенезу й, власне, ризогенезу. На укорінених напівдерев'янистих живцях у дослідних варіантах, а також у контролі утворення калюсу не спостерігали, тобто ризогенез у них проходить швидко й активно завдяки наявності накопичених пластичних речовин, фаза калюсогенезу відсутня. На деяких живцях у варіантах 4 й 5 відзначили лише незначне потовщення їхньої базальної частини. На живцях, що відростають із «п'яткою», спостерігали утворення калюсу, який мав осередкове або валикоподібне розташування. Залежність між типом розміщення калюсу, його розміром та укоріненістю не встановлено. Результати власних спостережень виявили, що на дослідних типах живців *T. occidentalis* 'Wagneri' придаткові корені утворилися недалеко від поверхні зрізу, над калюсом (якщо він є).

Екзогенна стадія ризогенезу складається з фаз утворення коренів першого, другого та подальших ступенів галуження. Під час укорінення різнотипних стеблових живців стеблових *T. occidentalis*

'Wagneri' ми зазначили різну інтенсивність утворення придаткових коренів і їх галуження. Так, наявність придаткових коренів двох порядків спостерігали на укорінених живцях обох типів у дослідних варіантах 2 і 3, а також на деяких живцях у контролі. На укорінених живцях досліджених типів у варіантах 1, 4 і 5 наявний високий ступінь галуження коренів (наявність коренів трьох порядків).

Спостереження за приростом надземної частини укорінених живців *T. occidentalis* 'Wagneri' показало, що максимальні його показники для досліджених типів живців виявлено за використання ростових пудр (для живців, що відростають із «п'яткою», при обробці Ukorzeniacz AB, для напівдерев'янистих живців – Корневіном).

## Висновки

За результатами дослідження вегетативного розмноження *T. occidentalis* 'Wagneri' експериментально доведено, що підвищити укоріненість і кількість придаткових коренів і так прискорити процес регенерації можливо за умов використання визначених типів живців і стимуляторів росту. Цей культивар доцільно розмножувати живцями, що відростають із «п'яткою», і напівдерев'янистими живцями з використанням ростової пудри (Ukorzeniacz AB). Запропоновані прийоми дозволять підвищити укорінення стеблових живців *T. occidentalis* 'Wagneri' й отримати більш якісний посадковий матеріал.

BILOUS, V.I. (2003) Lisova selektsiya: pidruchnyk. Uman: Umanske vydavnycho-polihrafichne pidpruyemstvo (in Ukrainian).

KALINICHENKO, O. A. (2003) Dekoratyvna dendrolohiya. Kyiv, Vyshcha shkola (in Ukrainian).

KOKHNO, M. A., KUZNETSOV, S. I. (2005) Metodychni rekomendatsiyi shchodo doboru derev ta kushchiv dlya introduktsiyi v Ukrayini. Kyiv (in Ukrainian).

KOVALEVSKII, S. B., KRYVOKHATKO, H. A. (2018) Posukhostiykist ta vodoutrymuvalna zdatnist roslyn *Thuja occidentalis* L. ta yiyi kultyvariv [Drought resistance and water retention capacity of plants of *Thuja occidentalis* L. and its cultivars]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(2), 77–80. DOI: 10.15421/40280214

KOVALEVSKII, S. B., KRYVOKHATKO, H. A. (2019) Kompleksna otsinka dekoratyvnosti roslyn *Thuja occidentalis* L. [Complex assessment of decorative effect of *Thuja occidentalis* L. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 23–25. DOI: 10.15421/40290204

KUCHERYAVYI, S. V. (2011) Tuya ta yiyi formy u sadovo-parkovykh nasadzhenyakh Lvova. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(1), 56–60 (in Ukrainian).

KUCHERYAVYI, S. V. (2008) Tuya zakhidna (*Thuja occidentalis* L.) ta yiyi formy v ozelenenni mista Lvova. *Scientific Bulletin of UNFU*, 18(2), 270–273 (in Ukrainian).

LISOVYI, M. M. (2015) Osoblyvosti avtovehetatyvnoho rozmnozhennya dekoratyvnykh form *Thuja occidentalis* L. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25(9), 57–62 (in Ukrainian).

MARHITAI, L. H. (2010) Vplyv rehulyatoriv rostu na vkorinennya zhyvtsiv *Thuja occidentalis* L. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*, 27, 121–124 (in Ukrainian).

MARYNYCH, I. S., BALABUSHKA, V. K., IBRAHIM, L. V. (2005) Rozmnozhennya khvoynykh derev ta kushchiv. Metodychni rekomendatsiyi. Kyiv (in Ukrainian).

MOROZ, O. K. (1991) Fazy morfohenezu koreniv pry ukorinenni introdukovanykh sortiv roz: Rekomendatsiyi. Ontohenez introdukovanykh roslyn. Kyiv (in Ukrainian).

OLIYNYK, O. (2017) Nepryamyu morfohenez ta reheneratsiyina zdatnist tkanyn troyandy efirooliynoyi [Indirect morphogenesis and regenerative ability of

- tissues of *Rosa damascena* Mill]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 69–72. DOI: 10.15421/40270115
- PRYNTSYPI zelenoi pisliavoiennoi vidbudovy Ukrainy (2022) Available from: <https://ecoaction.org.ua/zelenavidbudova-ua.html>
- PRYSEDSKYI, Yu. H. (1999) Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperementiv. Donetsk : Yuho-Vostok.
- SHPAKOVA, O. H. (2002) Biolohichni osoblyvosti vehetatyvnoho rozmnozhennia introdukovanykh khvoinykh na Pivdenomu Skhodi Ukrainy. Avtoreferat dysertatsii kandydata biolohichnykh nauk. Kyiv.
- SHUKEL, I. V., KOZAK, Yu. V. (2013) Nasinnyenoshennya tuyi zakhidnoi *Thuja occidentalis* L. v umovakh zakhidnoho Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(9), 323–330 (in Ukrainian).
- SHVETS, V. V., KARPENKO, O. V., LUBENETS, V. I., NOVIKOV, V. P. (2018) Osoblyvosti vykorystannya kompozytsiy na osnovi produktiv biotekhnolohiyi dlya ukorinennya zhyvtsiv tuyi zakhidnoi. *Scientific Works of NUFT*, 24(5), 25–31. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-5
- SUSLOVA O. (2022) Otsinka uspushnosti introduktsii kultyvariv *Thuja occidentalis* L. ta perspektyvy yikh vykorystannia v pivnichno-stepovii zoni Ukrainy [Evaluation of the introduction success of *Thuja occidentalis* L. cultivars and prospects for their use in the north of Ukrainian steppe]. *Ekolohichni nauky*. 2(41), 130–134. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.22
- TEREK, O. I. (2007) Rist roslyn: Navchalnyi posibnyk. Lviv, Vydavnychyy tsentr LNU im. Ivana Franka (in Ukrainian).
- TOKMAN, V. S., KYRYCHENKO, YA. S. (2015) Osoblyvosti vehetatyvnoho rozmnozhennya *Thuja occidentalis* L. v umovakh Sumskoho NAU. *Visnyk Sumskoho NAU, Series Ahronomiya i biolohiya*, 3(29), 134–138 (in Ukrainian).
- TSYHANSKA, O. I. (2023) Vehetatyvne rozmnozhennya tuyi zakhidnoi (*Thuja occidentalis*) ta osoblyvosti rozvytku ukorinenykh roslyn [Vegetative propagation of *Thuja occidentalis* and features of rooted plant development]. *Agriculture and Forestry*, 2(29), 88–98. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-8
- USOLTSEVA, O. H. (2010) Vehetatyvne rozmnozhennya deyakykh kultyvariv yalivtsyu v umovakh pivdennoho skhodu Ukrayiny. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NAU, Series Ahronomiya*, 74, 186–191 (in Ukrainian).
- VOITSEKHIVSKA, O. V., KAPUSTYAN, A. V., KOSYK, O. I., MUSIIENKO, M. M., OLKHOVYCH, O. P. (2010) Fiziolohiya roslyn: praktykum. Lutsk (in Ukrainian).
- YAVORSKA, V. K., DRAHOVOZ, I. V., KRIUCHKOVA, L. O., KURCHII, B. O., BOHDANOVYCH, A. V., VOLKOGON, M. V., HLADUN, G. P., MAKOVEICHUK, T. I., MUSIIAKA V. K. (2006) Rehulatory rostu na osnovi pryrodnoi syrovyny ta yikh zastosuvannya v roslynnytstvi. Kyiv (in Ukrainian).
- “ZELENE”povoiennevidnovlennia Ukrainy: viziatamodeli. Analitichna zapyska (2022) Resursno-analitichnyi tsentr “Suspilstvo i dovkillia”: Available from: [https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2022/08/green\\_recovery.pdf](https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2022/08/green_recovery.pdf)

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАБОЛІЗМУ ТА МОРФОМЕТРІЇ У БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ФОРМ РОСЛИН ТЮТЮНУ ТА ЙОГО ПОКОЛІНЬ, СТІЙКИХ ДО ВОДНОГО РЕЖИМУ

Лариса БРОННІКОВА<sup>1,2</sup>

*Останнім часом спостерігається скорочення площ орних земель з достатньою вологозабезпечуваністю, що супроводжується збільшенням засолення ґрунту та є однією з причин зниження врожайності сільськогосподарських культур. Водний дефіцит в умовах засолення може посилювати дію сольового стресу.*

*Водний дефіцит – є різновидом осмотичного стресу. Втрачаючи вологу, рослина суттєво обмежує свою життєдіяльність, а також призводить до повної загибелі. Розробка підходів з метою отримання рослин, які б відзначались стійкістю до посухи набуває своєї актуальності. Саме стійкість рослин до несприятливого чинника завжди є проблемним і актуальним питанням в зв'язку із глобальним потеплінням.*

*Нами експериментально отримано стійкі клітинні форми тютюну, а також визначався рівень L-проліну як в рослинах нащадках, та і в рослинах дикого типу.*

*При дослідженні проростання насіння та аналізі молодих проростків встановлено наступні особливості: при проростанні за нормальних умов in vitro, морфометричні показники надземної частини та кореневої системи тютюну значно відрізняються від рослин нащадків першого та другого покоління, дикого типу; молоді проростки R1 R2 відзначались пластичністю метаболізму, яка проявлялася у адаптаціях при кардинальних змінах культуральних умов in vitro. У контрольних рослин рівень амінокислоти переважав саме у ювенільних рослинах, а у нащадків першого та другого покоління, органоспецифічна різниця була несуттєва.*

**Ключові слова:** клітинні лінії, тютюн, водний дефіцит, вільний L-пролін, рослини R1, R2 покоління.

<sup>1</sup> Кафедра фізіології та інтродукції рослин, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, проспект Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна

<sup>2</sup> Відділ генетичної інженерії, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна; e-mail: Zlenko\_lora@ukr.net

### **Development of biotechnological approaches for obtaining tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) R1 and R2 generations resistant to water deficit**

**Bronnikova L.**

*Recently, there has been a reduction in the area of arable land with sufficient moisture supply, which is accompanied by an increase in soil salinity and is one of the reasons for the decline in crop yields. Water deficit in saline conditions can exacerbate the effects of salt stress.*

*Water deficit is a type of osmotic stress. Losing moisture, the plant significantly limits its vital activity and leads to complete death. The development of approaches to produce plants that are resistant to drought is becoming increasingly important. It is the resistance of plants to unfavourable factors that has always been a problematic and urgent issue in connection with global warming.*

*We have experimentally obtained resistant cellular forms of tobacco and determined the level of L-proline in both progeny and wild-type plants.*

*In the study of seed germination and analysis of young seedlings, the following features were established: during germination under normal in vitro conditions, morphometric parameters of the aerial part and root system of tobacco differ significantly from those of the first and second generation descendants and wild type; young seedlings R1 R2 were characterised by metabolic plasticity, which was manifested in adaptations under radical changes in in vitro culture conditions. In control plants, the level of amino acid prevailed in juvenile plants, and in the descendants of the first and second generations, the organ-specific difference was insignificant.*

**Key words:** cell lines, tobacco, water deficit, free L-proline, R1, R2 generation plants.

<sup>1</sup> Department of Plant Physiology and Introduction, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Nauky Ave., Dnipro, 49010, Ukraine

<sup>2</sup> Department of Genetic Engineering, Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, 31/17, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: Zlenko\_lora@ukr.net

## Вступ

За останні 10 років в Україні зростає виробництво сільськогосподарських рослин. Незважаючи на зростаючий попит у сільськогосподарському виробництві в нашій державі, проблеми питання абіотичного стресу є актуальним. Створення нових форм рослин з покращеними якість, які б відзначались витривалістю та стійкістю негативних умов довкілля (Alonso et al, 2001; Wang et al, 2022). В цілому, зневоднення негативно впливає на організм рослини, що чинить збій метаболізму, порушенню протеїнів, також відображається на хімічний склад клітини, руйнування цитоплазматичного ретикулу та відсутність можливості надходження та накопичення органічних сполук до самої рослини (Ansani, Azadi et al, 2013; Zheng et al, 2023).

Довготривале зневоднення може впливати на коливання амінокислот, а саме збільшення вільного L-проліну в рослинному організмі. Саме його синтез (нагромадження) може підтримувати водний баланс, запобігаючи руйнуванню ферментного складу, розпаду мембранних стінок (Cornic, 2000; Moumita, Bisvar, et al, 2019; Logani, Sing et al, 2022). Питання щодо вивчення посухостійкості є актуальним, оскільки на сьогодні розроблені сучасні підходи для вирішення проблем з стресостійкістю (Gahlaut et al, 2023; Paes de Melo et al, 2022; Van Montagu, 2020).

Таким чином, аналізуючи літературні джерела про вивчення активності метаболізму, які б суттєво знижували посухостійкість та активують фізіологічні та біохімічні реакції в рослині.

## Методика та матеріали

Об'єктом дослідження обрано тютюн, *Nicotiana tabacum* L. (сорт Самсун та Дюбек). У дослід залучали молоді рослини віком 60 днів розміром ~ 15,0 см. Рослини представляли собою насіннєве покоління R1 і R2 потомство регенерантів клітинних культур R0 стійких до клітинних ліній, отриманих в результаті розроблених доз іонів важких металів (ІВМ).

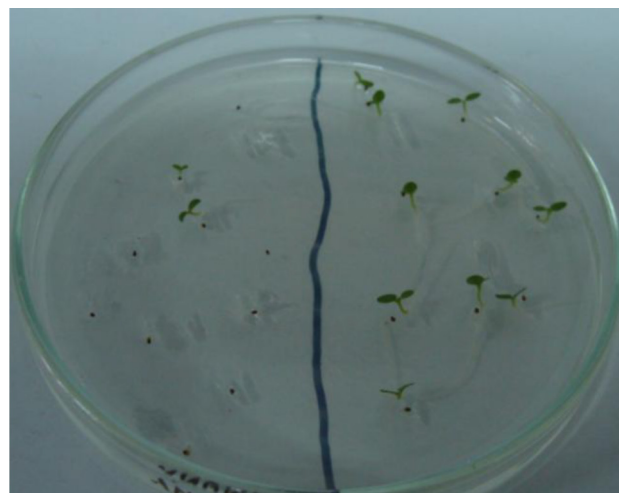
Пролін визначали згідно методики (Bates, 1973). Отримані результати статистично оброблені.

## Результати досліджень та обговорення

Різновидністю осмотичного стресу є водний стрес, під час якого рослинний організм піддається впливу лише осмотичної складової та зазнає зневоднення. При аналізі літературних даних про вплив іонів  $Cd^{2+}$  на перебіг фізіологічних реакцій

рослин вказувались деякі з них, пов'язані з регуляцією водного статусу (Robin et al, 2021). В умовах перманентного водного стресу відбувалося незворотне зневоднення рослинних клітин. Осмотичні стреси (засолення та посуха) однаково викликають водний дефіцит, однаково можуть здійснювати специфічний вплив на метаболізм рослин. Деякі автори мають докази на користь постулату про первинну дію гідравлічного сигналу (не гормонального впливу), який генерується в корінні у відповідь на сольовий стрес або ґрунтову посуху та миттєво поширюється, трансформуючись в клітинах в хімічні регуляторні сигнали й індукуючи формування ефективних захисних механізмів (Rithesh et al, 2023). Аналіз друків особливо вирізняє різнопланову роль проліну при захисті рослин від ушкоджень осмотичного стресу, а також динамічний характер змін цього показника (Liao et al, 2023). Наші попередні дослідження по багатьом позиціям узгоджуються із літературними даними (Gao et al, 2024). Однак, оскільки пролін має власну виняткову систему саморегуляції, ми встановили доцільність вимірювання та оцінювання не лише абсолютних величин вмісту цієї амінокислоти в клітинах, що культивувались за стресових умов, але й динаміки його накопичення/витрачання.

Схожість насіння R1 була на рівні  $96,60 \pm 2,34$  %, у R2 на рівні  $94,83 \pm 2,47$  %, тоді як насіння дикого типу –  $30,21 \pm 1,10$  %. В той же час проростки R1 та R2 з'являлись раніше за кон-



1

2

Рис. 1. Життєздатність насіння тютюну після 21-добової експозиції за нормальних умов:

1 – контроль; 2 – R1 стійких клітинних ліній

Fig. 1. Tobacco seed viability after 21 days of exposure under normal conditions 1 – control; 2 – R1 resistant cell lines



трольні та відзначались більш потужним темпом росту, що видно з рисунку 1.

Всі рослини мали по 2 листочки аналогічного розміру, а проростки R1 та R2 мали по 2 і більше корінців (контроль – 1 корінь). Довжина корінців суттєво переважала розміри надземної частини проростка. Товщина корінців проростків була однаковою у рослин, незалежно від генотипу та виду стресової системи.

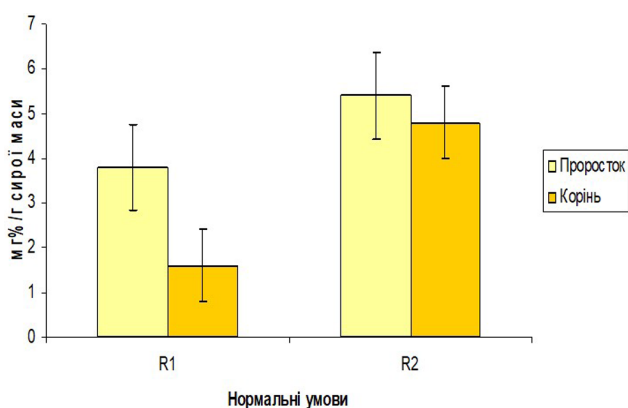


Рис. 2. Вміст вільного проліну у вегетативних тканинах 14-добових рослин тютюну

Fig. 2. Free proline content in vegetative organs of 14 dayold tobacco plants

Вміст *Pro* у вегетативних органах тютюну дикого типу за контрольних (нормальних, не стресових умов) був не значним, тоді як у ювенільних рослинах нащадків першого та другого поколінь спостерігалась не значна різниця органозалежності (Рис. 2).

Після 14-ти добового стресу спостерігали різницю між групами рослин (+H<sub>2</sub>O та -H<sub>2</sub>O). Дані наведено у таблиці 1.

Така різниця, імовірно, виникла внаслідок суми подій: підвищеного синтезу проліна *de novo* у надземній частині та транспорту проліна з кореневої частини. Таке припущення має сенс, оскільки відомо, що при зневодненні в першу чергу втрачають вологу листки, а однією із властивостей проліну – є його вологоутримуюча здатність (Dar et al, 2016; Fu et al, 2024; Moukhtari et al, 2020; Zhang et al, 2022). Перед визначенням кількості проліну в частинах рослини вимірювали лінійні та вагові показники: загальну довжину; окружність стебла навколо першого вузла куціння; масу надземної та кореневої частин.

На рисунку 3, а, б наведені відносні дані 1 – відношення мас проросток/корінь; 2 – відношення довжина проростка/маса проростка

Спостерігались варіації між контролем та поколіннями, як за умов нормального вологоза-

Таблиця 1. Вміст вільного проліну у вегетативних органах рослин тютюну витримували різну кількість вологи

Table 1. Free proline content in vegetative organs of tobacco plants withstanding defferent amounts of moisture

Лінія	+H <sub>2</sub> O		-H <sub>2</sub> O	
	Проросток	Корінь	Проросток	Корінь
Дюбек R1	2,12 ± 0,02	1,32 ± 0,31	98,78 ± 0,22	6,90 ± 0,1
Дюбек R2	3,54 ± 0,30	0,98 ± 0,03	90,44 ± 0,51	132,57 ± 0,64
Самсун R1	2,20 ± 0,06	1,11 ± 0,1	74,06 ± 0,39	59,19 ± 0,92
Самсун R2	3,50 ± 0,22	1,14 ± 0,02	76,22 ± 0,45	130,68 ± 0,70

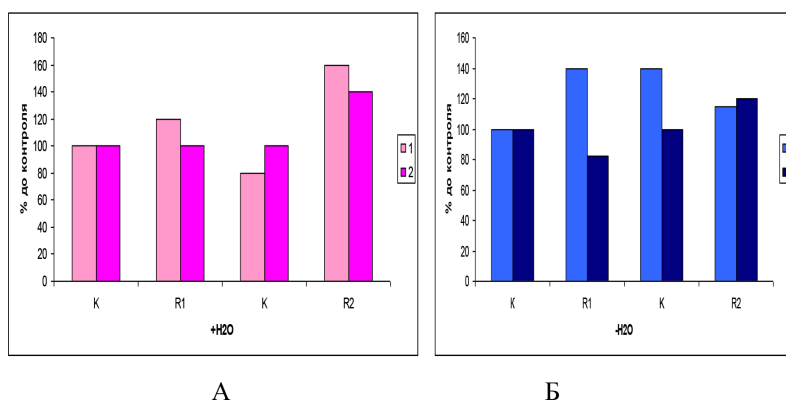


Рис. 3. Відносні морфометричні показники рослин тютюну при нормальному зволоженні (А); на 14-ту добу водного дефіциту (Б) в % до показників контролю за аналогічних умов

Fig. 3. Relative morphometric indies of tobacco plants under normal humidity (A); on 14 days of water deficit (Б) in % of control indies under similar conditions

беспечення, так і за її відсутності. Таким чином, на нашу думку, проявляються особливості онтогенезу кожного окремого експериментального варіанта.

Однак, порівняння позицій а та б за н.у. та при підсушуванні для кожної рослини показало ідентичність відповіді варіанта R1, істотну подібність у варіанта R2, індивідуальний характер акумуляції проліна у контрольних рослин.

Якщо проаналізувати явище підвищення рівня проліну та зміни параметрів рослини за умов недостачі вологи, то не викликає сумніву факт паралельного протікання цих подій. Хоча достовірної кореляції не встановлюється. Так, тотожне зростання вмісту проліна в коренях рослин нащадків першого та другого поколінь відбувається у різних за розміром органах. В той же час в поколіннях, подібних за масою та довжиною вегетативних органах акумулюється різна кількість проліна.

На нашу думку, можливо, така неоднозначність отриманих нами даних пов'язана з недостатністю стресостійкості. Це могло бути пов'язано з некоректним визначенням строку відсутності поливу та температурних змін протягом доби.

Тому, можливо, ми відслідковуємо швидкі реакції на зміни умов культивування (Ansari, Azadi et al, 2013; Cornic, 2000; Moukhtari et al, 2020; Khoma et al, 2021). Можливо така варіабельність між рослинами спільного походження виникає в наслідок змін, які відбуваються на ранніх стадіях ембріогенезу або ще раніше (Fu et al, 2024; Wu et al, 2022).

В той же час отримані дані не дають можливості пов'язати зростання рівня проліна із збільшенням рівня посухостійкості тютюну. Запропонований нами метод, на нашу думку, є креативним та

сучасним, для впровадження дослідження проблем стійкості.

## Висновки

Отже, адаптивну відповідь рослин на дефіцит води індукують стресові сигнали, що транспортуються з кореня по ксилемі, формують специфічні й неспецифічні системи реакцій, які функціонують на всіх рівнях ієрархічної організації рослинного організму.

Встановлено, що в умовах дефіциту води вплинуло на поліпшення накільчення насіння з подальшим проростанням у поколінь *Nicotiana tabacum* L. Захищеність рослини в несприятливих умовах залежить від накопичення вільного проліну у проростках насіння нащадків тютюну, що підтверджує перспективність застосування метаболічно активних речовин для адаптації рослин в умовах уповільненого надходження води. Паралельні біохімічний і морфологічний аналізи показали, що у варіанта R1 та R2 аналогічна акумуляція проліна відбувається у різних за статусом органах. Тому подальше вивчення впливу вище зазначених речовин для сільськогосподарських рослин в умовах нестачі води, є актуальним та цікавим для подальшого вивчення. При дослідженні проростання насіння та аналізі молодих проростків встановлено наступні особливості: при проростанні за нормальних умов *in vitro*, морфометричні показники надземної частини та кореневої системи форм тютюну R1 та R2 переважають показники рослин дикого типу; молоді проростки R1 R2 відзначались пластичністю метаболізму, яка проявлялася у адаптаціях при кардинальних змінах культуральних умов *in vitro*.

ANSARI, O., AZADI, M., SHARIF-ZADEN, F., YOUNESI, E. (2013) Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress conditions. *Journal of stress physiology and Biochemistry*, 9(3), 61–71

ALONSO, R., EVIRA, S., CASTILLO, F.J., GIMENO, B. S. (2001) Interactive effects of ozone and drought stress on pigments and activities of antioxidative enzymes in *Pinus halpensis*. *Plant Cell Environmental*, 24(6), 905–916

BATES, L. S., WALDREN, R. P., TREARE, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant soil*, 39, 205–207

CORNIC, G. (2000) Drought stress inhibits photosynthetic by decreasing stomatal aperture not by affecting ATP synthesis. *Trends Plant Science*, 5(5), 187–188

DAR, M. I., IFRAN M., REHMAN F., NAUSHIN F. (2016) Proline accumulation in plants: roles in stress tolerance

and plant development. *In: Osmilites and plants acclimation to changing environment onics technologies*. PP. 155–166. DOI: 10.1007/978-81-322-2616-1\_9

GAHLAUT, V., GAUTAM, T., WANI, A.H. (2023) Chapter 6. Abiotic stress tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.): molecular breeding perspectives. *QTL Mapping in crop improvement present progress and future perspectives*. P.101–117 DOI: 10.1016/B978-0-323-85243-2.00001

GAO, Y., ZHAO, C. (2024) Development and applications of metabolic models in plant multi-omics research. *HYPERLINK «https://www.frontiersin.org/journals/plant-science» Frontiers in Plant Science*, 15, 1361183 DOI: 10.3389/fpls.2024.1361183

FU, Z., CIAS, F., WIGNERON, J-P., GENTINE, P., FELDMAN, A. F., MAKOWSKI, D., VIOVY, N., KEMANIAN, A. R., GOLL, D. S., STOY, P. C., PRENTICE, I. C., YAKIR, D., LIU, L., MA, H., LI, X., HUANG, Y., YU, K., ZHU, P., LI, X., ZHU, Z., LIAN, J.,

- SMITH, W. K. (2024) Global critical soil moisture thresholds of plant water stress. *Nature Communication*, 15, 4826. DOI: 10.1038/s41467-024-49244-7
- MOUMITA, M. J., BISVAS, P., NAHAR, K., FUJITA, M. (2019) Exogenous application of gibberellic acid mitigates drought – induced damage in spring wheat. *Acta Agronomica*, 72(2), 1776. DOI: 10.5586/aa.1776
- MOUKHTARI, A., CABASSA–HOURTON, C., FARISSI, M., SAVOURE A. (2020) How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development? *Frontiers Plant Science*, 11 DOI: 10.3389/fpls.2020.01127
- PAES DE MELOI, B., AVELAR CARPINETTI, P., FRAGA, O. T., FIORESI, V. S., De CAMARGOS, L. F., Da SILVA FERREIRA, M. F. (2022) Abiotic stress in plants and their markers: a practice view of plant stress responses and programmed cell death mechanisms. *Plants*, 11(9), 1100. DOI: 10.3390/plants11091100
- RITHESH, L., CHANDRAN, D. R., JOHN, A. (2023). Plant's defence mechanisms against pathogens- structural defence and biochemical defence. *In: Recent trends in agriculture*. 3, PP. 227–248. DOI: 10.22271/int.book.233
- ROBIN, A. H. K., GHOSH, S., SHAHED, Md. A. (2021) PEG – induced osmotic stress alters root morphology and root hair traits in wheat genotypes. *Plants*, 10(6), 1042 DOI: 10.3390/plants10061042
- KHOMA, Y. A., NESTERENKO, O. G., KUTSO-KON, N. K., KHUDOLIEIEVA, L. V., SHEV-CHENKO, V. V., RASHYDOV, N. M. (2021) Proline content in the leaves of poplar and willow under water deficit. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(3), 519–522. DOI: 10.15421/022171
- LIAO, Z., ZHO,U Z., LI, Y., ZHANG, Y. (2023). Plant metabolism and synthetic biology. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 8(3), 563–564. DOI: 10.1016/j.synbio.2023.08.005
- LOHANI, N., SING, M., BHALLA, P. (2022) Biological parts for engineering abiotic stress tolerance stress in plants. *BioDesing Research*, 9819314. DOI: 10.34133/2022/9819314
- VAN MONTAGU, M. (2020) The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*, 43(2), 1–11. DOI: 10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040
- WANG, Z., YANG, Y., YADAV, V., ZHAO W., HE, Y, m ZHANG, X., WEI, C. (2022) Drouht – induced proline is mainly synthezed in leaves and transported to roots in watermelon under water deficit. *Horticultural Plant Journal*, 8(5), 615–626. DOI: 10.1016/j.hpj.2022.06.009
- WU, L., WANG, L., HUI, W., ZHAO, F., WANG, P., SU, C., GONG, W. (2022) Physiology of plant responses to water stress and related genes: a review. *Journal Forests*, 13(2), 324. DOI: 10.3390/f13020324
- ZHANG, H., ZHU, J., GONG, Z., ZHU, L-K. (2022) Abiotic stress responses in plants. *Nature reviews genetics*, 23, 104–119. DOI: 10.1038/s41576-021-004413-0
- ZHENG, C., BOCHMANN, H., LIU, Z., KANT, J., SCHREY, S. D., WOJCIECHOWSKI, T., POSTMA, J. A. (2023) Plant root plasticity during drought and recovery: what do we and where to do? *Frontiers Plant Science*, 14, 1084355 DOI: 10.3389/fpls.2023.1084355

## ANALYSIS OF SEED GENERATIONS OF BIOTECHNOLOGICAL WHEAT PLANTS AN ADDITIONAL COPY OF THE GENE ORGYTIN- $\delta$ -AMINOTRANSFERASE OF ALFALFA

Larysa BRONNIKOVA

*Cultivation of biotechnological winter wheat progeny under water deficit and salinity conditions allowed to analyse the level of free proline and to relate it to grain productivity. Under stressful conditions, the superiority of free proline content in the vegetative organs of genetically modified wheat compared to the original forms was noted. It was shown that the main indicators of the yield structure of the seed generation of wheat with a functional transgene significantly exceeded the control variants under normal and stress conditions. The object of the study was T1–T4 variants of winter wheat, genotype UK-209, UK 322/17. The aim of this study was to determine the tolerance to water deficit of seed generations T1–T4 of genetically modified wheat with partially suppressed expression of the proline dehydrogenase (ProDH) gene based on physiological and biochemical parameters and economic characteristics of plants. We used the following research methods: determination of yield structure parameters and biochemical methods for determining L-proline (Pro).*

*The level of Pro- and analysed elements of productivity in the progeny of transgenic plants and their original forms under normal and insufficient water supply was investigated. The winter wheat plants of T1–T4 generations of genotype UK 322/17, UK 209 h were studied for resistance to water and salt stress. The responses to short-term salinity and water deficit associated with the accumulation of free proline, as well as the nature of recovery from stress were analysed.*

**Key words:** *proline, Triticum aestivum L., osmotic stress, drought, productivity, yield, resistance, transgenic plants. Department of Genetic Engineering, Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Vasylkivska St., 31/17, Kyiv, 03022, Ukraine; email: Zlenko\_lora@ukr.net*

### **Аналіз насіннєвих поколінь біотехнологічних рослин пшениці з додатковою копією гена орнітин- $\delta$ -амінотрансферази люцерни**

**Броннікова Л.**

*Культивування нащадків біотехнологічних рослин пшениці озимої за дії водного дефіциту та засолення дозволило проаналізувати рівень вільного проліну та пов'язати з зерновою продуктивністю. За стресових умов відмічали перевагу вмісту вільного проліну у вегетативних органах генетично модифікованої пшениці порівнянні з вихідними формами. Показано, що за основними показниками структури врожаю, рослини насіннєвого покоління пшениці з функціональним трансгеном достовірно перевищують контрольні варіанти в умовах норми та стресу. Об'єктом дослідження були T1–T4 варіанти пшениці озимої, генотипу УК-209, УК 322/17. Метою даної роботи було встановлення толерантності до водного дефіциту насіннєвих поколінь T1–T4 генетично зміненої пшениці з частково пригніченою експресією гена проліндегідрогенази (ProDH) на основі фізіолого-біохімічних показників та господарських характеристик рослин. Нами було використано наступні методи дослідження: визначення показників структури врожаю та біохімічні методи визначення L-проліну (Pro).*

*Досліджено рівень Pro- та проаналізовані елементи продуктивності в нащадків трансгенних рослин та їх вихідних форм за нормального та недостатнього водопостачання. Досліджено рослини пшениці озимої T1–T4 поколінь генотипу УК 322/17, УК 209 h на стійкість до водного та сольового стресу. Проаналізовано реакції на дію короткострокових засолення і водного дефіциту, пов'язані із акумуляцією вільного проліну, а також характер відновлення після стресів.*

**Ключові слова:** *пролін, Triticum aestivum L., осмотичний стрес, посуха, продуктивність, врожайність, стійкість, трансгенні рослини.*

*Відділ генетичної інженерії, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна; e-mail: Zlenko\_lora@ukr.net*



## Introduction

In the last decade, the rapid increase in warming dynamics accompanied by a lack of precipitation has been of particular concern, which negatively affects crop productivity (De Melo et al. 2022; Kanwal et al. 2022). Therefore, the development of new cereal varieties with improved genetic backgrounds that are more tolerant to environmental stresses is one of the highest priority breeding objectives. Unlike resistance to abiotic stresses, which is mainly controlled by single genes, abiotic stresses are expressed by a multigene system, so controlling and engineering resistance to a particular negative impact is quite complex.

The development of plants resistant to abiotic stresses is based on the expression of genes involved in signalling and regulatory systems, in the process of triggering the synthesis of stress proteins, functional and structural metabolites.

In Ukraine, *Triticum aestivum* L. is the most widely grown cereal crop. It occupies more than 6 million hectares, which is more than 22 % of all cereal crops (Komisarenko et al. 2020; Mykhalska et al. 2023). Among all the natural factors that negatively affect the physiological processes of wheat growth and development and lead to a decrease in yields is water deficit caused by drought (Komisarenko et al. 2021; Abrarm et al. 2022; Cordea, Borsai 2021).

The harmful effect of drought is dehydration and disruption of metabolic processes in plants, which leads to protein breakdown, changes in the colloidal and chemical composition of the cell cytoplasm and, as a result, to a decrease in the amount of organic matter accumulated by plants (Palivoda et al.; 2021; Seleiman et al. 2021).

Particular attention is paid to the directions and possibilities of using genes that control proline (*Pro*) metabolism in plant engineering. To date, a number of important scientific results have been obtained in the field of plant transformation. Most of the interest is focused on the role of proline in osmotic regulation and enhancing the ability of plants to withstand cell dehydration caused by salinity, drought or extreme temperatures. The widespread use of proline as a stress adaptor molecule indicates that it plays a fundamental biological role in the stress response (Khoma et al. 2021; Zhang et al. 2022).

Partial suppression of proline dehydrogenase gene expression can lead to an increase in the content of L-proline and, as a result, the level of plant tolerance to abiotic stresses. The use of vector constructs in which the elements forming the double-stranded RNA suppressor are arranged as a reverse repeat of two exons and a nitron of the ProDH gene of *Arabidopsis thaliana* is promising. Inhibition of proline catabolism

gene expression in genetically modified plants occurs at the transcriptional stage as a result of short siRNA formation (Moumita et al. 2019; Zheng et al. 2009).

The ornithine  $\delta$ -aminotransferase (*oat*) gene encodes the enzyme OAT (EC 2.6.1.13), which catalyses the transfer of the delta amino group of ornithine to alpha ketoglutarate to form pyrroline 5 carboxymylase (P5CS) and glutamate. This reaction is part of the system of interconversion of amino acids such as arginine, ornithine, glutamate and proline. Their metabolism is associated with the fixation, storage and recombination of nitrogen, seed formation and germination, resistance to various abiotic stressors, and regulation of growth and development processes. Therefore, ornithine  $\delta$ -aminotransferase can be a regulator of cellular metabolism, as the reaction it catalyses links several biochemical systems (Dubrovna, Slivka 2022; Mykhalska et al. 2023).

However, the created genetically modified plants require further research in generations both in control and laboratory conditions. Obtaining a seed generation of transgenic winter wheat plants and testing them *in vivo*, where they will be exposed to multiple stresses that can suppress the protective effects of the embedded gene, will allow determining their level of resistance to abiotic stress, which is an important area of research.

## Materials and methods

The aim of this work was to determine the tolerance to water deficit of seed generations T1–T4 of genetically modified wheat with partially suppressed expression of the proline dehydrogenase (ProDH) gene based on physiological and biochemical parameters and economic characteristics of plants. We used natural methods of research: determination of yield structure indicators and biochemical methods for determining L-proline (*Pro*).

The object of the study was winter wheat plants UK 209h, UK 322\17, selected by the Institute of Plant Physiology and Genetics, as well as the seed generation of biotechnological plants created on their basis and obtained as a result of T1–T4 propagation as a result of *Agrobacterium*-mediated in planta transformation, the transgenic status of which was confirmed by molecular genetic analysis (Dubrovna, Slivka 2022; Komisarenko et al. 2020; Komisarenko, Mykhalska 2023). The transformation was carried out using the strain from *A. tumefaciens* LBA4404, which contained the plasmid pBi2E with the target gene, a double-stranded RNA suppressor of the Arabidopsis proline dehydrogenase (ProDH) gene.

The level of resistance of transgenic plants progeny (T1–T4) was analysed under osmotic stress conditions, and the content of free proline in vegetative organs was studied *in vitro* and *in vivo*.

The object of the study was 10-day-old seedlings. The seeds of transgenic plants and controls selected for the experiment were a group of seeds randomly selected from the total crop. Mature seeds were germinated for 10 days in a semi-diluted solution of microelements according to Murashige-Skoog. The nutrient solution was changed every two days. On day 10, seedlings were transferred to simulated stress conditions for three hours.

Osmotic stress was created by adding mannitol or seawater salts to the specified nutrient solution. Mannitol, concentration 0.8 M, modelled water stress; sea water salts (sea salt), concentration 25.0 g/l, modeled natural complex salinity.

The content of free proline was determined separately in the aerial (seedling) and root parts on the 10th day of cultivation according to the standard method (Darm et al. 2016). Parameters measured under were considered as control parameters; ‘stress’ parameters were measured three hours after the onset of water or salt stress. The experiment was carried out in triplicate. The data were statistically processed.

Sampling for structural analysis of the crop was carried out during the period of full ripeness of grain

in 3 replicates. The experimentally obtained data were processed by mathematical statistics.

## Results and discussion

In general, diagnosing the level of genotype viability at early stages of ontogeny is important for winter wheat breeding, as in Ukraine, periods of spring or autumn drought have become more frequent during grain germination.

When applying any biotechnology, the inheritance of a new trait in generations is always a necessary result. This is especially true when obtaining stress-resistant plants, as there are cases of meiosis disruption and elimination of the acquired characteristic (Mykhalska et al. 2022; Imran et al. 2021). Cultivation under water deficit will allow to establish the level of osmotolerance of plants, which depends on the functionality of the transgene and to link it to changes in the proline content, which will affect the crop yield (Komisarenko et al. 2023; Semiani et al. 2016).

For most higher plants, seeds are a stage of ontogeny that requires water for development, and a lack of water negatively affects germination. Winter wheat seeds were germinated under different conditions.

The addition of mannitol (lowering the osmotic pressure) caused a delay in germination of the grains, especially at the beginning of the experiment (day 5). This was probably due to the limited access to water,

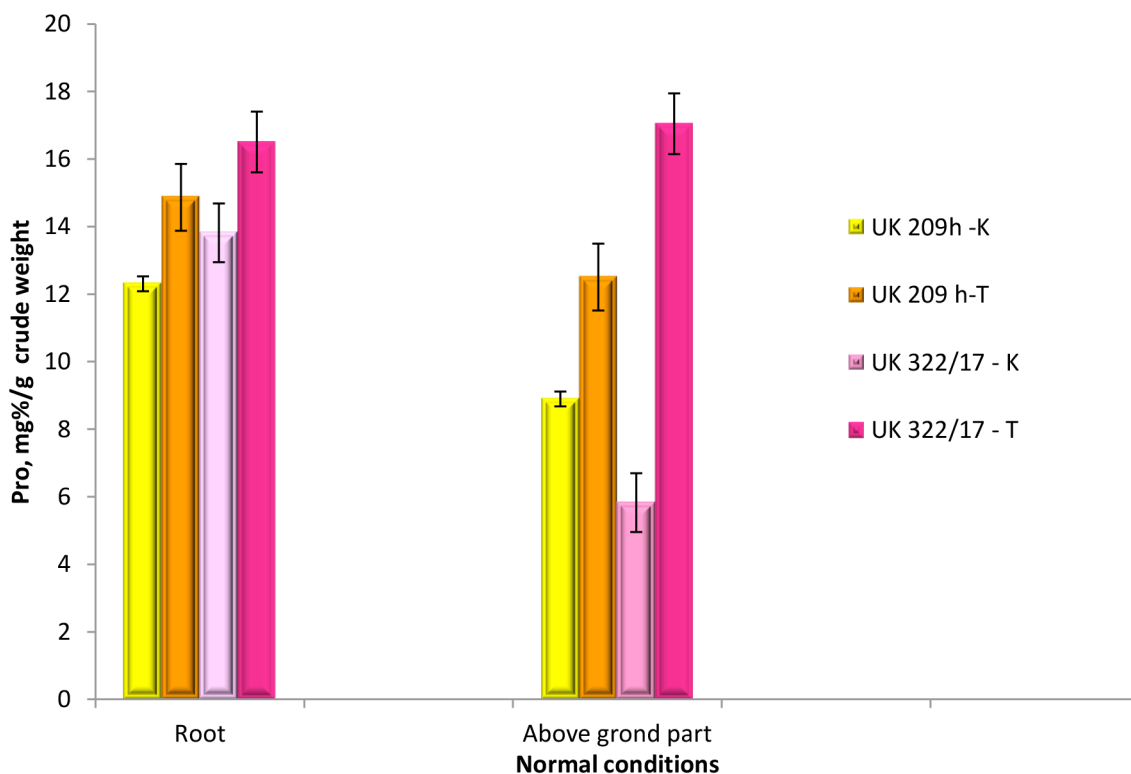


Fig. 1. Free proline (mg%/g crude weight) in vegetative organs of 10-day-old *Triticum aestivum* L. seedling under normal conditions

as it is known that mannitol can pull moisture from plant cells. This may be indicated by the indicators of the 7<sup>th</sup> day; the number of germinated grains increased. At the same time, the negative effect of stress was more significant in the genotype UK 322/17.

As a result of germination of mature grains, young seedlings with formed vegetative organs were formed on day 10. The appearance of the seedlings was similar in all variants, which may indicate that T1–T4 plants do not have advantages in germination over the original forms under normal conditions. Such physiological characteristics of genetically modified plants have been reported (Zheng et al. 2009). Therefore, the parameters of metric evaluation of external morphological structures at n.u. cannot be reliable indicators of the impact of the introduced transgene.

Under normal conditions, the content of free proline (*L-pro*) was measured separately in the aerial parts and roots of 10-day-old winter wheat seedlings (Fig. 1).

In the control plants UK 209h and UK 322/17, the vast majority of the amino acid is located in the roots. It is highly likely that this was due to differential gene expression in vegetative organs. The reason for this phenomenon can be considered the fact of redistribution of free proline, since the n.u. cultivation was maintained (Seleiman et al. 2019; Wang et al. 2022). In absolute terms, the content of free *L-pro* in the root parts of all genotypes was identical, which may also indicate a normal (similar) course of metabolism.

At the same time, no organ-dependent accumulation of proline was observed in the T-forms. Thus, it can be concluded that under normal conditions, 10-day-old winter wheat plants (control and T-forms) already show a difference in the nature of *L-pro* distribution in vegetative organs. At the same time, no differences were observed between the arrays UK 209h-K, UK 209h-T, UK 322/17-K, and UK 322/17-T.

Young seedlings of winter wheat genotypes were exposed to severe osmotic stress (mannitol, sea water salts) for three hours, after which the level of free *L-pro* in the aerial and root parts was analysed (Table 1). Under stressful conditions, a wider range of genotypic features was observed. In absolute

value, the level of amino acid in the form of UK 209h practically does not differ from the control values, and in the form of UK 322/17 the changes were in plant parts. At the same time, in the line UK 209h, the accumulation of free proline prevailed in both studied plant parts under mannitol stress; at the same time, in the original form UK 322/17, a higher level of *L-pro* was observed under salt stress (factor dependence).

Such events could be the result of different genotypic sensitivity to the stressor. At the same time, in plants of both variants, the level of free proline was maintained due to its synthesis.

In T plants (T1–T4 generations), a number of discrepancies with the normal values were also noted. Thus, in the line UK 209h-T, the level of free *L-pro* in the roots increased in significant amounts under the influence of salinity; in the aerial part, the accumulation of the amino acid was moderate, the same in the presence of any stressor. In both parts of the plants of UK 322/17-T the level of amino acid was almost the same or slightly lower than the values measured at n.u. In general, the trend of free *L-pro* accumulation in the line UK 209h-T can be characterised as stabilisation/increase, while in the case of the line UK 322/17-T there is a stabilisation/decrease. Thus, the fact of genotypic differences in this case becomes clear.

Since T1–T4 plants of both genotypes were seed progeny of transformants obtained as a result of the introduction of a single construct, the question arises as to the contribution of the transgene to the overall functioning of the systems regulating the level of free *L-pro*. The nature of proline distribution in parts of T plants may indicate the absence of active delivery of the transport system. The interaction of oxidation synthesis systems comes to the fore.

It is a well-established fact that amino acid synthesis increases under the influence of stress factors. At the same time, this event is additionally facilitated by a decrease/termination of the activity of the degradation gene. This event is genetically programmed for both conventional plants and GM organisms. Therefore, in our particular case, it is impossible to establish the contribution of the introduced construct to the inhibition of PDH activity. At the same time, given the

Table 1. Free proline content (mg%/g crude substance) in vegetative organs of 10-day-old winter wheat seedlings under simulated osmotic stresses

Genotype	Root		Aerial part	
	Manitol	Sea water salts	Manitol	Sea water salts
UK 209h	13,81 ± 3,44	8,90 ± 1,11	12,71 ± 0,78	8,02 ± 0,20
UK 209h-T	18,37 ± 2,76	35,60 ± 3,48	17,25 ± 4,13	16,33 ± 3,15
UK 322/17	5,17 ± 1,09	21,95 ± 3,71	12,83 ± 3,36	18,82 ± 2,11
UK 322/17-T	11,54 ± 2,36	16,54 ± 0,99	13,87 ± 2,85	16,31 ± 2,11

different trend of free L-pro accumulation in the lines UK 209h-T and UK 322/17-T, it is possible to assume that transgenesis interacts with endogenous genes, which will affect the viability of the organism under stressful conditions. It is likely that by prolonging the period of stress exposure, this phenomenon can increase the stress resistance of GM plants, since this characteristic is known to be a polygenic trait.

T-3 seeds were obtained from the transformed plants and used to study the osmotolerance of plants in a vegetation experiment. T-3 seeds were sown in 10-litre buckets filled with soil mixture. To simulate drought, the plants were switched to limited watering at the stage of tube emergence.

The duration of the artificial drought was three weeks. During the first week, soil moisture was maintained at 60 % of full moisture saturation, during the second – 50 %, and during the third – 40 %. Plant growth under water deficit conditions, free L-proline content and structural yield parameters were analysed.

The higher resistance to water deficit of T3 plants compared to the original ones was reflected in their growth pattern. Under normal irrigation, the average height of plants of the original variety and transformants was the same and averaged 66 cm. Under conditions of water stress at the stage of tube emergence, the average height of the original plants was approximately 45 cm, and the resistant plants had an average height of 55–60 cm.

The transgenic plants of the lines under osmotic stress were slightly inferior in terms of yield to the control plants grown under optimal conditions. However, the yield of most transformed lines was higher than that of non-transformed plants under soil moisture deficit (Table 2).

Thus, the use of the vector construct pBi2E containing a double-stranded RNA suppressor of the *pdh* gene is effective for the creation of transgenic durum wheat plants with an increased level of resistance to water deficit.

It was found that transgenic plants under normal conditions do not differ from control plants in morphological parameters and developmental

time, while under stress conditions the initial forms prevailed in terms of the main yield parameters. A positive correlation between the level of free L-proline and resistance of transgenic wheat plants to osmotic stress was found, which may be due to the influence of *L-proline* on the expression of other plant stress response genes or to the positive effect of increased content of this amino acid on resistance in the early stages of stress development.

## Conclusions

1. Cultivation of control forms and progeny of biotechnological winter wheat plants under water deficit and salinity allowed to analyse the level of free proline and grain productivity. Under stressful conditions, the growth of free proline in the vegetative organs of winter wheat was observed. In the control forms UK 209 h and UK 322, the accumulation of the amino acid in the roots under the influence of mannitol was 13.81 mg/g of fresh weight and 5.7 mg/g of fresh weight, respectively. In T-plants UK-209 h and UK 322/17, the level of L-proline in the root part was 18.37 and 11.54 mg/g of fresh weight, respectively.

2. Under the influence of salinity, the accumulation of *Pro* in the aerial part of the control forms of UC 290 h was 8.02 mg/g of fresh weight, in UC 322/17 the level of amino acid increased to 18.82. In biotechnological plants in the aerial part, the level of *L-proline* in UK 290 h was 17.25 mg/g of fresh weight, in UK 322/17-16.31.

3. It was found that plants with reduced proline dehydrogenase activity are characterised by a significantly higher content of free L-proline compared to the control.

4. A positive correlation between the level of free *L-proline* and the resistance of transgenic wheat plants to osmotic stress was found.

5. It was shown that the main indicators of the yield structure, plants of seed generation T-3 of wheat with a functional transgene significantly exceed the control variants under normal and stress conditions.

Table 2. Indicators of yield structure of T3 and control plants under osmotic stress

Option	PH, cm	LMS, cm	GWMS, g	GWPP, g	WTG, g
Control (-)	92,2 ± 2,1	9,8 ± 0,7	1,4 ± 0,2	2,4 ± 0,3	29,6 ± 0,3
Control (+)	59,2 ± 6,0*	6,6 ± 1,2*	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2*	23,4 ± 1,8
UK 322/17	85,2 ± 5,2*	9,7 ± 0,9	1,2 ± 0,1	2,2 ± 0,2	26,9 ± 0,7
UK 209 h	86,8 ± 4,0*	9,3 ± 0,7	1,2 ± 0,1	2,1 ± 0,2	26,8 ± 0,4

Note: PH – Plant height, LMS – Length of the main spike, GWMS – Grain weight in the main spike, GWPP – Grain weight per plant, WTG – Weight of a thousand grains, Control (-) – non-transformed plants grown without osmotic stress, Control (+) – non-transformed plants grown under osmotic stress conditions; \* the difference between control and experience is significant when  $p \leq 0,05$



- ABRARM, M., SOHAIL, M., SAQIB, M., AKHTAR, J., ABBAS, G., WAHABH, H., MUMTAZM, Z., MEHMOOD, K., MEMON, M.S., SUN, XUM. (2022) Interactive salinity and water stress severely reduced the growth, stress tolerance, and physiological responses of guava (*Psidium guajava* L.). *Scientific reports*, 12, 18952. DOI: 10.1038/s41598-022-22602-5
- CORDEA, M. I., BORSAL, O. (2021) Salt and water stress responses in plants. In: Hasanuzzaman, M., Nahar, K. (Eds.) *Plant Stress Physiology – Perspective in Agriculture*. DOI: 10.5772/intechopen.101072
- DARMI, I., IFRAN, M., REHMAN, F., NAUSHIN, F. (2016) Proline accumulation in plants: roles in stress tolerance and plant development. – In: *Osmilites and plants acclimation to changing environment onics technologies*. pp. 155–166 DOI: 10.1007/978-81-322-2616-1\_9
- DE MELO, B. P., DE AVELAR CARPINETTI, P., FRAJA, O.T., RODRIGES-SILVA, P.L., FIPRESI, V.S., DE CAMARGOS, L.F., DA SILVA FERREIRA, M.F. (2022) Abiotic stresses in plants and their markers: a practice view of plant stress responses and programmed cell death mechanisms. *Plants*, 11 (1100), 1–25. DOI: plants11091100
- DUBROVNA, O.V., SLIVKA, L.V. (2022) *Agrobacterium* – oposedkovanana transformatsiia perspektyvnykh henotypiv ozymoi pshenytsi za vykorystannia ornitin- $\delta$ -aminotrasferazy. *Fiziolohiia Roslyn i henetyka*, 54 (4), 311–327. (in Ukrainian). DOI: 10.15407/frg2022.04.311
- IMRAN, Q. M., HUSSAN, A., MAN, B-G., YUN, B-W. (2021) Abiotic stress biotechnological tools in response. *Agronomy*. 11 (8), 1579. DOI: 10.3390/agronomy11081579
- KANWAL, M., GOGOI, N., JONES, B., BARIANA, H., BANSAL, U., AHMAD, N. (2022) Pollen: A potential explants for genetic transformation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 12 (9), 2009, DOI: 10.3390/agronomy12092009
- KHOMA, Y.A., KUTSOKON, N.K., KHUDOLIEIVA, L.V., SHEVCHENKO, V. V., RASHYDOV, N. M. (2021) Proline content in the leaves poplar and willow under water deficit. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (3), 519–522. DOI: 10.15421/022171
- KOMISARENKO, A. H., MYKHALSKA, S. I. (2023). Doslidzhennia naslidkiv transhennykh roslyn *Triticum aestivum* L. iz chastkovoii supresiiu prolindehidrohenazy. *Fakty eksperimentalnoi evolutsyi orhanizmiv*, 32, 103–108. (in Ukrainian). DOI: 10.7124/FEEO.v.1544
- KOMISARENKO, A. H., MYKHALSKA, S. I., KURCHYI, V. M. (2020) Oposedkovanist T4 pokolinnia odnodolnyh i dvodolnyh roslyn iz pryhnichenoiu ekspesiiu hena katabolizmu prolinu. *Fiziolohiia roslyn i henetyka*, 52 (5), 434–448. (in Ukrainian). DOI: 10.15407/frg2020.05434
- MYKHALSKA, S. I., KOMISARENKO, A. H., MYKHALSKYI, L. O. (2023) Doslidzhennia kompleksu adaptatsiinykh harakterystyk do umov vodnoho defitsitu henetychno zminenykh roslyn *Triticum aestivum* L. z chastkovoii supresiiu hena katabolizmu prolinu. *Fiziologiya roslin i genetika*, 55 (3), 251–264. (in Ukrainian). DOI: 10.15407/frg2023/03/251
- MOUMITA, M. J., BISWAS, P., NAHAR, K., FUJITA, M., HASSANUZZAMAN, M. (2019) Exogenous application of gibberellic acid mitigates drought – induced damage in spring wheat. *Acta Agronomica*, 72 (2), 1776 DOI: 10.3390/antiox9080681
- PALIVODA, Yu. M., GAVIY, V. M., KUCHMENKO, O. V. (2021) Fizioloho-biohimichni pokaznyki pshenytsi miakoi (*Triticum aestivum* L.) pry modeliuvanni vodnoho defitsytu za dii metabolichno aktyvnykh spoluk. *Naukovi zapiski Ternopiolskoho natsionalnoho pedahohichnoho universitetu Volodymyra Hnatyika. Seriya Biolohiia*, 81(3), 44–54. (in Ukrainian). DOI: 10.25128/2078-2357.21.3.7
- SELEIMAN M. F., AL-SUHAIBI, N., ALIN., AKMAL, M., ALOTAIBI, M., REFAY, Y., DINDROGLU, T., ABDUL-WAJIDH, H., BATTAGLIAM, L. (2021) Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2), 259. DOI: 10.3390/plants10020259
- SEMIANI Y., BRAEDA M. S., BENBELKACEM A., SEMIANI M. (2016) Comparative study of proline accumulation of some varieties of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under stress conditions. *Bulletin UASVM Agriculture*. 73 (2), 306–310. DOI: 10.15835/buasvmcn-agr:12425
- WANG, Z., YANG, Y., YADOV, V., HE, Y., ZHANG, X., WEI, C. (2022) Drought-induced proline is mainly synthesized in leaves and transported to roots in watermelon under water deficit. *Horticultural Plant Journal*, 8 (5), 615–626. DOI: 10.1016/j.hpj.2022.06.009
- ZHANG, H., ZHU, J., GONG, Z., ZHU, J-K. (2022) Abiotic stress responses in plants. *Nature reviews genetics*. 23, 104–119. DOI: 10.1038/s41576-021-004413-0
- ZHENG, K., CHEN, B., LU, G.; HAN, B. (2009) Overexpression of a NAC transcription factor enhances rice drought and salt tolerance. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 2(4), 832–837. DOI: 10.1016/j.bbrc.2008.12.163

## GALLANT SOLDIER – A PROMISING RAW MATERIAL WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES

Natalia VOROBETS<sup>1</sup>, Halyna YAVORSKA<sup>2</sup>

*Galinsoga parviflora* Cav. (Asteraceae family) is a segetal-ruderal species, introduced from Peru and spread throughout the territory of Ukraine, the European and other continents. In our country, it is a dangerous invasive species that litters crops and natural biomes. Simultaneously, *G. parviflora* is an edible plant that is used in traditional medicine in some countries, and there are some results of scientific research that testify to the effectiveness of its use as a medicinal plant material with anti-inflammatory, wound-healing, hypotensive, hemostatic, cytotoxic properties and others. Since the *G. parviflora* species is morphologically variable, there is a need to study its chemical composition and properties before using it, in particular as a medicinal plant raw material or for other purposes. The phytochemical investigation of aqueous and aqueous ethanolic extracts of *G. parviflora* herb resulted in the identification of several groups of biologically active compounds. Most of them are polyphenols, flavonoids, carotenoids – have high antioxidant activity, and therefore can cause antibacterial effects. The aim of the study was to collect *G. parviflora* plants, prepare extracts from the above-ground part (grass) and determine the content of polyphenolic compounds, flavonoids, carotenoids, as well as the antibacterial activity of the prepared extracts. In extracts of the *G. parviflora* herb collected in the vicinity of Lviv, the content of polyphenols was determined at the level of 4.38–7.71 mg·g<sup>-1</sup> of dry mass (DM) in terms of gallic acid, the content of flavonoids at the level of 3.56–7.27 mg·g<sup>-1</sup> of DM in terms of quercetin, and carotenoids – 10.95 ± 0.5 µg · g<sup>-1</sup> of DM. Studies of the antibacterial activity of ethanolic and aqueous-ethanolic extracts of the herb *G. parviflora* against test cultures of *Escherichia coli* and *Bacillus brevis*, conducted using the well method, allowed to establish that the extract prepared with 20 % aqueous ethanol most strongly inhibits the growth of the studied cultures. Strong statistically significant relationships were established between the zones of inhibition of *E. coli* and flavonoids –  $p < 0.001$ .

**Key words:** *Galinsoga parviflora* Cav., aqueous and aqueous-ethanolic extracts, antibacterial activity.

<sup>1</sup> Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Pekarska Str., 69, Lviv, 79010, Ukraine; e-mail: vorobets\_natalia@meduniv.lviv.ua

<sup>2</sup> Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho Str., 4, Lviv 79005, Ukraine; e-mail: halyna.yavorska@lnu.edu.ua

### Незбутниця дрібноцвіта – перспективна сировина з протибактеріальними властивостями Воробець Н.<sup>1</sup>, Яворська Г.<sup>2</sup>

*Galinsoga parviflora* Cav. (Родина айстрових) сеgetально-рудеральний вид, інтродукований з Перу і поширений по всій території України, Європейського та інших континентів. У нашій країні це небезпечний інвазивний вид, який засмічує посіви та природні біоми. Водночас *G. parviflora* є їстівною рослиною, яку використовують в народній медицині деяких країн, і є результати наукових досліджень, якими підтверджують ефективність її використання як лікарської рослинної сировини з протизапальними, ранозагоювальними, гіпотензивними, кровоспинними, цитотоксичними властивостями та ін. Оскільки вид є морфологічно мінливим, виникає необхідність вивчення його хімічного складу та властивостей перш ніж використовувати, зокрема як лікарської рослинної сировини або з іншою метою. Фітохімічне дослідження водного та водно-етанольного екстрактів надземної частини (трави) *G. parviflora* Cav. (Asteraceae) дало змогу ідентифікувати вміст кількох груп біологічно активних сполук. Більшість з них – поліфеноли, флавоноїди, каротиноїди – мають високу антиоксидантну активність, а відтак, можуть зумовлювати антибактерійну дію. Метою дослідження було визначити вміст поліфенольних сполук, флавоноїдів, каротиноїдів, а також дослідити антибактеріальну активність водного та водно-етанольного екстрактів надземної частини (трави) *G. parviflora*. В екстрактах трави *G. parviflora*, зібраної в околицях м. Львів, визначено вміст поліфенолів, що становить 4,38–7,71 мг · г<sup>-1</sup> сухої маси в перерахунку на галову кислоту, вміст флавоноїдів – 3,56–7,27 мг · г<sup>-1</sup> сухої маси в перерахунку на кверцетин, каротиноїдів – 10,95 ± 0,5 мкг · г<sup>-1</sup> сухої маси. Дослідження антибактеріальної активності етанольних та водно-етанольних екстрактів трави *G. parviflora* проти тест-культур *Escherichia coli* та *Bacillus brevis*, проведені за допомогою методу дунок,

дозволили встановити, що екстракт виготовлений з 20 % водним етанолом найсильніше пригнічує ріст досліджуваних культур. Було встановлено сильні статистично значущі зв'язки між зонами інгібування *E. coli* та флавоноїдами –  $p < 0,001$ .

**Ключові слова:** *Galinsoga parviflora* Cav., водний і водно-етанольні екстракти, антибактерійна активність.

<sup>1</sup> Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, Львів, 79010, Україна; e-mail: vorobets\_natalia@meduniv.lviv.ua

<sup>2</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна; e-mail: halyna.yavorska@lnu.edu.ua

## Introduction

The species *G. parviflora* is distributed worldwide as a native (to South and North America) or introduced to various countries (in Asia, Africa, and Australia) with temperate and subtropical climates (Damalas et al. 2008; Bharathi et al. 2021). Various biologically active substances have been identified in the aboveground and underground parts of *G. parviflora*, including quercetin, beta-sitosterol, gallic acid, kaempferol, etc. (Mostafa et al. 2013; Shabasy 2019). The presence of these substances gives *G. parviflora* potential pharmacological properties, in particular, antibacterial, antimalarial, antidiabetic and anti-inflammatory (Studzińska-Sroka et al. 2018; Katiyar et al. 2020). These properties are primarily associated with the antioxidant effect of phenolic compounds in plant extracts (Studzińska-Sroka et al. 2018). Some relevant reports on *G. parviflora* from different localities have revealed variations in its chemical constituents (Mostafa et al. 2013).

*Galinsoga parviflora* has significant antibacterial activity against various bacteria. For example, extracts of *G. parviflora* were weak effective against *B. subtilis*, and had antibacterial potential against *Klebsiella pneumoniae* and *Salmonella typhimurium*, and significant effects were observed against *E. coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, compared to standard cefotaxime (Mostafa et al. 2013). There are reports of antibacterial activity against gram-positive bacteria of the leaf oil of *G. parviflora* (Pino et al. 2010). Several compounds of this oil have been shown as mosquito larvicide properties (Govindarajan et al. 2018).

However, the effect of *G. parviflora* extracts on many other species and strains of bacteria remains undiscovered, although there is a need to discover new antibacterial plant extracts that could be used as an alternative to antibiotics against resistant bacteria.

*Bacillus brevis* (or *Brevibacillus brevis* or *Aneurinibacillus migulanus*) is an aerobic, spore-forming Gram-positive bacteria that secrete various secondary metabolites – agents for combating phytopathogens (Yang, Yousef 2018). In certain cases, these bacteria themselves become the causative agents of the disease (Parvez et al. 2009; Wenbo et al. 2023).

*Escherichia coli* belongs not only to commensal strains, but also to pathogenic ones, which cause

various human diseases, leading to more than 2 million deaths each year (Kaper et al. 2004; Tenaillon et al. 2010). Commensal and pathogenic strains of *E. coli* demonstrate diverse phenotypic and genotypic variants, with more than 700 serotypes identified. Strains are classified into several phylogenetic groups: A, B1, B2, and D (Clermont et al. 2013). The first registration of the analysis of *E. coli* genome sequences took place in 1997, and since then more than 4800 genomes of these bacteria have been sequenced. The rapid growth of *E. coli* makes them important for studying the evolution of microorganisms, particularly during long-term experimental studies (Tenaillon et al. 2016).

It is believed that *E. coli* mainly inhabits the lower parts of the intestinal tract of warm-blooded animals and humans, and enters the environment through feces (Berthe et al. 2013). The use of *E. coli* as a bacterial host has led to the development of a variety of gene manipulation systems, which have facilitated the production of numerous industrial products. The strain *Escherichia coli* ATCC 25922 was originally isolated from a clinical specimen in Seattle, Washington (1946), its complete genome is known, and the strain is often used in quality control testing (Minogue et al. 2014).

The aim of this study was to evaluate the utility of aqueous and aqueous-ethanolic extracts of the *Galinsoga parviflora* herb in terms of antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Bacillus brevis*, and to relate this to the phytochemical profile of these extracts.

## Materials and methods

*Galinsoga parviflora* Cav. plants were collected during the flowering stage in the vicinity of Lviv (Western Ukraine), the above-ground part was separated and dried in the shade at room temperature to an air-dry state. Fresh plant samples were used for macroscopic analysis and identification. The dry raw material was stored in hermetically sealed boxes until use. Before preparing the extracts, the dry raw material was ground by an electric mill (for grinding coffee beans) from Bosch to obtain a powder. The raw material obtained in powder form was used to prepare aqueous and aqueous-ethanol (AE) extracts with 20 %, 60 % and 96 % ethyl alcohol. The extracts were prepared according to the



requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine: ratio of sample: extractant = 1:10 or 1:20 (weight, g/volume, ml). Aqueous extracts and AE extracts made with 20-, 60-, 96 % AE in the same ratio were prepared on a slowly boiling water bath for 30 min under reflux. After cooling, the extracts were filtered through a Whatman paper filter and used in the experiment.

The content of phenolic compounds and flavonoids in the extracts was determined spectrophotometrically according to the methods described in Yavorska et al. (2023). The total carotenoid content in the extracts prepared with 96 % ethanol was determined by the method described in Natival, Rafael (2014). The results of three studies are presented. In the quantitative analysis of various BAS, extinction determination was performed on a Ulab 102, 102 UV spectrophotometer.

To study antibacterial activity, one-day cultures of bacteria were used as test cultures: *Bacillus brevis* VKM B-503 (ATCC 8246) and *Escherichia coli* ATCC 25922 from the culture museum of the Department of Microbiology of the Ivan Franko National University of Lviv. Test cultures of *E. coli* and *B. brevis* bacteria were grown on non-selective trypticasein soy agar (TSA) during 24 h. Ciprofloxacin, 0.3 % (1 drop/well), was used as a control for bacterial cultures, as well as solvents – 20-, 60- and 96 % ethanol. The antimicrobial effect of the extracts was determined by diffusion into a dense agar medium, in which 0.2 ml of aqueous or aqueous-ethanolic extract from the wells diffused into the medium seeded with suspensions of the studied microorganisms (standardized to 0.5 McFarland, which is approximately  $10^8$ – $10^9$  cells/ml). The seeded plates were placed in a thermostat for one or two days at a temperature of  $28 \pm 1$  °C. After cultivation, the diameter of the zone of inhibition (ZI) was measured with a ruler. The criteria described in Cappelli et al. (2021) were used to assess antimicrobial activity.

Statistical analysis of the results was performed using the Microsoft Office Excel 2016 software package. Correlation analysis was performed in Jamovi 2.3.21 using Pearson's linear pairwise correlation.

## Results

The results of the determination of the content of polyphenols, flavonoids and carotenoids in the herb *G. parviflora* are presented in Table 1.

The highest phenolics content was in the extract prepared with 20 % AE, followed by prepared with 60 % AE, prepared with 96 % AE, and aqueous, respectively. Extract prepared with 60 % AE attained the highest flavonoids content, followed by with 20 % AE, with 96 % AE and aqueous, respectively (Table 1).

Comparing our observed results with Studzińska-Sroka's et al. (2018) report on the total content of polyphenols in the herb *G. parviflora* shows that the values of this indicator obtained by us are lower, although the total content of flavonoids is commensurate with ours.

The flavonoid content which was determined by Bazylo et al. (2015) in the ethanolic and aqueous extracts of *G. parviflora* was higher than the values obtained by us. The proportionality of the content when similar extraction conditions are used confirms the expediency of using the amount of flavonoids for the standardization of raw *G. parviflora* materials (Bazylo et al. 2015). Certain differences in the quantitative value of polyphenols and flavonoids may be caused by the different growth conditions of *G. parviflora*: climate, as well as the different extractants and extraction conditions used by different authors. However, our results also indicate a high content of phenolic compounds and flavonoids, in the herb of *G. parviflora*.

It has been established that these components can be used in medicine for the treatment of various diseases, such as Alzheimer's and Parkinson's diseases (Shabani et al. 2020); cancer (Keyvani-Ghamsari et al. 2023), and as an anti-arthritic and antiplatelet agent (Katiyar et al. 2020), and plant raw materials can be used as an ingredient in cosmetics, food and medicines (Soni et al. 2005).

Aqueous and AE extracts of *G. parviflora* were found to have antibacterial properties. The 20 % aqueous-ethanolic extract was the most effective (Table 2). *E. coli* was highly sensitive to extracts prepared with 20 % and 96 % AE, *B. brevis* was significantly affected by the aqueous extract.

Table 1. The total content of polyphenols, flavonoids and carotenoids in *Galinsoga parviflora* extracts,  $M \pm m$

Extract type	Total polyphenol content, $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ of DW of raw material in terms of gallic acid	Total content of flavonoids, $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ DW of raw material in terms of quercetin	Total carotenoid content, $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ in terms of DW
Aqueous, 1:10, m: V	$4.38 \pm 0.08$	$3.56 \pm 0.17$	–
Prepared with 20% AE, 1:20/ m: V	$7.71 \pm 0.14$	$7.17 \pm 0.02$	–
Prepared with 60% AE, 1:20/ m: V	$7.16 \pm 0.88$	$7.27 \pm 0.08$	–
Prepared with 96% AE, 1:20/ m: V	$6.77 \pm 0.10$	$7.09 \pm 0.44$	$10.95 \pm 0.50$



Table 2. The effect of extracts from the *Galinsoga parviflora* herb on bacterial culture

Type of extract	Diameter of the zone of inhibition test cultures, mm, $M \pm m$	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus brevis</i>
Control, ciprofloxacin, 0.3 % (0.2/well)	50.0 ± 0.5	50.1 ± 0.5
Control: 20 % AE	5.7 ± 0.3	5.7 ± 0.3
Control: 60 % AE	6.3 ± 0.3	6.3 ± 0.3
Control: 96 % Ethanol	8.0 ± 0.3	6.3 ± 1.5
Aqueous, 1:10, m: V	9.3 ± 0.3	21.0 ± 0.5
Prepared with 20 % AE, 1:20/ m: V	28.6 ± 0.3	24.0 ± 0.3
Prepared with 60 % AE, 1:20/ m: V	10.0 ± 0.5	16.0 ± 0.3
Prepared with 96 % AE, 1:20/ m: V	15.0 ± 0.5	12.0 ± 0.3

Note: AE – aqueous ethanol

Regarding the aqueous-ethanolic extracts, *B. brevis* was moderately sensitive to the aqueous-ethanolic extract prepared with 96 % AE.

The ability of some plant secondary metabolites, particularly polyphenols, to act as resistance-modifying agents is a promising area in mitigating the spread of bacterial resistance. The presence of polyphenols, flavonoids, as well as the high content of carotenoids as constituents of *G. parviflora* extracts may contribute to the antibacterial effects.

Correlation analysis of the relationships between the zones of inhibition of *E. coli* and *B. brevis* and the content of polyphenols and flavonoids in the extract with 20 % aqueous ethanol made it possible to establish strong statistically significant relationships between the zones of inhibition of *E. coli* and flavonoids –  $p < 0.001$ .

*Escherichia coli* are Gram-negative rod-shaped bacteria that are both commensal strains of the intestinal microbiota of humans, mammals, and birds, as well as important pathogens that often cause various diseases and increase deaths every year (Clements et al. 2012; Wirth et al. 2006). Because *E.*

*coli* lives in the human gut, it can develop antibiotic resistance with frequent antibiotic abuse, which later worsens patient outcomes, so it is important to find ways to prevent the spread of antibiotic resistance in these bacteria (Jang et al. 2017).

The high sensitivity of *B. brevis* and *E. coli* bacteria to *G. parviflora* extracts indicates the potential for their further study in order to create a remedy for the treatment of diseases of the urinary tract (prostatitis and pelvic inflammatory disease) and central nervous system caused by these pathogens (Mueller, Tainter 2025; Parmar et al. 2020).

## Conclusions

As a result, the studied extracts of *G. parviflora* may be used in further research as antibacterial herbal agents. The plant extract obtained using 20 % aqueous ethanol demonstrated the strongest inhibitory effect on the growth of the tested bacterial cultures *Escherichia coli* and *Bacillus brevis*.

## Declaration of interest

The authors report no conflicts of interest.

BAZYLKO, A., BORZYM, J., PARZONKO, A. (2015) Determination of in vitro antioxidant and UV-protecting activity of aqueous and ethanolic extracts from *Galinsoga parviflora* and *Galinsoga quadriradiata* herb. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 149, 189–195. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2015.06.010

BERTHE, T., RATAJCZAK, M., CLERMONT, O., DENAMUR, E., PETIT, F. (2013) Evidence for coexistence of distinct *Escherichia coli* populations in various aquatic environments and their survival in estuary water. *Applied and Environmental Microbiology*, 79, 4684–4693. DOI: 10.1128/AEM.00698-13

BHARATHI, D. R., BHAT, W. H., MANI, R. K., AHMED, S. S., DINESAN, A., PAVITHRAN, A.,

GEORGE, D. M. (2021) Ethnobotanical and Pharmacological Profile of *Galinsoga Parviflora*. *International Journal of Health Care and Biological Sciences*, 2 (4), 63–69. DOI: 10.46795/ijhcb.v2i4.243

CAPPELLI, G., MARIANI, F. (2021) A Systematic Review on the Antimicrobial Properties of Mediterranean Wild Edible Plants: We Still Know Too Little about Them, but What We Do Know Makes Persistent Investigation Worthwhile. *Foods*, 10 (9), 2217. DOI: 10.3390/foods10092217

CLEMENTS, A., YOUNG, J. C., CONSTANTINOU, N., FRANKEL, G. (2012) Infection strategies of enteric pathogenic *Escherichia coli*. *Gut Microbes*, 3 (2), 71–87. DOI: 10.4161/gmic.19182

- CLERMONT, O., CHRISTENSON, J. K., DENAMUR, E., GORDON, D. M. (2013) The Clermont *Escherichia coli* phylo-typing method revisited: improvement of specificity and detection of new phylo-groups. *Environmental Microbiology Reports*, 5, 58–65. DOI: 10.1111/1758-2229.12019.
- DAMALAS, C., ESPINOSA-GARCÍA, F. J., VERLOOVE, F. (2008) Distribution, biology, and agricultural importance of *Galinsoga parviflora* (Asteraceae). *Weed Biology and Management*, 8, 147–153. DOI: 10.1111/j.1445-6664.2008.00290.x
- GOVINDARAJAN, M., VASEEHARAN, B., ALHARBI, N.S., KADAIKUNNAN, S., KHALED, J.M., AL-ANBR, M. N., ALYAHYA, S. A., MAGGI, F., BENELLI, G. (2018) High efficacy of (Z)- $\gamma$ -bisabolene from the essential oil of *Galinsoga parviflora* (Asteraceae) as larvicide and oviposition deterrent against six mosquito vectors. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (11), 10555–10566. DOI: 10.1007/s11356-018-1203-3
- JANG, J., HUR, H. G., SADOWSKY, M. J., BYAPPANAHALLI, M. N., YAN, T., ISHII, S. (2017) Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications—a review. *Journal of Applied Microbiology*, 123 (3), 570–581. DOI: 10.1111/jam.13468
- KAPER, J., NATARO, J., MOBLEY, H. (2004) Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 123–140. DOI: 10.1038/nrmicro818
- KATIYAR, S., SAXENA, A., SINGH, M., DARUNDE, D. (2020) In-vitro anti-arthritic and anti-platelet activity of *Galinsoga parviflora* Linn. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9 (1), 2197–2199.
- KEYVANI-GHAMSARI, S., RAHIMI, M., KHORSANDI, K. (2023) An update on the potential mechanism of gallic acid as an antibacterial and anticancer agent. *Food Science & Nutrition*, 11 (10), 5856–5872. DOI: 10.1002/fsn3.3615.
- MINOGUE, T.D., DALIGAULT, H.A., DAVENPORT, K. W., BISHOP-LILLY, K.A., BROOMALL, S.M., BRUCE, D. C., CHAIN, P. S., CHERTKOV, O., COYNE, S. R., FREITAS, T., FREY, K.G., GIBBONS, H.S., JAISSE, J., REDDEN, C.L., ROSENZWEIG, C.N., XU, Y., JOHNSON, S.L. (2014) Complete Genome Assembly of *Escherichia coli* ATCC 25922, a Serotype O6 Reference Strain. *Genome Announcements*, 2(5), e00969–14. DOI: 10.1128/genomeA.00969-14
- MOSTAFA, I., EL-AZIZ, E.A., HAFEZ, S., EL-SHAZLY, A. (2013) Chemical constituents and biological activities of *Galinsoga parviflora* cav. (Asteraceae) from Egypt. *Zeitschrift für Naturforschung – Section b Journal of Chemical Science*, 68, 285–292. DOI: 10.1515/znc-2013-7-805
- MUELLER, M., TAINTER, C. R. (2025) *Escherichia coli* Infection. [Updated 2023 Jul 13]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/>
- NATIVIDAL, I. R., RAFAEL, R. R. (2014) Carotenoid analyses and antibacterial assay of Annatto (*Bixa orellana* L.), carrot (*Daucus carota* L.), corn (*Zea mays* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) extracts. *Research Journal of Recent Sciences*, 3 (3), 40–45.
- PARMAR, P., SIVAPRAGASAM, M., CORRALES-MEDINA, V. A. (2020) Case of *Brevibacillus brevis* Meningitis and Bacteremia. *Case Reports in Infectious Diseases*, 2020, 5931235. DOI: 10.1155/2020/5931235
- PARVEZ, N., CORNELIUS, L. K., FADER, R. (2009) *Brevibacillus brevis* peritonitis. *The American Journal of the Medical Sciences*, 337 (4), 297–9. DOI: 10.1097/maj.0b013e3181891626
- PINO, J. A., GAVIRIA, M., QUEVEDO-VEGA, J., GARCÍA-LESMES, L., QUIJANO-CELIS, C. E. (2010) Essential oil of *Galinsoga parviflora* leaves from Colombia. *Natural Product Communications*, 5(11), 1831–2.
- SHABANI, S., RABIEI, Z., AMINI-KHOEI, H. (2020) Exploring the multifaceted neuroprotective actions of gallic acid: a review. *International Journal of Food Properties*, 23 (1), 736–752. DOI: 10.1080/10942912.2020.1753769
- SHABASY, E. (2019) Vegetative anatomy of *Galinsoga parviflora* cav. (A newly recorded genera in Jazan region, KSA). *Journal of Agriculture & Life Sciences*, 6(2), 6. DOI: 10.30845/jals.v6n2a6
- SONI, M. G., CARABIN, I. G., BURDOCK, G. A. (2005) Safety assessment of esters of *p*-hydroxybenzoic acid (parabens). *Food and Chemical Toxicology*, 43(7), 985–1015. DOI: 10.1016/j.fct.2005.01.020
- STUDZIŃSKA-SROKA, E., DUDEK-MAKUCH, M., CHANAJ-KACZMAREK, J., CZEPULIS, N., KORYBALSKA, K., RUTKOWSKI, R., ŁUCZAK, J., GRABOWSKA, K., BYLKA, W., WITOWSKI, J. (2018) Anti-inflammatory Activity and Phytochemical Profile of *Galinsoga Parviflora* Cav. *Molecules*, 23(9), 2133. DOI: 10.3390/molecules23092133
- TENAILLON, O., BARRICK, J. E., RIBECK, N., DEATHERAGE, D. E., BLANCHARD, J. L., DASGUPTA, A., WU, G. C., WIELGOSS, S. (2016) Tempo and mode of genome evolution in a 50,000-generation experiment. *Nature*, 536, 165–170. DOI: 10.1038/nature18959
- TENAILLON, O., SKURNIK, D., PICARD, B., DENAMUR, E. (2010) The population genetics of commensal *Escherichia coli*. *Nature reviews. Microbiology*, 8, 207–217. DOI: 10.1038/nrmicro2298
- WENBO, Y., QIANG, B., XIAOPING, Q., HUI, Y., ZEXUAN, Z., XIAOCUN, B., MEHBOOB, H., CHUN, X., LINGYUN, Z. (2023) *Brevibacillus brevis* HNCS-1: a biocontrol bacterium against tea plant diseases. *Microbe and Virus Interactions with Plants*, 14. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1198747
- WIRTH, T., FALUSH, D., LAN, R., COLLES, F., MENSA, P., WIELER, L. H., KARCH, H., REEVES, P.R., MAIDEN, M.C., OCHMAN, H., ACHTMAN, M. (2006) Sex and virulence in *Escherichia coli*: an evolutionary perspective. *Molecular Microbiology*, 60 (5), 1136–51. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2006.05172.x

- YANG, X., YOUSEF, A. E. (2018) Antimicrobial peptides produced by *Brevibacillus* spp.: structure, classification and bioactivity: a mini review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (57), 1–10. DOI: 10.1007/s11274-018-2437-4
- YAVORSKA, H. V., VOROBETS, N. M., YAVORSKA, N. Y., FAFULA, R. V. (2023) Screening of anticandidal activity of *Vaccinium corymbosum* shoots' extracts and content of polyphenolic compounds during seasonal variation. *Studia Biologica*, 17(1), 3–18. DOI: 10.30970/sbi.1701.699

## НОВІ ЗНАХІДКИ КЛІЩІВ НАДРОДИНИ TETRANYCHOIDEA (ACARI: TROMBIDIFORMES) НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ірина ВОРОБОК

Надродина *Tetranychidae* об'єднує кліщів-фітофагів, поширених по всьому світу. Дані акариди надають перевагу злаковим, плодово-ягідним та декоративним видам кормових рослин, у зв'язку з чим тетраніхові кліщі мають вплив на сільське господарство, спричиняючи зниження врожайності та, у деяких випадках, загибель рослин. Проведено дослідження видового складу представників надродини, що населяють антропогенні та природні фітоценози Закарпаття. Отримано дані про наявність 10 видів тетраніхових кліщів у межах досліджуваного регіону. Виявлені види належать до родин *Tenuipalpidae* та *Tetranychidae*. Наведено дані про кількість особин, кормові рослини та місця знахідок з географічними координатами для виявлених видів кліщів-плоскотілок (*Tenuipalpidae*) та павутинних кліщів (*Tetranychidae*). Вперше в межах досліджуваного регіону виявлено 5 видів кліщів-плоскотілок, а саме *Aegyptobia beglarovi* (Livschitz, Mitrofanov, 1967), *Aegyptobia exarata* (Livschitz, Mitrofanov, 1967), *Brevipalpus lewisi* (McGregor, 1949), *Pentamerismus oregonensis* (McGregor, 1949), *Pentamerismus taxi* (Haller, 1877). Таким чином, оновлено інформацію щодо видового складу кліщів-плоскотілок та їх місць знахідок на території Закарпаття. Доповнено перелік кормових рослин та наведено нові місця знахідок для павутинних кліщів. Дані нашого дослідження доповнюють вже відомі відомості про видовий склад і поширення павутинних кліщів у межах Закарпаття, а також стануть основою для подальшого вивчення кліщів-плоскотілок регіону.

**Ключові слова:** павутинні кліщі, кліщі-плоскотілки, нові знахідки, видовий склад, поширення, Україна.

Кафедра зоології, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна;  
e-mail: [iryna.vorobok@uzhnu.edu.ua](mailto:iryna.vorobok@uzhnu.edu.ua)

### *New mites records of the superfamily Tetranychidae (Acari: Trombidiformes) in the territory of the Zakarpattia Region*

*Vorobok I.*

The research has revealed 10 species of tetranychid mites found in anthropogenic and natural habitats of Zakarpattia. It provides information on the number of species, host plants, locations of findings with geographical coordinates for each species, as well as data on their distribution in the world and in different regions of Ukraine. The information on the list of species of flat mites and their locations in Zakarpattia was extended. Thus, for the first time within the studied region, 5 species of flat mites were found, namely *Aegyptobia beglarovi* (Livschitz, Mitrofanov, 1967), *Aegyptobia exarata* (Livschitz, Mitrofanov, 1967), *Brevipalpus lewisi* (McGregor, 1949), *Pentamerismus oregonensis* (McGregor, 1949), *Pentamerismus taxi* (Haller, 1877). Results of our study complement the already known information on the species composition and distribution of spider mites within Zakarpattia, and will serve as a basis for further study of flat mites of the region.

**Key words:** spider mites, flat mites, new finds, species composition, distribution, Ukraine.

Department of Zoology, Uzhhorod National University, 32, A. Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine;  
e-mail: [iryna.vorobok@uzhnu.edu.ua](mailto:iryna.vorobok@uzhnu.edu.ua)

### Вступ

Тетраніхові кліщі *Tetranychidae* (Donnadieu, 1875) – група рослиноїдних кліщів, поширених по всьому світу. Деякі види здатні завдавати шкоди рослинництву, спричиняючи втрати у врожаї та зниження якості рослинної продукції. Значна частина видів тетраніхових кліщів є поліфагами, в тому числі й кліщі-плоскотілки, що належать до родин *Tenuipalpidae* (Migeon, Dorkeld 2025).

Дана родина об'єднує 1100 видів кліщів-плоскотілок (Migeon, Dorkeld 2025). Фауна родини *Tenuipalpidae* України наразі налічує 32 види, що належать до 6 родів (Zhovnerchuk et al. 2021). Більшість видів плоских кліщів зареєстровано у південній частині країни, Криму (Livschitz, Mitrofanov 1967; Livschitz et al. 1972; Mitrofanov, Strunkova 1979) та м. Києві (Akimov 1965; Chumak 2000; Bondareva 2017; Bondareva 2021).



Особливості рельєфу, клімату, гідрологічного режиму та біотопів Закарпаття (Pryroda... 1981) створюють унікальні умови для існування кліщів з різних груп, зокрема представників надродини Tetranychidea (Donnadieu 1875). Проте, відомості про кліщів тенупальпід, що населяють даний регіон, практично відсутні. Наразі відомі дані про виявлення 1 виду (*Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1875) у теплицях та оранжереях м. Ужгород (Chumak 2004).

Дослідженням тетраніхових кліщів в Україні присвячені роботи І.А. Акімова (1965), А.М. Войтенка (1969), Г.В. Дмитрієва (1961), К.В. Згерської (1966), В.І. Митрофанова, З.І. Стрункової, І.З. Лівшиця (1987), О.В. Жовнерчук (2013, 2014, 2021, 2022, 2024) та інших. Перші відомості щодо видового складу тетраніхид на території Закарпатської області, що налічує 10 видів, містяться у роботі Путрашик А. В. (2011). За останніми даними, фауна павутинних кліщів Закарпатської області нараховує 28 видів, що належать до 10 родів (Zhovnerchuk, Dudynska 2022; Zhovnerchuk et al. 2024). Незважаючи на ґрунтовність цього дослідження, що охоплює 45-річний період збору матеріалів на території Закарпатської області, вивчення павутинних і тим більше плоских кліщів не втрачає своєї актуальності.

В даній роботі представлені нові дані щодо видового складу і поширення плоских та павутинних кліщів у природних та антропогенних ценозах Закарпатської області.

## Матеріали та методи

Кліщів відбирали методом струшування з рослин на чорну ПВХ плівку з подальшим відбором тонким пензлем та методом занурення частин рослини в 70 % етанол (Livshitz et al. 1986). При відборі зразків методом занурення, листки (або гілочки) повинні повністю знаходитись в спирті, щоб всі кліщі-фітофаги осіли на дно. Для відбору проб вибирали рослини з характерними пошкодженнями на листках та наявністю павутинки (Vogobok 2024). Для збільшення кількості зафіксованих кліщів у пробі, використовували ємності об'ємом 50–120 мл з частинами рослин зануреними у етанол на 2–3 дні. Потім частини листків видалялися з ємностей, а спирт піпеткою переміщували до пробірки Епендорф (на 1,5 мл). Для визначення видової приналежності кліщів виготовляли постійні мікроскопічні препарати з використанням рідини Хойера. Загалом проаналізовано 174 проби, та виготовлено 52 постійні мікропрепарати, що зберігаються в лабораторії

кафедри зоології біологічного факультету УжНУ. Координати місць відбору проб були отримані за допомогою Google Maps. Ідентифікацію видів проводили з використанням ключів, опублікованих в роботах МакГрегора (1950), Прічарда й Бейкера (1955), Лівшиц та ін. (1972, 1986), Митрофанова (1973, 1987), Меса (2009) та сайту Identification Technology Program.

## Результати

Наведено список видів кліщів надродини Tetranychidea Donnadieu, 1875 виявлених на території Закарпаття.

### Родина Tenuipalpidae Berlese, 1913

#### Рід *Aegyptobia* Sayed, 1950

Рід об'єднує понад 93 види (Mesa et al. 2009), лише 3 з яких були виявлені на території України (Zhovnerchuk et al. 2021). Наразі, нами знайдено 2 види даного роду на території Закарпаття.

#### *Aegyptobia beglarovi* Livschitz & Mitrofanov, 1967

Типове місце: Україна на *Juniperus oxycedrus* L., 1753; *Juniperus communis* L., 1753 (Livshitz, Mitrofanov 1967).

Кормові рослини: *Cupressus sempervirens* L., 1753; *Juniperus communis*; *Juniperus horizontalis* Moench., 1794; *Juniperus oxycedrus*; *Thuja orientalis* L., 1753; *Pinus abies* L., 1753 (Mesa et al. 2009; Zhovnerchuk et al. 2021; Castro et al. 2025).

#### Поширення:

У світі: Туреччина (Çobanoğlu et al. 2016); Іран (Ardali et al. 2014; Najjalizadeh et al. 2021; Khanjani et al. 2013); Сирія (Barbar et al. 2022); Грузія (Arabuli et al. 2015).

В Україні: вид виявлений на півострові Крим (Livshitz, Mitrofanov 1967).

В Закарпатті: вид виявлений у Хустському районі (с. Білки, с. Підчумаль, м. Іршава) та м. Ужгород.

Матеріал: 3 екземпляри, *Malus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 m, 27.04.2024, Воробок І.; 11 екземплярів, *Corylus* sp., м. Ужгород, 48°37'12"N 22°18'17"E, 169 m, 09.05.2024, Воробок І.; 18 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 m, 08.06.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Tilia* sp., с. Підчумаль, Хустський р-н, 48°23'37"N 23°34'58"E, 368 m, 03.08.2024, Воробок І.; 9 екземплярів, *Juniperus* sp., м. Іршава, Хустський р-н, 48°19'00"N 23°02'37"E, 135 m, 07.08.2024.

Примітка: вид вперше зареєстровано на Закарпатті, а також виявлені нові рослини-господарі для виду: *Malus* sp., *Corylus* sp., *Tilia* sp.

***Aegyptobia exarata* Livschitz & Mitrofanov, 1967**

Типове місце: Україна на представниках роду *Artemisia* sp. (Asteraceae) (Mesa et al. 2009; Castro et al. 2025).

Кормові рослини: *Artemisia* sp., *Polygonum* sp., *Xylanthemums* sp. (Castro et al. 2025).

Поширення:

У світі: Таджикистан (Strunkova 1978).

В Україні: вид виявлено в Криму (Livshitz, Mitrofanov 1967).

В Закарпатті: вид виявлений у Хустському районі (с. Білки), Берегівському районі (с. Велика Копаня) та м. Ужгород.

Матеріал: 2 екземпляри, *Rosa* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 27.04.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 08.06.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Taxus* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°17'46"E, 169 м, 17.06.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Corylus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 22.06.2024 Воробок І.; 3 екземпляри, *Corylus* sp., с. Велика Копаня, Берегівський р-н, 48°12'11"N 23°08'17"E, 146 м, 02.08.2024, Воробок І.; 5 екземплярів *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 07.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Malus* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Juniperus* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.

Примітка: вид зареєстровано вперше на Закарпатті, а також виявлені нові рослини-господарі для виду: *Rosa* sp., *Corylus* sp., *Juniperus* sp., *Taxus* sp., *Malus* sp.

**Рід *Brevipalpus* Donnadieu 1875**

Рід об'єднує 281 види (Mesa et al. 2009; Castro et al. 2025), проте лише 8 з них були виявлені на території України (Zhovnerchuk et al. 2021). В межах області виявлено 2 види, що належать до даного роду.

***Brevipalpus lewisi* McGregor, 1949**

Типове місце: Каліфорнія, США на представниках роду *Lemon* sp. (Rutaceae) (Mesa et al. 2009; Castro et al. 2025).

Кормові рослини: *Arachis* sp.; *Aster* sp.; *Catalpa* sp.; *Citrus* sp.; *Ephedra* sp.; *Geranium* sp.; *Juglans regia* L. 1753; *Myrtus* sp.; *Pistacia* sp.; *Rosa* sp.; *Vitis* sp. (Zhovnerchuk et al. 2021). Також в базі даних тенуапальпід (Castro et al. 2025) можна знайти інформацію про близько 40 родин рослин, що можуть бути хазяїнами для даного виду.

Поширення:

У світі: вид зафіксовано в 22 країнах (Castro et al. 2025).

В Україні: вид виявлено в Одеській області, також в м. Київ (Livschitz, Mitrofanov 1973; Mitrofanov, Strunkova 1979; Chumak 2000; Chumak 2004).

В Закарпатті: вид був виявлений у Хустському районі (с. Білки, с. Підчумаль, с. Міжгір'я), Берегівському районі (с. Сільце), м. Виноградів та м. Ужгород.

Матеріал: 2 екземпляри, *Malus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 22.06.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Tilia* sp., с. Підчумаль, Хустський р-н, 48°23'37"N 23°34'58"E, 368 м, 03.08.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Ribes* sp., с. Міжгір'я, Хустський р-н, 48°31'34"N 23°30'18"E, 436 м, 04.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Malus* sp., с. Сільце, Берегівський р-н, 48°17'29"N 22°59'59"E, С, 164 м, 08.08.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Cydonia* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Hydrangea* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Rosa* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 5 екземплярів, *Picea* sp., м. Ужгород, 48°37'45"N 22°16'36"E, 169 м, 30.08.2024, Воробок І.

Примітка: вид зареєстровано вперше на Закарпатті, а також виявлені нові рослини-господарі для виду: *Malus* sp., *Tilia* sp., *Ribes* sp., *Picea* sp., *Hydrangea* sp.

***Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1875**

Типове місце: Франція на рослині роду *Phytolacca* sp. (Phytolaccaceae) (Castro et al. 2025).

Кормові рослини: 40 видів кормових рослин в Криму (Livschitz et al. 1972, 1986); 94 види рослин з 43 родин зареєстровано як рослини-господарі в оранжереях України (Livschitz et al. 1972, 1986; Chumak 2004; Zhovnerchuk et al. 2021).

Поширення:

У світі: вид був знайдений більш ніж у 60-ти країнах світу (Castro et al. 2025).

В Україні: вид виявлено в Криму та в теплицях м. Ужгород (Livschitz, Mitrofanov 1967; Vojtenko 1969; Livschitz et al. 1972; Livschitz, Mitrofanov 1973; Mitrofanov, Strunkova 1979; Chumak 2004).

В Закарпатті: виявлено в Хустському районі (с. Білки, с. Горінчово), Берегівському районі (с. Сільце), м. Виноградів та м. Ужгород.

Матеріал: 1 екземпляр, *Corylus* sp., м. Ужгород, 48°37'12"N 22°18'17"E, 169 м,

09.05.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Taxus* sp., м. Ужгород, 48°37'12"N 22°18'17"E, 169 м, 17.06.2024, Воробок І.; 4 екземпляри, *Corylus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 22.06.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Malus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 22.06.2024, Воробок І.; 5 екземпляри, *Corylus* sp., с. Горінчово, Хустський р-н, 48°16'43"N 23°25'38"E, 226 м, 04.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Malus* sp., с. Сільце, Берегівський р-н, 48°17'29"N 22°59'59"E, 164 м, 08.08.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Cydonia* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Rosa* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Hydrangea* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 м, 18.08.2024, Воробок І.

#### **Рід *Pentamerismus* McGregor, 1949**

Рід об'єднує 16 видів (Mesa et al. 2009), проте лише 5 з них зафіксовані на території України (Zhovnerchuk et al. 2021). Крім того, вид виявляли в зелених насадженнях на території України (Bondareva et al. 2023). У наших дослідженнях рід представлений 2 видами.

#### ***Pentamerismus oregonensis* McGregor, 1949**

Типове місце: США на представниках роду *Libocedrus* sp. (Cupressaceae) (Mesa et al. 2009; Castro et al. 2025).

Кормові рослини: *Calocedrus* sp., *Cupressus* sp., *Juniperus* sp., *Platycladus* sp., *Thuja* sp. та інші. Загалом 11 родин, представники яких є хазяїнами для виду (Zhovnerchuk et al. 2021; Castro et al. 2025).

Поширення:

У світі: вид був виявлений в 21 країні (Castro et al. 2025).

В Україні: вид був зафіксований на зелених насадженнях м. Києва (Bondareva, Chumak 2020), Криму та Херсонській області (Livshitz, Mitrofanov 1967; Mitrofanov et al. 1975; Mitrofanov, Strunkova 1979).

В Закарпатті: вид виявлено в Хустському районі (с. Білки, с. Міжгір'я), Берегівському районі (с. Сільце) та м. Ужгород.

Матеріал: 4 екземпляри, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 27.04.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Thuja* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 27.04.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Corylus* sp., м. Ужгород, 48°37'12"N 22°18'17"E, 169 м, 09.05.2024, Воробок І.; 11 екземпляри, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 08.06.2024, Воробок І.;

1 екземпляр, *Taxus* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°17'46"E, 169 м, 17.06.2024, Воробок І.; 6 екземплярів, *Corylus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 22.06.2024, Воробок І.; 1 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 01.07.2024, Воробок І.; 5 екземплярів, *Ribes* sp., с. Міжгір'я, Хустський р-н, 48°31'34"N 23°30'18"E, 436 м, 04.08.2024, Воробок І.; 13 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 07.08.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Prunus* sp., с. Сільце, Берегівський р-н, 48°17'29"N 22°59'59"E, 164 м, 08.08.2024, Воробок І.

Примітка: вид зареєстровано вперше на Закарпатті, а також виявлені нові рослини-господарі для виду: *Corylus* sp., *Ribes* sp., *Prunus* sp.

#### ***Pentamerismus taxi* Haller, 1877**

Типове місце: Швейцарія на *Taxus* sp. (Taxaceae) (Mesa et al. 2009; Castro et al. 2025).

Кормові рослини: *Taxus* sp. (Zhovnerchuk et al. 2021) та 9 родин, представники яких є хазяїнами для виду (Castro et al. 2025).

Поширення:

У світі: вид зустрічається в 15 країнах світу (Castro et al. 2025).

В Україні: вид виявлений в Криму та м. Києві (Livshitz, Mitrofanov 1967; Mitrofanov, Strunkova 1979; Bondareva et al. 2017).

В Закарпатті: вид було виявлено в Хустському районі (с. Білки) та м. Ужгород.

Матеріал: 2 екземпляри, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 27.04.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 08.06.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Pinus* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°17'46"E, 169 м, 17.06.2024, Воробок І.; 5 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 27.04.2024, Воробок І.

Примітка: вид зареєстровано вперше на Закарпатті, а також виявлені нові рослини-господарі для виду: *Corylus* sp., *Ribes* sp., *Prunus* sp.

#### **Рід *Tenuipalpus* Donnadieu, 1875**

Рід об'єднує близько 90 видів (Mesa et al. 2009), і лише 7 з них виявлені на території України (Zhovnerchuk et al. 2021). У наших пробах рід представлений одним видом.

#### ***Tenuipalpus granati* Sayed, 1946**

Типове місце: Єгипт, на гранаті (Punicaceae) (Castro et al. 2025).

Кормові рослини: вид харчується на *Cydonia oblonga* Mill, 1768; *Punica granatum* L., 1753;



*Vitis* sp. та на представниках рослин із 11 родин (Zhovnerchuk et al. 2021; Castro et al. 2025).

Поширення:

У світі: вид виявлено в 14 країнах (Castro et al. 2025).

В Україні вид знайдено в Криму, а також у теплицях м. Львова, м. Києва, м. Дніпра та м. Одеси (Livshitz, Mitrofanov 1967; Mitrofanov, Strunkova 1979; Bondareva et al. 2017).

В Закарпатті: вид виявлено в м. Ужгород (Chumak 2000; Chumak, 2004).

Матеріал: 4 екземпляри, *Thuja* sp., м. Ужгород, 48°37'19"N 22°18'02"E, 169 м, 12.06.2024, Воробок І.

Примітка: вид вперше зареєстровано на рослині роду *Thuja* sp.

**Родина Tetranychidae Donnadieu, 1875**

**Підродина Bryobiinae Berlese, 1913**

**Триба Bryobiini, Reck, 1952**

**Рід *Bryobia* Koch, 1836**

Рід налічує 149 видів (Migeon, Dorkeld 2025). На території України знайдено 15 представників даного роду, а на Закарпатті – лише 4 види (Zhovnerchuk, Dudynska 2022). У наших пробах знайдено 1 вид даного роду.

*Bryobia praetiosa* Koch, 1836

Типове місце: Німеччина на рослині роду *Poa* sp. (Migeon, Dorkeld 2025).

Кормові рослини: вид живиться більше ніж на 300 видах рослин, що належать до 70 родин (Migeon, Dorkeld 2025). Також відомо, що вид *Eupatorium cannabinum* L., 1753 є новий вид господаря для даного кліща (Zhovnerchuk, Dudynska 2022).

Поширення:

У світі: вид зареєстровано в більш ніж 50 країнах (Migeon, Dorkeld 2025).

В Україні: вид було виявлено в степовій частині країни, Закарпатті та Криму (Akimov 1965; Livshitz, Mitrofanov 1966; Zhovnerchuk, Dudynska 2022; Migeon, Dorkeld 2025).

У Закарпатті: вид визначали на території області (Putrashyk 2011; Zhovnerchuk, Dudynska 2022). Вид було знайдено Ужгородському та Рахівському районах (Zhovnerchuk, Dudynska 2022). У наших дослідженнях вид виявлено в Хустському районі (с. Білки, с. Великий Раковець), Берегівському районі (с. Сільце) та м. Ужгород.

Матеріал: 10 екземплярів, *Pyrus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 04.05.2024, Воробок І.; 1 екземпляр, *Quercus* sp., м. Ужгород, 48°38'20"N 22°18'29"E, 169 м, 20.06.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Corylus* sp., с. Великий Раковець, Хустський р-н, 48°15'31"N

23°06'41"E, 176 м, 02.08.2024, Воробок І.; 9 екземпляри, *Malus* sp., с. Сільце, Берегівський р-н, 48°17'29"N 22°59'59"E, 164 м, 08.08.2024, Воробок І.

Примітка: вперше знайдено на Закарпатті у Хустському районі, Берегівському районі районах та м. Ужгород, а також вид вперше виявлено на *Corylus* sp.

**Триба Hystrihonychini Pritchard & Baker, 1955**

**Рід *Tetranychopsis* Canestrini, 1889**

Рід налічує 10 видів, лише 1 з них знайдений у Закарпатті (Zhovnerchuk, Dudynska 2022). Серед наших проб також виявлено лише 1 вид із даного роду.

***Tetranychopsis horridus* Canestrini & Fanzago, 1876**

Типове місце: Італія (Migeon, Dorkeld, 2025).

Кормові рослини: вид харчується на представниках із 8 родин (Migeon, Dorkeld 2025). Також, Жовнерчук О. В. та Дудинська А. Т. (2022) зазначають наявність виду на рослинах роду *Corylus* sp.

Поширення:

У світі: вид зафіксований у близько 20 країнах світу (Migeon, Dorkeld 2025).

В Україні: вид поширений в межах країни, був виявлений (Vojtenko 1969; Mitrofanov et al. 1987; Zhovnerchuk 2013; Zhovnerchuk 2014; Akimov, Zhovnerchuk 2010; 2016; Zhovnerchuk, Dudynska 2022; Migeon, Dorkeld 2025).

В Закарпатті: вид зафіксовано у дослідженнях Акімов І.А. (2007; 2010; 2016) у Хустському районі (с. Довге); А. Путрашик (2011) у Тячівському районі (с. Біловарці), у Мукачівському районі (с. Чинадієво), Ужгородському (с. Кам'яниця, с. Забрідь, с. Петрівка, с. Стрипа, с. Тур'я Пасіка), Хустському районі (с. Довге), Рахівському (с. Ясіня); О. Жовнерчук (2006; 2010; 2013; 2014; 2016) в Ужгородському районі (м. Ужгород, с. Невицьке). У наших дослідженнях вид зафіксовано у Хустському районі (с. Білки) та м. Ужгород.

Матеріал: 4 екземпляри, *Pinus* sp., м. Ужгород, 48°37'12"N 22°18'17"E, 169 м, 09.05.2024, Воробок І.; 6 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 м, 08.06.2024, Воробок І.; 3 екземпляри, *Taxus* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°17'46"E, 169 м, 17.06.2024, Воробок І.; 4 екземпляри, *Picea* sp., м. Ужгород, 48°37'45"N 22°16'36"E, 169 м, 30.08.2024, Воробок І.

Примітка: вперше знайдено на Закарпатті у с. Білки, Хустського району, на нових видах кормових рослин: *Pinus* sp., *Juniperus* sp., *Taxus* sp.



## Підродина Tetranychinae Berlese, 1913

### Триба Tetranychini Reck, 1950

#### Рід *Tetranychus* Dufour, 1832

Рід налічує 157 видів (Migeon, Dorkeld 2025).

У Закарпатській області зареєстровано 4 види (Zhovnerchuk, Dudynska 2022).

#### *Tetranychus urticae* Koch, 1835

Типове місце: Німеччина на рослині роду *Urtica* sp. (Migeon, Dorkeld 2025).

Кормові рослини: є поліфагом та зустрічається повсюдно (Zhovnerchuk, Dudynska 2022; Migeon, Dorkeld 2025).

Поширення:

У світі: вид зафіксовано у понад 50 країнах світу (Migeon, Dorkeld 2025).

В Україні наявність виду зазначали (Akimov 1965; Vojtenko 1969; Putrashyk 2011; Mitrofanov et al. 1987; Zhovnerchuk 2014; Akimov, Zhovnerchuk 2016; Zhovnerchuk, Dudynska 2022).

В Закарпатті вид виявлено І.А. Акімовим в Ужгородському районі (с. Мокра); А. Пуграшик у Тячівському районі (с. Біловарці), Ужгородському районі (м. Ужгород, с.Петрівка, с. Минай, с. Люта), Хустському районі (с. Синевирська Поляна), Мукачівському районі (с. Великі Лучки); Жовнерчук О. В. у Хустському районі (с. Колочава). У наших дослідженнях вид виявлено у Хустському районі (с. Білки, с. Великий Раковець, с. Іза), м. Виноградів та м. Ужгород.

Матеріал: 6 екземплярів, *Cornus* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°16'12"E, 169 m, 02.05.2024, Воро-

бок І.; 8 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 m, 08.06.2024, Воробок І.; 5 екземплярів, *Corylus* sp., с. Великий Раковець, Хустський р-н, 48°15'31"N 23°06'41"E, 176 m, 02.08.2024, 5 екземплярів, *Picea* sp., с. Іза, Хустський р-н, 48°13'18"N 23°19'43"E, 186 m, 02.08.2024, Воробок І.; 5 екземплярів, *Juniperus* sp., с. Білки, Хустський р-н, 48°19'34"N 23°08'17"E, 179 m, 07.08.2024, Воробок І.; 2 екземпляри, *Ribes* sp., м. Виноградів, 48°08'59"N 23°02'59"E, 134 m, 18.08.2024, Воробок І.; 24 екземпляри, *Nerium* sp., м. Ужгород, 48°37'27"N 22°16'12"E, 169 m, 31.10.24, Воробок І.

Примітка: вид вперше знайдено на Закарпатті у Хустському районі (с. Білки, с. Великий Раковець, с. Іза) та м. Виноградів, а також вперше виявлено на рослині роду *Picea* sp. та *Ribes* sp.

## Висновки

В результаті дослідження виявлено 10 видів кліщів із надродина Tetranychoidae, п'ять із яких вперше виявлено на території на Закарпатті. Загалом, було встановлено 26 нових знахідок павутинних та плоских кліщів в межах регіону. Дані нашого дослідження доповнили вже існуючі відомості про видовий склад та поширення представників надродина Tetranychoidae в межах Закарпаття, а також розширили перелік кормових рослин для павутинних та плоских кліщів регіону. Знахідки кліщів-плоскотілок в регіоні є первинними й потребують подальшого дослідження.

AKIMOV, I. A. (1965) *Tetranychoid Mites of Steppe Zone of Ukraine (Doctoral dissertation, PhD thesis (Biological Sciences, 03.00. 08. Zoology). Kiev, 18 pp. (in Russian).*

AKIMOV, I. A., ZHOVNERCHUK, O. V. (2010) *Tetranychid Mites — pests of the megalopolis green plantations.* Kyiv. (in Russian).

AKIMOV, I. A., ZHOVNERCHUK, O. V (2016) Current status and tendencies in diversity and trophic specialization of tetranychidae mites (Acari, Tetranychidae) of the steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Entomology*, 1–2, 105–109.

MIGEON, A., DORKELD F. (2025) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Available at: <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb> Accessed from 14/03/2025

ARABULI, T., ÇOBANOĞLU, S., KVAVADZE, E. (2015) New records of tenuipalpid mites (Acari: Tenuipalpidae) for the Georgian and Caucasus fauna. *Turkish Journal of Zoology*, 39(2), 33–5337.

ARDALI, M. R., HADIZADEH, A., SHARIF, M. M., KHANJANI, M. (2014) Tenuipalpid mites from northern

Iran and description of the male of *Cenopalpus rubusi* Khanjani, 2012. *Acarologia*, 54 (4), 453–462.

BARBAR, Z., PARKER, B., AUGER, P. (2022) Tenuipalpidae and Tetranychidae (Trombidiformes, Tetranychoidae) from Syria with a description of a new species of *Bryobia*. *Acarologia*, 62 (1), 58–67.

BONDAREVA, L. M., CHUMAK, P. Y., BONDARIEV, S. I. (2017) Population of *Pentamerismus taxi* (Acari, Tenuipalpidae) beyond the Zone of its Natural Habitation in Ukraine. *Vestnik zoologii*, 51(5), 435–438.

BONDAREVA L., CHUMAK P. (2020) First finding of *Pentamerismus oregonensis* and its abundance (Acari: Tenuipalpidae) on juniper trees in Kyiv, Ukraine. *Persian Journal of Acarology*, 9 (3), 299–301.

BONDAREVA, L., ZAVADSKA, O., POLISHCHUK, I. (2021) Vydovyi sklad roslynoidnykh klishchiv na yahidnykh kulturakh u plodoovochevomu sadu. *Proceedings of Ukrainian scientific and practical online conference “Yahidnytstvo v Ukraini. Upravlinnia yakistiu yahidnykh kultur za dopomohoiu vprovadzhennia novitnikh tekhnolohii vyroshchuvannia, zbyrannia, pisliazbyralnoi dorobky, zberihannia ta*

- pererobky”, NUBIP, Kyiv, Ukraine, 28–29 April, 2021. (in Ukrainian).
- BONDAREVA, L. M., LOGVINENKO, O. S., ZAVADSKA, O. V. (2023) *Adventynni klishchi-ploskotilky (Acari: Tenuipalpidae) – nebezpechni shkidnyky dekoratyvnykh roslyn v Ukraini.* (Ed: Pozniak O. V.) Doslidna stantsiia “Maiak” Instytutu ovochivnytstva i bashtannystva NAAN, Obukhiv. (in Ukrainian).
- CASTRO, E. B., MESA, N. C., FERES, R. J. F., MORAES, G. J. DE, OCHOA, R., BEARD, J. J., DEMITE, P. R. (2025) Tenuipalpidae Database. Available at: <http://www.tenuipalpidae.ibilce.unesp.br> Accessed from 11/03/2025.
- CHUMAK, P. Y. (2000) Tenuipalpidae mites as pests of introduced plants in greenhouses of Ukraine. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series Introduction and preservation of plant diversity*, 3, 71–74.
- CHUMAK, P. Y. (2004) Ploskotilka oranzhereina (*Brevipalpus obovatus* Donn.) ta biolohichni zasoby zakhystu roslyn-introdutsentiv vid shkidnyka. *Introduktsiia roslyn*, 4, 83–87. (in Ukrainian).
- ÇOBANOĞLU, S., UECKERMANN, E. A., SAĞLAM, H. D. (2016) The Tenuipalpidae of Turkey, with a key to species (Acari: Trombidiformes). *Zootaxa*, 4097 (2), 151–186.
- HAJIALIZADEH, Z., ASADI, M., MANSOURI, M. (2021) First barcodes for *Aegyptobia* genus (Trombidiformes: Tenuipalpidae) and molecular barcodes of spider mites (Trombidiformes: Tetranychidae) from Iran. *Persian Journal of Acarology*, 10 (4), 513–516.
- KHANJANI, M., FARZAN, S., ASADI, M., KHANJANI, M. (2013) Checklist of the flat mites (Acari: Trombidiformes: Tenuipalpidae) of Iran. *Persian Journal of Acarology*, 2 (2), 235–251.
- LIVSHITZ, I. Z., MITROFANOV, V. I., (1966) On the systematic position of the species of in the genus *Bryobia* C. L. Koch, 1836, and the description of five new species (Bryobiidae, Acariformes). *Zoologicheskii Zhurnal*, 45, 836–849.
- LIVSCHITZ, I. Z. MITROFANOV, V. I. (1967) Materials to the cognition of the Acariformes: Tenuipalpidae fauna. *Proceedings Nikitsky Botanical Garden*, 39, 1–72.
- LIVSCHITZ, I. Z., MITROFANOV, V. I., VASILYEVA, E. A. (1972) On the morphology and biology of *Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1879 (Acariformes, Tenuipalpidae). *Proceedings Nikitsky Botanical Garden*, 61, 65–75.
- LIVSHYTZ, I. Z., MYTROFANOV, V. I., ROKHAS, L. A., PERTUSHOV, A. Z. (1986) *Metodychni rekomendatsii z vyvchennia roslynoidnykh klishchiv.* Derzhavnyi Nikitskyi botanichniy sad, Yalta.
- MESA, N. C., OCHOA, R., WELBOURN, W. C., EVANS, G. A., DE MORAES, G. J. (2009). A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to genera. *Zootaxa*, 2098 (1), 1–185.
- MITROFANOV, V. I., STRUNKOVA, Z. I. (1979) *Key to false spider mites.* Donish, Dushanbe. (in Russian).
- MITROFANOV, V. I., STRUNKOVA, Z. I., LIVSHITS, I. Z. (1987) *Keys to the tetranychid mites (Tetranychidae, Bryobiidae) fauna of the USSR and adjacent countries.* Institute of Zoology and Parasitology E. N. Pavlosky Tadzhykskoi SSR, Doma, Dushanbe.
- PRYRODA ZAKARPATS'KOI OBLASTI (1981) (Ed: Gerenchuk, K. I). Vyshecha shkola, Lviv. (in Ukrainian).
- PUTRASHYK, A. V. (2011) *Doslidzhennia vyvodovohoskladu tetranikhovykh klishchiv (TROMBIDIFORMES, TRICHOSTOMATA, TETRANYCHOIDEA) vulychnykh i pryrodnykh biotopiv Zakarpattia.* *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*, 30, 95–97. (in Ukrainian).
- STRUNKOVA, Z. I. (1978) Fauna mites of families Bryobiidae, Tetranychidae, Tenuipalpidae from Tadjhikistan and adjacent areas of the central Asia. *Izvestiia Akademii nauk Tadzhykskoi SSR*, 3, 27–30.
- VOITENKO, A. N. (1969) *Dendrophilic Tetranychidae mites Polissia of Ukraine.* Thesis of Doctoral dissertation on Biological Sciences, Speciality 098 - Entomology. Kyiv. (in Russian).
- VOROBOK I. M. (2024) Vidomosti shchodo metodiv zboru klishchiv-fitofahiv z rodyny Tenuipalpidae (Acariformes: Tetranychoidea). *Proceedings of International Scientific Conference “Uzhhorod Entomological Readings”.* Uzhhorod-Stuzhytsia, Ukraine, 4–6, October, 2024. Vydavnytsvo UzhNU “Hoverla”, Uzhhorod. (in Ukrainian).
- ZHOVNERCHUK, O. V. (2013) Do vyvchennia tetranikhoidnykh klishchiv (Acari: Tetranychoidea) travianyistoho kompleksu Ukrainy. *Naukovi zapysky Derzhavnogo pryrodoznavchoho muzeiu*, 29, 33–38. (in Ukrainian).
- ZHOVNERCHUK, O. V. (2014) Ecological and faunal review of tetranychid ticks (Trombidiformes, Tetranychidae) of the Black Sea Biosphere Reserve. *Collection of works of the Zoological Museum*, 45, 10–16.
- ZHOVNERCHUK, O. V., BONDAREVA, L. M., CHUMAK, P. Y. (2021) An annotated checklist of Tenuipalpidae (Acari: Trombidiformes) of Ukraine. *Ukrainska Entomofaunistyka*, 12(2), 31–35.
- ZHOVNERCHUK O., DUDYNSKA, A. (2022) An annotated checklist of Tetranychidae (Acari: Trombidiformes) of the Transcarpathian region (Ukraine). *GEO&BIO*, 23, 95–106.
- ZHOVNERCHUK, O. V., KOLODOCHKA, L. O., DUDYNSKA, A. T., ABRAZHEVYCH, P. A., ROMANKO, V. O. (2024) Ecologo-faunistic review of tetranychid (Acariformes: Tetranychoidea) and phytoseiid mites (Parasitiformes: Phytoseiidae) in the Transcarpathian Region, Ukraine. *Systematic and Applied Acarology*, 29(3), 411–433.

## ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НАСЕЛЕННЯ ОРІБАТИДНИХ КЛІЩІВ (ACARI: ORIBATIDA) ЛУЧНИХ ОСЕЛИЩ ЗАКАРПАТСЬКОЇ НИЗОВИНИ У ГРАДІЄНТІ ВОЛОГОСТІ ЕДАФОТОПУ

Габрієл ГУШТАН<sup>1,2</sup>, Катерина ГУШТАН<sup>1,3,4</sup>, Діана ЦЕСЬЦІВ<sup>5</sup>

*Серед різноманітних абіотичних чинників вологість середовища відіграє ключову роль у формуванні населення панцирних кліщів. Більшість опублікованих праць, як на Закарпатській низовині, так і загалом у Європі стосуються вивчення комплексів панцирних кліщів у різних типах зональних екосистем, особливо лісових. Населення орібатид у лучних екосистемах, що належать до головних інтразональних фітоценозів, залишаються вивченими переважно фрагментарно. Однак, все ще нерозкритим залишається питання динаміки параметрів населення орібатид лучних біотопів Закарпатської низовини у градієнті вологості едафотопу. Проведено дослідження комплексів орібатид ксерофітних, мезофітних, гігрофітних та заплавних лук. Встановлено, що рівень вологості едафотопу суттєво впливає на динаміку деяких параметрів синекологічної структури орібатидних угруповань у різних типах лук Закарпатської низовини. Результати проведеного кореляційного аналізу засвідчили наявність тісного зв'язку між чисельністю орібатид і ґрунтовою вологістю. Встановлено залежність деяких параметрів синекологічної структури орібатид від вологісного режиму едафотопу на різних лучних біотопах. Зокрема, найвищий рівень кореляції між вологістю субстрату та видовим багатством орібатид зафіксовано на мезофітних луках. На заплавних луках зазначена залежність є менш вираженою, хоча також залишається значущою. Найбільший вплив вологості ґрунту на чисельність орібатид спостерігається в гігрофітних лучних екотопах, тоді як на мезофітних та ксерофітних луках виявлено нижчі значення кореляційного зв'язку. Аналіз індексів біорізноманіття угруповань панцирних кліщів лучних біотопів Закарпаття підтвердив закономірність зменшення видового багатства орібатид уздовж градієнта зниження ґрунтової вологості. Так, індекс Сімпсона виявився високочутливим до наявності домінантних видів, тоді як індекс Бергера-Паркера – до найчисельнішої таксономічної одиниці в досліджених біотопах. Особливості зазначених індексів дали змогу простежити ще одну тенденцію: зі зростанням вологості субстрату зростає частка домінантних видів орібатид. Зі свого боку, індекс Шенона, що є чутливим до присутності рідкісних видів, дозволив зафіксувати збільшення їх частки в умовах зменшення вологості едафотопу. Ця закономірність, однак, не поширюється на угруповання панцирних кліщів гігрофітних луків, які характеризуються значним різноманіттям малочисельних видів.*

**Ключові слова:** екологія панцирних кліщів, біотичний ресурс, градієнт вологості едафотопу, структура домінування.

<sup>1</sup> Державний природознавчий музей Національної академії наук України, вул. Театральна, 18, Львів, 79008, Україна; e-mail: [habrielhushtan@gmail.com](mailto:habrielhushtan@gmail.com), [katrinantonyuk@gmail.com](mailto:katrinantonyuk@gmail.com)

<sup>2</sup> НПП «Яворівський», вулиця Зелена, будинок, 23, селище міського типу Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна

<sup>3</sup> ВСП «Львівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування», вул. Замарстинівська, 167, м. Львів, 79068, Україна

<sup>4</sup> Кафедра екології, Національний лісотехнічний університет України, вулиця Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна

<sup>5</sup> Кафедра туризму, Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, вулиця Тадеуша Костюшка, 11, Львів, 79000, Україна; e-mail: [dianakarpyun@gmail.com](mailto:dianakarpyun@gmail.com)

### **Changes in population parameters of oribatids (Acari: Oribatida) of meadow habitats on the Transcarpathian Lowlands in the edaphotope humidity gradient**

**Hushtan H.<sup>1,2</sup>, Hushtan K.<sup>1,3,4</sup>, Tsestsi D.<sup>5</sup>**

*Among all abiotic factors, environmental humidity is of great importance for the formation of the population of oribatid mites. Most of the published works, both in the Transcarpathian Lowland and in Europe in general, concern the study of oribatid mite complexes in different types of zonal ecosystems, especially forest ones. In contrast, the population of oribatids of meadow habitats, which are the main type of intrazonal communities, has*



been studied at a fragmentary level. However, the question of the dynamics of the parameters of the population of oribatids of meadow biotopes on the Transcarpathian Lowland in the edaphotope humidity gradient still remains unsolved. A study of oribatid complexes of xerophytic, mesophytic, hygrophytic and floodplain meadows has been conducted. It has been established that the edaphotope humidity has a significant impact on the dynamics of oribatid mite communities in different types of meadows on the Transcarpathian Lowland. A correlation analysis was conducted, which showed a high level of dependence of the density of oribatids on soil moisture. The dependence of some parameters of the synecological structure of oribatid mites on soil moisture in different meadows has been established. Thus, the degree of correlation between the moisture factor and the species richness of oribatids in mesophytic meadows is the highest. This factor has a somewhat lower degree of dependence in floodplain meadows. Soil moisture has the greatest influence on the density of oribatids in hygrophytic meadows. A lower degree of correlation between density and humidity was found in mesophytic and xerophytic meadows. An analysis of the diversity indices of oribatid mite communities in meadow biotopes of the Transcarpathian Lowland was conducted, which confirmed the identified trend – a decrease in the level of species richness of oribatids in the gradient of decreasing soil moisture. The following indices were calculated: Margalef, Menhinik, Simpson, Shannon and Berger-Parker. For example, the Simpson index value is very sensitive to the dominant species in the studied biotopes, and the Berger-Parker index value is to the most numerous species. This feature of the last two mentioned indices allowed us to identify another trend – an increase in the proportion of dominant oribatid species is manifested with an increase in the humidity of the edaphotope. The Shannon index, given its sensitivity to rare species, allowed us to identify another pattern – an increase in rare forms of oribatids in the gradient of decreasing edaphotope humidity. The detected trend does not apply to the oribatid mite communities of hygrophytic meadows, which are rich in rare species.

**Key words:** ecology of oribatid mites, biotic resource, edaphotope, dominance structure.

<sup>1</sup> State Museum of Natural History, National Academy of Sciences of Ukraine, Teatralna Str., 18, Lviv, 79008, Ukraine; E-mail: habrielhushtan@gmail.com, katrinantonyuk@gmail.com

<sup>2</sup> Yavoriv National Nature Park, 23, Zelena Str., Ivano-Frankove city-type village, Yavorivsky district, Lviv region, 81070, Ukraine

<sup>3</sup> Lviv Professional College of Lviv National Environmental University, 167, Zamarstynivska Str., Lviv, 79068, Ukraine

<sup>4</sup> Department of Ecology, National Forestry University of Ukraine, 103, Henerala Chuprynyk Str., Lviv, 79057, Ukraine

<sup>5</sup> Department of Tourism, Ivan Bobersky Lviv State University of Physical Culture, 11, Tadeusz Kosciuszko Str., Lviv, 79000, Ukraine

## Вступ

Серед різноманітних абіотичних чинників вологість середовища є одним із найважливіших для формування населення орібатидних кліщів. Представники цієї групи ґрунтових мікроартропод, загалом, характеризуються високою гігрофільністю, що підтверджується результатами багатьох досліджень (Madge 1964a, b; Jalil 1972 et al.). Саме рівень вологості визначає щільність орібатидних популяцій, яка зазнає суттєвого зниження за умов дефіциту вологи. Крім того, зміни гідротермічного режиму значно впливають на структуру таксоценів орібатид (Hayes 1963; Riha 1951 et al.).

Більшість наукових публікацій, присвячених дослідженню орібатид, як у межах Закарпатської низовини, так і на території Європи загалом, орієнтовані на зональні екосистеми, передусім лісові. У той же час лучні біотопи, що виступають провідним типом інтразональних фітоценозів, досліджені недостатньо і фрагментарно. Разом з тим, за результатами аналізу орібатидокомплексів різних типів луків Закарпатської низовини опубліковано низку праць (Hushtan 2018a, c; 2023; Hushtan, Hushtan, Glotov 2021). Дослідження охоплюють орібатидні угруповання

ксерофітних, мезофітних, гігрофітних, петрофітних та заплавлених луків (Hushtan et al. 2011; Hushtan et al. 2013; Hushtan 2018b; 2019; 2023; Hushtan, Hushtan 2019a; 2020). Також було проаналізовано вплив різноманітних антропогенних факторів на формування таксоценів орібатидних кліщів (Hushtan 2014; 2020; Hushtan, Hushtan 2019b). Однак, все ще нерозкритим залишається питання динаміки параметрів населення орібатид лучних біотопів Закарпатської низовини у градієнті вологості едафотопу.

## Матеріал та методики

Структуру населення панцирних кліщів у лучних біотопах Закарпатської низовини досліджували круглодобово протягом 2013–2014 років. Ґрунтові проби були відібрані в чотирьох типах біотопів: 1) гігрофітні луки в околицях сіл Форнош, Квасово і Великі Береги; 2) заплавні луки в околицях м. Чоп та с. Велика Добронь; 3) мезофітні луки в околицях м. Мукачево та с. Кальник; 4) ксерофітні луки в околицях міст Берегово, Виноградово а також сіл Мужієво і Оклийгадь. З детальними характеристиками дослідних ділянок можна ознайомитися у попередніх роботах (Hushtan 2018b, 2019, 2023; Hushtan and Hushtan 2020).



Для дослідження структурних характеристик угруповань панцирних кліщів було застосовано методику відбору ґрунтових зразків випадковим методом стандартного об'єму (125 см<sup>3</sup>). Збирання матеріалу здійснювалося протягом усіх сезонів року на 2–5 експериментальних ділянках для кожного типу біотопу, із повторністю відбору 10–20 зразків на ділянку. Вилучення орібатид із ґрунтових проб проводилось відповідно до загальноприйнятих методів ґрунтово-акарологічного аналізу з використанням ексектора високого градієнту типу Кемпсона (Krant et al. 2009).

Подальше опрацювання зразків здійснювалося шляхом ручного сортування під бінокулярним мікроскопом на фільтрувальному папері, після чого виготовлялися постійні мікропрепарати. Таксономічну ідентифікацію орібатидних кліщів проведено на основі систематики, запропонованої G. Weigmann (Weigmann 2006; Schatz et al. 2011), із застосуванням сучасного оптичного мікроскопа та актуальних визначників (Pavlichenko 1994; Sergienko 1994; Weigmann 2006).

Рівень домінування таксонів визначався згідно з класифікацією Штеккера – Бергмана (Stöcker, Bergmann 1977). До масових видів відносили таксони, частка яких перевищувала 3,2 % від загальної чисельності панцирних кліщів (еудомінанти, домінанти, субдомінанти), тоді як до рідкісних – ті, чия частка становила менше ніж 3,2 % (реценденти, субреценденти). Для кількісного аналізу використовувався показник відносної щільності, розрахований як відсоткове співвідношення чисельності окремого виду до загальної чисельності угруповання в межах певного біотопу.

Оцінка частоти трапляння видів проводилась із використанням індексу, розробленого В.М. Беклемішевим (Beklemyshev 1961). Аналіз різноманіття угруповань базувався на підходах, викладених у роботі E. Magurran (2004), із використанням таких біоіндикаторних індексів, як індекси Маргалефа, Менхініка, Сімпсона, Шеннона та Бергера-Паркера. Градієнт вологості був встановлений за результатами досліджень Гуштана Г. та Орлова О. (Hushtan and Orlov 2015). З використанням Microsoft Excel проведено розрахунки відповідно до загальноприйнятих методик (Magurran, 2004).

## Результати

Дослідження показали, що вологість едафотопу є одним із провідних факторів, які формують динаміку населення орібатид на різних типах луків Закарпатської низовини. Проведений кореляційний аналіз (Hushtan 2015) підтвердив наявність високого рівня залежності чисельності орібатид від вологісного режиму ґрунту (табл. 1). Водночас, ступінь взаємозв'язку між вологістю ґрунту та видовим різноманіттям кліщів виявився дещо нижчим. Слід підкреслити, що характер впливу вологісного чинника на синекологічні параметри панцирних кліщів варіює залежно від типу лук. Найвищий рівень коре-

ляції між вологістю субстрату та видовим багатством орібатид зафіксовано для мезофітних луків (табл. 1). У заплавних луках виявлено дещо слабший кореляційний зв'язок, тоді як у ксерофітних угрупованнях сезонна динаміка видового різноманіття демонструє ще нижчу залежність від гідрорежиму. Мінімальні значення кореляції між рівнем вологості та видовим складом орібатид спостерігаються на гігрофітних луках, ймовірно через високу стабільність умов середовища для гігрофільної фауни. Іншу тенденцію простежено у зв'язку між вологістю ґрунту та чисельністю панцирних кліщів. Найвищий вплив вологісного чинника встановлено для гігрофітних луків, де чисельність орібатид найбільш чутливо реагує на зміни водного режиму. Натомість у мезофітних і ксерофітних біотопах виявлено менш виражену кореляцію між цими показниками. Найслабший взаємозв'язок між чисельністю орібатид і вологістю едафотопу виявлений у заплавних луках, особливо в періоди без повеней.

Таблиця 1. Залежність динаміки щільності та видового багатства орібатид від рівня вологості ґрунту в різних типах лучних оселищ

Table 1. Dependence of the dynamics of species richness and density of oribatid mites in different types of meadows on the soil moisture factor

Тип оселища	1	2	3	4
<b>Характеристики різноманіття</b>				
Кількість видів	0.54	0.98	0.32	0.70
Чисельність (екз. на м <sup>2</sup> )	0.70	-0.78	0.82	-0.59

Примітка. 1 – ксерофітні луки, 2 – мезофітні луки, 3 – гігрофітні луки, 4 – заплавні луки.

Note: 1 – xerophytic meadows, 2 – mesophytic meadows, 3 – hygrophytic meadows, 4 – floodplain meadows.

У межах вологісного градієнта едафотопів лучних екосистем Закарпатської низовини спостерігається виразне збільшення загального числа видів орібатид у гігрофітних біотопах порівняно з ксерофітними. Зокрема, встановлено, що видове багатство панцирних кліщів у вологих луках перевищує відповідний показник на сухих луках у 1,3 разів. Так, у складі орібатидної фауни гігрофітних луків зафіксовано 45 видів, тоді як у ксерофітних угрупованнях кількість видів обмежується 32. Подібну закономірність було виявлено й у дослідженнях Б. Баяртогтоха (Bayartogtokh 1997), який, аналізуючи екологічні особливості орібатид у регіонах Монголії, вказував на зниження загального рівня видового різноманіття кліщів у міру збільшення аридності середовища.

Результати аналізу індексів різноманіття орібатидних угруповань досліджених лучних біотопів додатково підтверджують виявлену закономірність

зменшення видового багатства в напрямку зниження вологості ґрунту (табл. 2, рис. 1, 2). Зокрема, спостерігається зростання значень індексів Маргалефа та Менхініка відповідно у 1, 2 та 1, 1 рази в напрямку до більш зволжених екоотопів. Водночас слід зазначити, що отримані графічні залежності (рис. 1, 2) демонструють певні відмінності в динаміці окремих показників, що, ймовірно, зумовлено специфічним реагуванням індексів на структурні особливості орібатидних угруповань у кожному з біотопів.

Значення індексів видового багатства, що характеризуються незначною варіативністю (зокрема, індекси Сімпсона та Бергера-Паркера), демонструють тенденції, протилежні до динаміки індексів Маргалефа та Менхініка (табл. 2, рис. 1, 2). Так, індекс Сімпсона виявляє високу чутливість до при-

сутності домінантних таксонів у складі досліджених угруповань, тоді як індекс Бергера-Паркера акцентує на впливі найчисельнішого виду (Magurran, 2004). Ця специфіка зазначених індикаторів дала змогу виявити додаткову закономірність: зі збільшенням вологості ґрунту підвищується частка домінантних видів у складі орібатидних угруповань (рис. 2). Зокрема, коефіцієнт індексу Сімпсона зріс у 2,4 раза, а індексу Бергера-Паркера – у 3,4 раза в напрямку до вологіших біотопів. Проте зазначена закономірність не є універсальною: для гігрофітних луків характерне високе видове різноманіття, яке зумовлене не чисельністю домінантів, а наявністю великої кількості малочисельних, рідкісних форм.

Індекс Шенона, який є високочутливим до присутності рідкісних видів у структурі угруповань

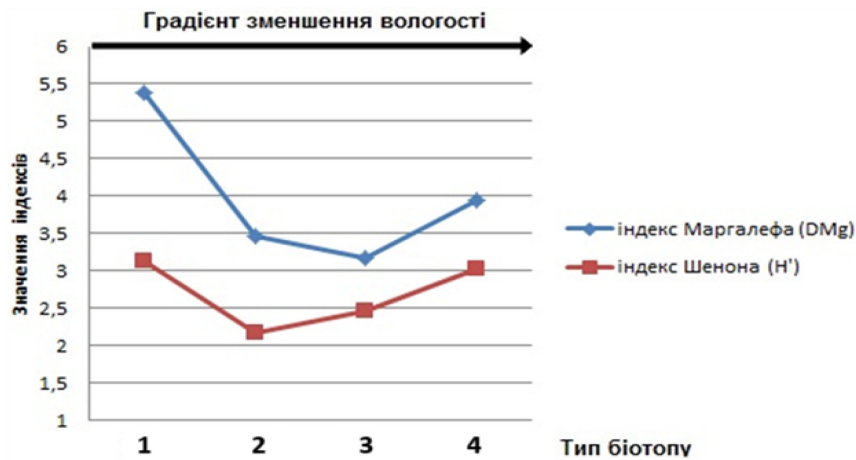


Рис. 1. Зміни індексів різноманіття населення панцирних кліщів у градієнті вологості едафотопу

Fig. 1. Dynamics of diversity indices of oribatid mite populations in meadow habitats on the Transcarpathian Lowland in the humidity gradient of the edaphotope

Примітка: 1 – гігрофітні луки; 2 – заплавні луки; 3 – мезофітні луки; 4 – ксерофітні луки.

Note: 1 – hygrophytic meadows, 2 – floodplain meadows, 3 – mesophytic meadows, 4 – xerophytic meadows.

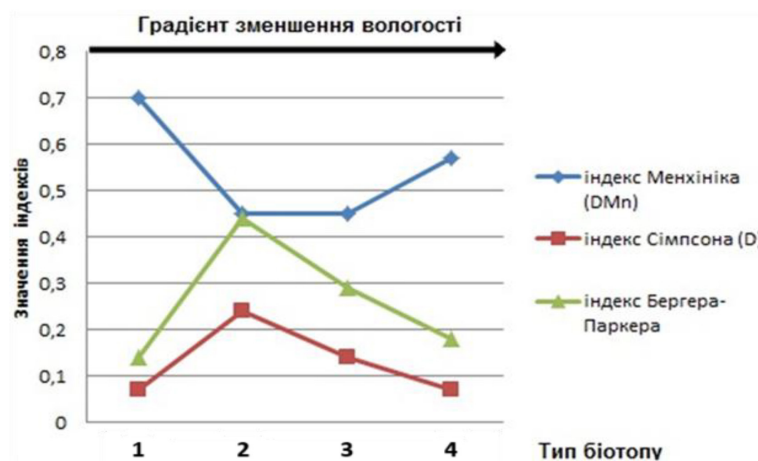


Рис. 2. Індекси різноманіття населення орібатид у градієнті вологості едафотопу

Fig. 2. Dynamics of diversity indices of oribatid mite populations in meadow habitats on the Transcarpathian Lowland in the humidity gradient of the edaphotope

Примітка: 1 – гігрофітні луки; 2 – заплавні луки; 3 – мезофітні луки; 4 – ксерофітні луки.

Note: 1 – hygrophytic meadows, 2 – floodplain meadows, 3 – mesophytic meadows, 4 – xerophytic meadows.

(Magurran 2004), дозволив виявити ще одну екологічну закономірність – зростання частки малочисельних форм панцирних кліщів у напрямку зменшення вологості ґрунту. У межах розглянутого вологісного градієнта значення індексу Шенона збільшилося в 1,4 разів. Разом із тим, дана тенденція не спостерігається в орібатидних угрупованнях гігрофітних луків, які характеризуються значною кількістю рідкісних видів.

Таблиця 2. Індеси різноманіття та видового багатства орібатид лучних біотопів Закарпатської низовини

Table 2. Indices of species richness and diversity of oribatids of meadow biotopes of the Transcarpathian Lowland

Індекс	Типи біотопів			
	1	2	3	4
Маргалефа	7.66	5.17	4.25	5.83
Менхінка	2.66	1.94	1.49	2.12
Шенона	3.01	2.08	2.39	3.03
Сімпсона	0.07	0.25	0.14	0.07
Бергера-Паркера	0.15	0.46	0.3	0.18

Примітка: 1 – гігрофітні луки; 2 – заплавні луки; 3 – мезофітні луки; 4 – ксерофітні луки.

Note: 1 – hygrophytic meadows, 2 – floodplain meadows, 3 – mesophytic meadows, 4 – xerophytic meadows.

У ході дослідження зафіксовано зниження загальної щільності угруповань панцирних кліщів лучних біотопів досліджуваної території у 1,3 разів вздовж градієнта зменшення вологості ґрунту (рис. 3). Аналогічну залежність раніше було описано у працях К. Sheela та М. Naq (1991), які встановили позитивний кореляційний зв'язок між рівнем ґрунтової вологості та чисельністю орібатид. Згідно з їхніми спостереженнями, найвищі показники щільності цих

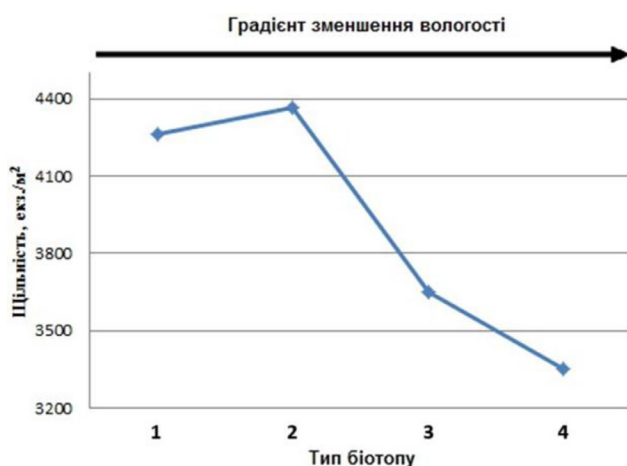


Рис. 3. Щільність населення орібатид в градієнті вологості ґрунту

Fig. 3. Changes in the density of oribatid populations in the edaphotope moisture gradient

Примітка: 1 – гігрофітні луки; 2 – заплавні луки; 3 – мезофітні луки; 4 – ксерофітні луки.

Note: 1 – hygrophytic meadows, 2 – floodplain meadows, 3 – mesophytic meadows, 4 – xerophytic meadows.

мікроартропод припадали на біотопи з максимальною вологістю субстрату, тоді як мінімальні значення були характерні для найбільш посушливих умов.

Аналіз змін у структурі угруповань панцирних кліщів уздовж градієнта зниження ґрунтової вологості (рис. 4) виявив зростання частки рідкісних видів (субрецентів та рецентів) у 1,5 раза, що супроводжувалося зменшенням частки домінантних таксонів (субдомінантів, домінантів та еудомінантів). Водночас ця закономірність не є характерною для орібатидних угруповань гігрофітних луків, у межах яких відносна кількість малочисельних видів перевищує відповідний показник для ксерофітних луків на 6 %.

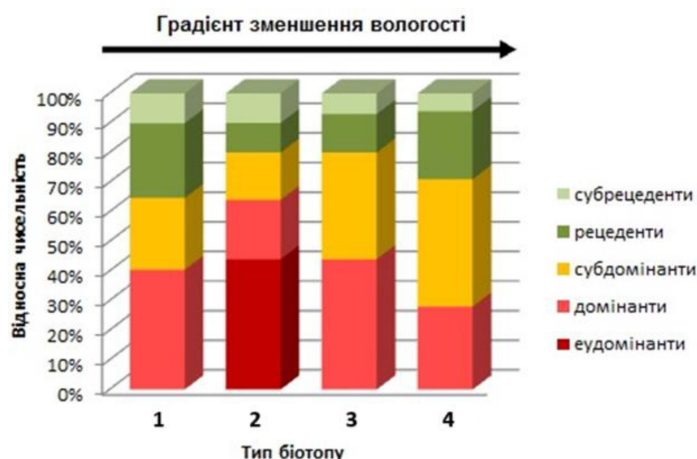


Рис. 4. Зміни структури домінування населення орібатид у градієнті вологості едафотопу

Fig. 4. Changes in the structure of dominance of oribatid populations in the edaphotope humidity gradient

Примітка: 1 – гігрофітні луки; 2 – заплавні луки; 3 – мезофітні луки; 4 – ксерофітні луки.

Note: 1 – hygrophytic meadows, 2 – floodplain meadows, 3 – mesophytic meadows, 4 – xerophytic meadows.

## Обговорення

Таким чином, вперше встановлено динаміку параметрів населення орібатид лучних біотопів Закарпатської низовини у градієнті вологості едафотопу. У той самий час, як попередні роботи стосувалися лише характеристики параметрів видового та екологічного різноманіття орібатид гігрофітних, ксерофітних, мезофітних, петрофітних і заплавних лук (Hushtan et al. 2011; Hushtan et al. 2013; Hushtan 2018b; 2019, 2023; Hushtan, Hushtan 2019a; 2020), а також стосувалися впливу різних антропогенних чинників на такоєцени панцирних кліщів (Hushtan 2014; 2020; Hushtan, Hushtan 2019b). Процеси формування угруповань орібатид у межах градієнта зниження вологості ґрунту лучних біотопів досліджуваного регіону виявляють низку чітко виражених закономірностей. Зокрема, встановлено, що зі зростанням ксеротермічних умов відбувається зниження загальної щільності цих мікроартропод. Така динаміка зумовлена гігрофільною спрямованістю більшості представників цієї групи, які переважно тяжіють до вологих умов існування. Аналіз змін видового різноманіття панцирних кліщів у межах градієнта зволоження ґрунту (від гігрофітних через заплавні до мезофітних луків) демонструє тенденцію до поступового скорочення кількості видів. Водночас угруповання орібатид ксерофітних

луків зберігають порівняно високий рівень видового багатства, що зумовлено присутністю ксерофільних, екологічно спеціалізованих форм. Структурна організація домінування орібатид у напрямку зменшення вологості субстрату характеризується зростанням частки рідкісних видів у 1,5 разів, що супроводжується відповідним зменшенням представленості домінантних таксонів у складі угруповань.

## Висновки

Аналіз динаміки популяцій орібатид у межах градієнта підвищення вологості едафотопу – від ксерофітних до заплавних луків – засвідчив зростання загальної чисельності кліщів у 1,3 рази. Водночас, у граничному варіанті – гігрофітних луках із найвищим рівнем зволоження – зафіксоване незначне зниження цього показника. Що стосується видового різноманіття, то воно демонструє нелінійну динаміку в межах дослідженого градієнта. Зокрема, на початковому етапі – від ксерофітних до мезофітних луків – спостерігається зменшення кількості видів у 1,2 раза. У подальшому ж, із переходом від мезофітних до заплавних і гігрофітних біотопів, видовий склад орібатид збільшується у 1,7 раза, досягаючи максимуму в умовах підвищеної вологості.

- BAYARTOGTOKH, B. (1997) Zonalnoe raspredelenye pantsyrnykh kleshchei (Acari: Oribatida) Monholyyu. *Uchionye zapiski Monholskogo gosudarstvennogo universiteta*, 123(4), 30–47. (in Russian).
- BEKLEMYSHEV, V. N. (1961) Terms and concepts needed in the quantitative study of populations of ectoparasites and nidicoles. *Zoological Journal*, 40 (2). 149–158. (in Russian).
- HAYES, A. J. (1963) Studies on the feeding preferences of some Phthiricarid mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 6, 241–256.
- HUSHTAN, H. H. (2014) Antropohenni transformatsii luchnykh uhrupovan oribatyd (Acari: Oribatida) Zakarpatskoi nyzovyny [Anthropogenic transformations of meadow oribatyd mites (Acari: Oribatida) communities on Transcarpathian Lowland]. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*. 36. 102–107. (in Ukrainian).
- HUSHTAN, H. H. (2015) Znachennia abiotychnykh faktoriv u formuvanni naseleння oribatyd (Acari: Oribatida) luchnykh biotopiv Zakarpatskoi nyzovyny [The abiotic factors value in the formation of the oribatida (ACARI: ORIBATIDA) population of Transcarpathian lowland meadow habitats]. *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International scientific conference “Uzhhorod Entomological Readings – 2015”*. Uzhhorod, Ukraine, 25–27 September, 2015, PP. 28–30.
- HUSHTAN, H. H. (2018a) First records of some Oribatid mite species (Acari, Oribatida) from Ukraine. *Fragmenta faunistica*. 61 (1), 55–59.
- HUSHTAN, H. H. (2019) Pantsyrni klishchi (Acari: Oribatida) hihrofitnykh luk Zakarpatskoi nyzovyny [Oribatid mites (Acari: Oribatida) of hygrophyte grasslands on Transcarpathian Lowland]. *Proceedings of the State Natural History Museum*. 35, 67–74. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2019.35.67-74>
- HUSHTAN, H. H. (2018b) Pantsyrni klishchi (Acari: Oribatida) kserofitnykh luk Zakarpatskoi nyzovyny [Oribatid mites (Acari: Oribatida) of dry grasslands on Transcarpathian Lowland]. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*. 45, 38–44. (in Ukrainian). DOI: 10.24144/1998-6475.2018.45.38-44.
- HUSHTAN, H. H. (2018c) Riznomanittia pantsyrnykh klishchiv (Acari: Oribatida) luchnykh ekosystem baseiniv richok Latorytsia ta Borzhava [The diversity of oribatid mites (Acari: Oribatida) of grassland ecosystems of Latorica and Borzhava river basins]. *Proceedings of the State Natural History Museum*. 34, 75–80. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2018.34.75-80>
- HUSHTAN, H. H. (2023) Taksonomichna i ekolohichna struktura taksotseniv pantsyrnykh klishchiv (Acari: Oribatida) mezofitnykh luk Zakarpatskoi nyzovyny [Taxonomic and ecological structure of oribatid mites (Acari: Oribatida) of mesophilic grasslands on the Transcarpathian lowland]. *Proceedings of the State Natural History Museum*. 39, 89–98. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2023.39.89-98>
- HUSHTAN, H. H. (2020) Zminy ekolohichnoi struktury uhrupovan pantsyrnykh klishchiv (Oribatida) pid



- vplyvom antropohennykh faktoriv Zakarpatskoi nyzovyny [The changes in ecological structure of oribatid mites (Oribatida) communities under the influence of anthropogenic factors on Transcarpathian Lowland]. *Proceedings of the State Natural History Museum*. 36, 89–94. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2020.36.89-94>
- HUSHTAN, H. H., HUSHTAN, K. V. (2019a) Pantsyrni klishchi (Acari: Oribatida) kserofitnykh ta petrofitnykh luk Karpatskoho biosferneho zapovidnyka (botanichni zakaznyky “Chorna hora” ta “Iulivska hora”) [The oribatid mites (Acari: Oribatida) of dry and petrophitic grasslands in the Carpathian Biosphere Reserve (botanical reserves «Chorna Hora» and «Yulivska Hora»)]. *Nature of the Carpathians: scientific yearbook of the Carpathian Biosphere Reserve and the Institute of Ecology of the Carpathians of the NAS of Ukraine*. 1, 58–61. (in Ukrainian).
- HUSHTAN, H. H., HUSHTAN, K. V. (2020) Pantsyrni klishchi (Oribatida) zaplavnykh luk Zakarpatskoi nyzovyny [Oribatid mites (Oribatida) of floodplain meadows on the Transcarpathian Lowland]. *Ukrainian Entomological Journal*. 1-2 (18), 41–47. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.15421/282006>
- HUSHTAN, H. H., HUSHTAN, K. V. (2019b) Pro vplyv sinokosinnia na ekolohichnu strukturu pantsyrnykh klishchiv (Oribatida) luchnykh ekosystem Zakarpatskoi nyzovyny [About the influence of haying on the ecological structure of oribatid mites (Oribatida) of meadow ecosystems of the Transcarpathian lowland]. *Abstracts of the IX International Scientific and Practical Internet Conference*. Dnipro, Ukraine, 2–3 December, 2019. PP. 445–448.
- HUSHTAN, H. H., HUSHTAN, K. V. & GLOTOV, S. V. (2021) Checklist of oribatid mites (Acari, Oribatida) of the Transcarpathian lowland, Ukraine. *Persian Journal of Acarology*. 10(4), 371–402. DOI: <https://doi.org/10.22073/pja.v10i4.68186>
- HUSHTAN, H. H., KAPRUS, I. IA., ROSHKO, V. H. (2013) Taksonomichna struktura naseleння oribatyd (Acari: Oribatida) luchnykh biotopiv Zakarpatskoi nyzovyny [The taxonomic structure of oribatid mites (Acari: Oribatida) population of Transcarpathian lowland meadow habitats]. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*. 34, 70–75. (in Ukrainian).
- HUSHTAN, H. H., KRON, A. A., ROSHKO, V. H., MELAMUD, V. V. (2011) Riznomanittia ta ekolohichni vlastyvoli pantsyrnykh klishchiv (Acari: Oribatida) transformovanykh luchnykh ekosystem Zakarpatskoi nyzovyny [The diversity and ecological characteristics of shell mites (Acari: Oribatida) of Transcarpathian Lowland transformed meadow ecosystems]. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology*. 31, 74–77. (in Ukrainian).
- HUSHTAN, H. H., ORLOV, O. L. (2015) Umovy isnuvannia oribatyd (Acari: Oribatida) v luchnykh biotopakh Zakarpatskoi nyzovyny [The existence conditions of oribatid mites (Acari: Oribatida) of meadow habitats of Transcarpathian lowland]. *Proceedings of the State Natural History Museum*. 31, 89–96. (in Ukrainian).
- JALIL, M. (1972) The effect of dissication on some oribatid mites. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 74(4), 406–410.
- KRANT, G. W., WALTER, D. E., BEHAN-PELLETIER, V. et al. (2009) A manual of acarology. Lubbock: Texas Tech University Press. 807 p.
- MADGE, D. S. (1964a) The water-relations of *Belba geniculata* Oudemans and other species of oribatid mites. *Acarologia*. Vol. 9. № 1/2. P. 199–223.
- MADGE, D. S. (1964b) The humidity relations of oribatid mites. *Ibid.* Vol. 6. № 5. P. 566–591.
- MAGURRAN, A. E. (2004) Measuring Biological diversity. Blackwell Publishing company. 256 p.
- PAVLICHENKO, P. G. (1994) A guide to the ceratozetoid mites (Oribatei, Ceratozetoidea) of Ukraine. I. I. Schmalhausen Institute of Zoology of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev. 143 p. (in Russian).
- RIHA, C. (1951) Zur Orulogie der Oribatiden in Kalksteinboden. *Zool. Jahrb. (Syst.)*. № 80. P. 408–450.
- SHEELA, K., HAQ, M. A. (1991) Oribatid mites as bioindicators of soil moisture. *Advances in management and concervation in soil fauna*. Oxford & IBH Publishing CO. PVT. LTD. New Delhi, Bombay, Calcutta. 871–876.
- SERGIENKO, G. D. (1994) Fauna of Ukraine. №. 25, 21, Lower Oribatida. Kyiv, Naukova dumka. [in Russian].
- SCHATZ, H., BEHAN-PELLETIER, V. M., OCONNOR, B.M., NORTON, R. A. (2011) Suborder Oribatida van der Hammen, 1968. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148. 141–148.
- STÖCKER, G., BERGMANN, A. (1977) Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. I. Modellbildung. Modellrealisierung, Dominanzklassen. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, 7(1), 1–26.
- WEIGMANN, G. (2006) Acari, Actinochaetida Hornmilben (Oribatida). Keltern, Goecke & Evers.
- WHITTAKER, R. H. (1977) Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biology*. 10. 1–67.

## ОГЛЯД ТЕРІОФАУНИ БАСЕЙНУ РІЧКИ ВОВЧА (ДНІПРОПЕТРОВЩИНА)

Ігор ЗАГОРОДНЮК<sup>1</sup>, Анатолій РОТТ<sup>2</sup>

Узагальнено відомості про теріофауну переважно середньої течії річки Вовча (ліва притока р. Самара, Дніпровський басейн), з увагою до заповідних ділянок і населених пунктів передусім Покровського району, що на південному сході Дніпропетровщини. Територія є сильно трансформованою через сільськогосподарське освоєння земель, проте розгалужена річкова мережа з виразно розсічених ландшафтом прибережних ділянок створює унікальні можливості для існування дикої фауни. Описано серію спостережень різних груп ссавців, що ведуться авторами у фоновому режимі з 2000 р. Загалом наведено інформацію про 52 види 40 родів 17 родин шести рядів. Для кожного з рядів та видів наведено анотації щодо статусу присутності й надійності даних, а також важливі фактичні дані про реєстрації і посилання на публікації, що стосуються регіону дослідження або суміжних територій. У переліку видів використано три позначення статусів: 30 зареєстровані на основі фактичних знахідок, 13 видів відомі з суміжних територій з повним охопленням регіону досліджень їхніми ареалами, проте без однозначних фактів наявності, 9 видів входять до фантомної групи, переважно це види на межах ареалів, наявність яких в регіоні досліджень не доведена або які, найімовірніше, зникли. За своїми рисами видовий комплекс відповідає лісостеповому, без ознак степових угруповань, попри належність території до степової зони. Значною мірою ці особливості визначаються поширенням угруповань, близьких до заплавної, а частково й синантропної фауни та мешканців агроценозів. Впорядкований анотований список видів розглядається як приклад опису локальної фауни в рамках концепту «видимої фауни». Обговорюються перспективи розвитку анотованого списку фауни та його склад за такими компонентами, як степові, лісові й прибережні угруповання, мисливська і синантропна фауна, чужорідні види.

**Ключові слова:** дикі звірі, басейн Вовчої, огляд складу фауни, Дніпропетровщина, південь України.

<sup>1</sup> Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Хмельницького, 15, Київ, 01054, Україна; e-mail: [zoozag@ukr.net](mailto:zoozag@ukr.net)

<sup>2</sup> Покровська районна бібліотека, Покровське, Україна

### *An overview of the mammal fauna of the Vovcha River basin (Dnipro region, Ukraine)*

*Zagorodniuk I.<sup>1</sup>, Rott A.<sup>2</sup>*

Information about the mammal fauna of the middle reaches of the Vovcha River (left tributary of the Samara River; Dnipro Basin) is summarised, with a focus on protected areas and settlements, primarily in Pokrovskiy Raion of the south-east of Dnipro Oblast. The territory is heavily transformed due to agricultural development, but the branched river network with distinctly dissected riparian areas creates unique habitat conditions for the wildlife. The paper describes a series of observations of different groups of mammals that the authors have been monitoring since 2000. For each of the orders and species, annotations on the status of presence and reliability of the data are provided, as well as important factual data on records and references to publications related to the study area or adjacent territories. Three status designations are used for the species lists: 30 species recorded on the basis of actual findings; 13 species known from adjacent territories, their distribution ranges fully cover the study area, although no unequivocal evidence of their presence is available; and 9 phantom species that occur here at the boundaries of their ranges and whose presence in the study area is not proven or which are most likely extinct. The species assemblage corresponds to the forest-steppe one, with no signs of steppe communities, despite the territory belonging to the steppe zone. These features are largely determined by the distribution of communities close to the floodplain, and partly by the synanthropic fauna and inhabitants of agrocoenoses. An annotated list of species is considered as an example of a description of the local fauna within the concept of 'visible fauna'. The prospects for the development of the annotated fauna list and its composition by such components as steppe, forest, and riparian communities, game and synanthropic fauna, and alien species are discussed.

**Key words:** wild mammals, Vovcha basin, overview of the fauna, Dnipro region, southern Ukraine.

<sup>1</sup> National Museum of Natural History, NAS of Ukraine, 15 Bohdan Khmelnytsky Str., Kyiv, 01054, Ukraine; e-mail: [zoozag@ukr.net](mailto:zoozag@ukr.net)

<sup>2</sup> Pokrovske Raion Library, Pokrovske, Ukraine.

## Вступ

Фауна України вивчена вкрай нерівномірно, що пов'язано з багатьма факторами, зокрема й наявністю чи відсутністю регіональних дослідних центрів, як-от університети з їхніми біостанціями, об'єкти і території заповідного фонду, відомі географічні чи ландшафтні об'єкти, території особливого біогеографічного статусу тощо. Прикладом вкрай низького охоплення зоологічними дослідженнями є басейн річки Вовчої, лівої притоки Самари.

Надто обмежена увагою середня частина цього басейну, що відноситься до Покровського району (з 2020 р. у складі Синельниківського), що є найсхіднішою частиною Дніпропетровської обл., розташованою на північ від Приазовської височини і на захід від Донецького кряжу. Орографічно мова йде передусім про сегмент басейну нижче місця впадіння Солоні і Мокрих Ялів, проте при наявності важливих фауністичних даних вище і нижче середньої течії Вовчої автори їх тут наводять також. Річка Вовча раніше було судноплавною, наразі це водотік, важливий передусім для зрошення. В його мережі – 497 малих річок й струмків, що визначає й особливості ландшафтів та біоти.

Фауні цього регіону присвячено не одну працю, проте більшість з них давні. Серед примітних доробків – монографії «Нариси фауни степової Наддніпрянщини» (Varabash-Nikiforov 1928) та «Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ссавці» (Bulakhov, Rakhomov 2006), проте в них даних стосовно Покровського району мінімум. Невеликий огляд видів Великомихайлівського лісу є в огляді М. Писаревої «Про ссавців штучних лісів степової зони України» (Pysareva 1960), цей список розглянуто далі. Всі інші праці присвячені фрагментарним спостереженням на суміжних територіях, як-от про знахідку лиса степового в окол. Межової (Zagorodniuk, Savarin 2012).

Мета цієї праці – огляд знахідок видів ссавців зі складу дикої теріофауни, передусім оригінальних матеріалів, з доповненнями даних з літератури.

## Матеріали

Матеріал накопичувався авторами протягом останніх 20 років. Окрім власних спостережень, в основі праці також результати опитування селян, мисливців, рибалок, лісників, пасічників, краєзнавців. По можливості авторами зібрано також місцеві назви тварин. Неefективним, проте також перевіченим джерелом даних були соцмережі (*Facebook*) та аматорські бази даних (передусім

*iNaturalist*). Ще одним джерелом стали підсумки давніх пелеткових досліджень (Pidoplichko 1937), проте в них потрапили тільки віддалені райони області (Нікопольський, Новомосковський, Магдалинівський).

Для збоку інформації про види залучено також колекції Національного науково-природничого музею НАН України (ННПМ). Аналіз бази даних і каталогів цього музею показує наявність зі східних районів Дніпропетровської області 56 зразків, з яких однозначно до басейну Вовчої і Самари відносяться 14 зразків 5 видів. Більшість з них стосуються Самари (зокрема, Успенівка Петропавлівського р-ну, Павлоград Павлоградського р-ну)<sup>1</sup>.

Описи таксонів наведено у систематичному порядку, за рядами, відповідно до порядку, назв і рангів, прийнятих Українським теріологічним товариством (Zagorodniuk, Emelyanov 2012).

Види у анотованому переліку класифіковано за трьома ступенями присутності, передусім однозначності даних (про можливі варіанти позначень див.: Zagorodniuk et al. 2022).

Перша група (позначка ●) – це види, для яких є однозначні вказівки з району досліджень, зокрема для Покровського або суміжних адміністративних районів (у дореформеному обсязі).

Друга група (позначка ○) – їхня присутність очевидна з огляду на ареали та наявні біотопи, проте спеціальних обліків, які могли би їх зафіксувати, не було (зокрема, через стан війни).

Третя група (позначка Δ) – види, присутність яких не є однозначною (фантомні види) і які не відомі з району досліджень, проте вони мають бути поширені тут, хоча не виявлені через одну з трьох причин – вони рідкісні, вони могли вимерти (скоротити ареали), їхні ареали тут мають межі і тому знахідки малоймовірні, хоча можливі.

Співвідношення цих трьох груп складає 28(●) : 17(○) : 7(Δ) (сума 52 види), що є цілком достатнім показником для оцінки складу фауни: понад 50 % (фактично 54 %) її очікуваного складу представлено однозначно зареєстрованими видами. З огляду на концепт «апексної» («видимої») фауни (Zagorodniuk 2025a) це цілком прийнятна оцінка, що дозволяє судити про

<sup>1</sup> Каталоги Л. Шевченко та С. Золотухіної, на жаль, пересичені помилками. Це стосується і двох ітаків з «Лугове Васильківського району» (Shevchenko, Zolotukhina 2005), тобто басейну Вовчої. Аналіз цих зразків показав, що їхні етикетки (leg. Б. Попов, 21.09.1931) не містять жодної інформації про район, а місце збору явно прописане як «Сугаківка», що нині входить до складу селища Обухівка Дніпровського району Дніпропетровської обл. Понад те, Б. Попов прямо зазначає у своїй статті ці місце і дату перебування тогочасної експедиції (Popov 1937: 41).



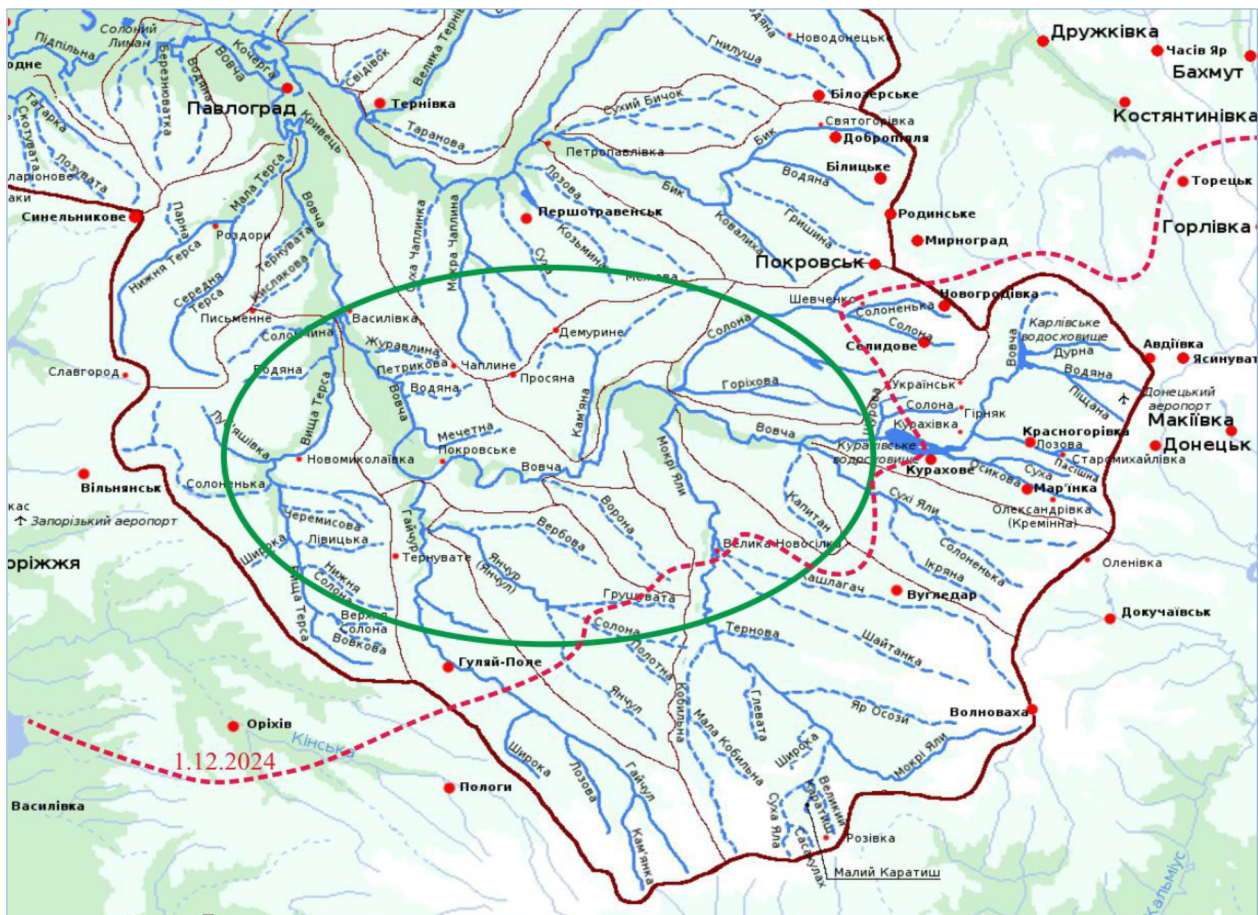


Рис. 1. Схема річкової мережі Вовчої (північніше – Самара) (за: wikimedia, ліцензія cc-by). Район основної уваги (з центром в Покровському) обведено колом. Пунктир – лінія воєнного фронту на 1.12.2024  
 Fig. 1. A scheme of the Vovcha River basin (the Samara to the north) (via: wikimedia, licence cc-by). The area of the main focus (centred on Pokrovske) is circled. The dotted line is the military frontline as of 1 December 2024

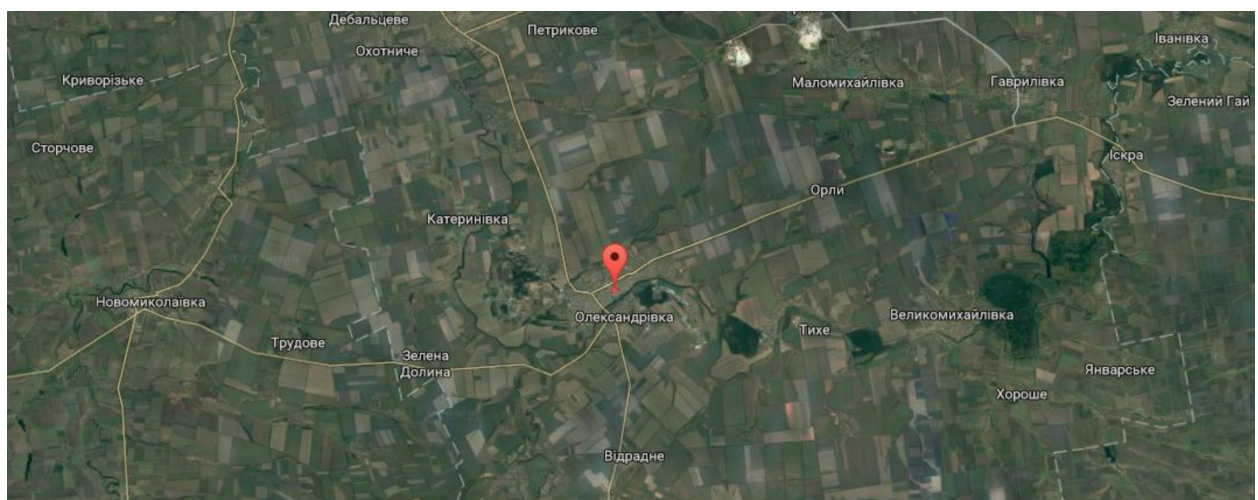


Рис. 2. Фрагмент мапи (Google Map), що демонструє рівень розораності території. Позначка – м. Покровське на р. Вовча, центр однойменного району, який нині входить до складу Синельниківського району Дніпропетровщини. В межах цього сегменту річка Вовча тече через Великомихайлівку, Олександрівку, Катеринівку, Дебальцеве  
 Fig. 2. A map fragment (Google Maps) showing the level of ploughing in the study area. The marker is the town of Pokrovske on the Vovcha River, the centre of the homonymous raion that is now part of Synelnykove Raion of Dnipropetrovsk Oblast. Within this segment, the Vovcha River flows through Velykomykhailivka, Oleksandrivka, Katerynivka, and Debaltseve



особливості її багатства, співвідношення різних за біотопними перевагами видів, рівнем раритетності та адвентизації.

### Загальна характеристика району досліджень

Посамар'я, або Присамар'я – географічна й історична область, що вміщує сточище Самари (рис. 1) і займає схід Дніпропетровської обл., захід Донецької обл. та північ Запорізької обл. Це найбільша і найбільш розгалужена річкова мережа з лівих припливів Середнього Дніпра, по суті останній значний після Орелі. Південною (лівою) частиною гідрографічної мережі Самари є річка Вовча, що має довжину 323 км і площу басейну 13 300 кв. км. В середній течії Вовчої розташований Покровський район. Його центр Покровське розташований на півшляху між Павлоградом (де Вовча сходиться з Самарою) і Кураховим (верхній край повноводної частини ріки).

Територія району є сильно освоєною під сільськогосподарські угіддя (рис. 2), проте завдяки саме річковій мережі та прирічковим крутосхилам тут збереглися природні ландшафти і відповідні біотопи придатні для видів тварин зі складу дикої фауни. Типові природні біотопи показано на рис. 3.

Покровський район – це місцевість, що загалом сильно трансформована діяльністю людини: значну частку території займають орні землі. Природні та напівприродні комплекси збереглися переважно у заплаві Вовчої, в невеликих лісових масивах та деінде вздовж транспортних магістралей, місць з сильно посіченим рельєфом, які непридатні для рільництва та забудови.

Мережа об'єктів і територій ПЗФ району представлена переважно заказниками місцевого значення, площею від 10 до 3500 га. При площі району в 121,0 тис. га, територія ПЗФ становить 8,6 тис. га (більше 7 %). Основним полігоном дослідження є територія, що зарезервована під Покровсько-Дібрівський регіональний ландшафтний парк (РЛП), Дібрівський лісовий заказник загальнодержавного значення (1079 га), та вісім заказників місцевого значення. Серед останніх – лісовий заказник Андріївський ліс (10 га, місцева назва – Макаренський сад), ентомологічний заказник Покровський (30,6 га) і ландшафтні заказники Березово-Вишневецький (1076,9 га), Вершина (48,4 га), Воронівський (664,4 га), Річка Гайчур (1254,5 га), Річка Янчур (978,4 га), Старокасянівський (3504,2 га).

### Огляд видів

Загалом узагальнено інформацію про 52 види із шести рядів (табл. 1), у тому числі одного виду

зайцеподібних, 21 вид гризунів (8 «немишових» і решта з надродина мишових), 5 видів комахоїдних, 6 видів кажанів, 15 видів хижих, 4 видів ратичних. З них 30 зареєстровані на основі фактичних знахідок, 13 видів відомі з суміжних територій із повним охопленням регіону досліджень їхніми ареалами, проте без однозначних фактів наявності, 9 видів входять до фантомної групи, переважно це види на межах ареалів, наявність яких в регіоні досліджень не доведена або які, найімовірніше, зникли.

Найбільша частка видів другої й третьої груп – серед мишовидих гризунів (6 із 13) і кажанів (4 з 6), виявлення й ідентифікація яких вимагають спеціальних зусиль і специфічних типів обліку. Ймовірно, кількість видів з цих груп виявиться більшою за попередні оцінки (наприклад, можна очікувати знахідки окремих видів мишівок, рясоніжок, нічниць тощо).

Єдиним фауністичним списком, дотичним до регіону, що досліджується, є огляд М.Писаревої «Про ссавців штучних лісів степової зони України» (Pysareva 1960), в якому наведено список з 20 видів ссавців (всі крім кажанів) для Великомихайлівського лісового масиву, що знаходиться у прирічковій зоні східної частини Покровського району (47.976231°, 36.514554°). Цей список є основою порівнянь і важливий, окрім всього іншого, для аналізу змін фауни (список без кажанів). В дужках вказано сучасні валідні назви, прийняті в цій праці (основні але застарілі взято в лапки); порядок наведення видів також відповідає прийнятому в цій праці (Zagorodniuk, Emelyanov 2012):

*Lepus europaeus*, “*Citellus*” “*pygmaeus*” (= *Spermophilus planicola*), *Sicista* “*subtilis*” (= *loriger*), *Spalax microphthalmus*, *Cricetus cricetus*, *Cricetus migratorius*, *Arvicola* “*terrestris*” (= *amphibius*), *Microtus* “*arvalis*” (*levis*), *Apodemus agrarius*, “*Apodemus*” “*sylvaticus*” (= *Sylvaemus sylvaticus vel uralensis*), *Mus musculus*, *Mus* “*sergii*” (= *spicilegus*), *Rattus norvegicus*, *Erinaceus* “*rumanicus*” (= *roumanicus*), *Sorex araneus*, *Canis lupus*, *Vulpes vulpes*, *Mustela nivalis*, “*Putorius*” *putorius* (= *Mustela putorius*), *Meles meles*, *Martes foina*.

Найближчий стаціонар, де проводять дослідження і який згадано і у І.Барабаша (Barabash-Nikiforov 1928), і у Писаревої (Pysareva 1955, 1960), – Самарський бір, відомий згодом як «Присамарський міжнародний біосферний стаціонар». Сучасний огляд фауни стаціонару (Mikheyev 2003) охоплює мікромамалій (порядок змінено, як і в попередньому випадку):



Рис. 3. Природні місцезнаходження по басейну р. Вовчої в межах Покровського району: (а) Заказник «Річка Гайчур», уроч. Кам'яна балка, 2019; (б) Старокасянівський ландшафтний заказник, 2019; (с) ландшафтний заказник «Річка Гайчур», 2018; (д) Покровський ентомологічний заказник, 2014; (е) Дібрівський лісовий заказник, р. Вовча, 2018; (ф) краєвид на р. Гайчур, 2019; (г) Андріївський ліс (місцеве «Макаренський сад»), 2018; (h) Заказник «Річка Гайчур» (за Писанцями), 2019. Фото Т. Бугай (а, h), Ю. Пазія (b, f), В. Чичикало (c, g), А. Ротта (d, e). Всі фото є на Wikimedia (ліцензія cc + дозвіл авторів)

Fig. 3. Natural habitats in the Vovcha River basin within Pokrovske Raion: (a) Haichur River Reserve, Kamiana Balka, 2019; (b) Starokasianivskyi Landscape Reserve, 2019; (c) Haichur River Landscape Reserve, 2018; (d) Pokrovskyi Entomological Reserve, 2014; (e) Dibrivskyi Forest Reserve, Vovcha River, 2018; (f) view of the Haichur River, 2019; (g) Andriivskyi Forest (local name 'Makarensky Garden'), 2018; (h) Haichur River Reserve (nearby to Pysantsi), 2019. Photos by T. Buhay (a, h), Y. Pazyi (b, f), V. Chychykalo (c, g), A. Rott (d, e). All photos are available on Wikimedia (licence cc + permission of the authors)



*Crocidura suaveolens*, *Neomys fodiens*, *Sorex araneus*, *Sorex minutus*, *Dryomys nitedula*, *Sicista subtilis* (= *loriger*), “*Clethrionomys*” *glareolus* (= *Myodes glareolus*), “*Terricola*” *subterraneus* (= *Microtus subterraneus*), *Micromys minutus*, *Sylvaemus sylvaticus*, *Sylvaemus tauricus*.

### Ряд Зайцеподібні (Leporiformes)

Найбідніший за видовим складом ряд у фауні України, представлений у регіоні одним видом.

#### Родина Leporidae

• **Засць сірий** (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) – один із найпримітніших і численних видів «мисливських» звірів, характерний для відкритих ділянок і неодноразово відмічений на степових

ділянках, коли зайці перебігали дорогою, що розділяла поле і лісосмугу.

### Ряд Мишоподібні (Muriformes)

Найбагатший за видовим складом ряд ссавців у складі регіональної фауни, представлений двома групами – немишових (non-Muroidae) і мишових (Muroidae). Перша з них представлена шістьма родинами і невеликим (7) числом видів, переважно по одному виду на родину. Друга група представлена двома родинами і 11 видами, тобто по 5–6 видів на кожну родину.

#### Група non-Muroidae

Група представлена переважно великорозмірними гризунами з родин вивіркових (Sciuridae),

Таблиця 1. Видовий обсяг теріофауни Покровського і суміжних районів Дніпропетровщини (середня течія річки Вовчої) за результатами проведеного дослідження: фактичне і очікуване видове багатство за рядами і родинами

Table 1. Species composition of Pokrovske and adjacent raions of the Dnipro region (middle reaches of the Vovcha River) based on the results of the study: actual and expected species richness by orders and families

Ряд	Родина	Види та їхні статуси: наявні (●), ймовірно наявні (○) та фантомні (Δ)	Кількість (● + ○ + Δ)
Leporiformes	Leporidae	● <i>Lepus europaeus</i>	1 + 0 + 0 = 1
Muriformes-1 (non-Muroidae)	Sciuridae	● <i>Sciurus vulgaris</i> , ○ <i>Spermophilus planicola</i>	1 + 1 + 0 = 2
	Gliridae	○ <i>Dryomys nitedula</i>	0 + 1 + 0 = 1
	Castoridae	○ <i>Castor fiber</i>	0 + 1 + 0 = 1
	Echimyidae	○ <i>Myocastor coypus</i>	0 + 1 + 0 = 1
	Dipodidae	Δ <i>Allactaga major</i> , ● <i>Sicista loriger</i>	1 + 0 + 1 = 2
	Spalacidae	● <i>Spalax microphthalmus</i>	1 + 0 + 0 = 1
	Muriformes-2 (Muroidae)	Muridae	● <i>Micromys minutus</i> , ● <i>Apodemus agrarius</i> , ○ <i>Sylvaemus uralensis</i> , Δ <i>Sylvaemus tauricus</i> , ● <i>Mus spicilegus</i> , ● <i>Mus musculus</i> , ● <i>Rattus norvegicus</i>
Cricetidae		● <i>Cricetulus migratorius</i> , Δ <i>Cricetus cricetus</i> , ○ <i>Myodes glareolus</i> , ○ <i>Ondatra zibethicus</i> , ● <i>Arvicola amphibius</i> , ○ <i>Microtus levis</i>	2 + 3 + 1 = 6
Soriciformes	Talpidae	Δ <i>Talpa europaea</i>	0 + 0 + 1 = 1
	Soricidae	○ <i>Sorex minutus</i> , ● <i>Sorex araneus</i> , ● <i>Crocidura suaveolens</i>	2 + 1 + 0 = 3
	Erinaceidae	● <i>Erinaceus roumanicus</i>	1 + 0 + 0 = 1
Vespertilioniformes	Vespertilionidae	○ <i>Plecotus austriacus</i> , ● <i>Nyctalus noctula</i> , ○ <i>Pipistrellus lepidus</i> , ○ <i>Pipistrellus pygmaeus</i> , ● <i>Eptesicus lobatus</i> , Δ <i>Vespertilio murinus</i>	2 + 3 + 1 = 6
Caniformes	Canidae	● <i>Canis lupus</i> , ● <i>Canis aureus</i> , ○ <i>Nyctereutes procyonoides</i> , ● <i>Vulpes vulpes</i> , ○ <i>Vulpes corsac</i>	3 + 2 + 0 = 5
	Mustelidae	● <i>Mustela nivalis</i> , ○ <i>Mustela erminea</i> , ● <i>Mustela putorius</i> , Δ <i>Mustela eversmanni</i> , ● <i>Neogale vison</i> , ○ <i>Martes foina</i> , Δ <i>Martes martes</i> , ● <i>Vormela peregusna</i> , ○ <i>Meles meles</i> , ● <i>Lutra lutra</i>	5 + 3 + 2 = 10
Cerviformes	Suidae	● <i>Sus scrofa</i>	1 + 0 + 0 = 1
	Cervidae	● <i>Capreolus capreolus</i> , ● <i>Cervus elaphus</i> , ● <i>Alces alces</i>	3 + 0 + 0 = 3
Разом	17 родин	40 родів, 52 вид	28 + 17 + 7 = 52

Примітка: Гризунів розглянуто двома списками: Muriformes-1 – немишові (група родин non-Muroidae) та Muriformes-2 – мишові (надродина Muroidae)

вовчкових (Gliridae), бобрових (Castoridae), тушканових (Dipodidae) і сліпакових (Spalacidae). Фантомів небагато, але вони є. Окремі види, вказані попередниками безпідставно або з сумнівними посиланнями або без деталей, тут не наводяться. Прикладом є бабак степовий (*Marmota bobak*), якого наведено з посиланням на спостереження мисливця в Покровському районі, без деталей (Bulakhov, Pakhomov 2006).

#### **Родина Sciuridae**

• **Вивірка лісова** (*Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758) – вид, який ще на поч. ХХ ст. був відсутній в регіоні: за свідченням М. Милютіна (Mylutin 1930), вивірки не було на Самарі, годі казати про південніші терени в басейні Вовчої. Згодом вид відмічено, проте реєстрації рідкісні, що визначається маргінальним їх поширенням. Зокрема, близько 2000–2002 р. в с. Водяне (наразі напівполишене) вивірка була відмічена авторами у парковій зоні, 2024 р. один з місцевих мешканців повідомив про зустріч вивірки в Олександрівському парку в с. Олександрівська Покровської громади.

○ **Ховрах малий** (*Spermophilus planicola* (Satunin, 1908)) – наразі вид відсутній, найближчі знахідки відомі східніше, на прилеглих територіях Донеччини: 1) вокол. с. Новопавлівка Покровського району (48.251111°, 37.212222°, дані за 2005 р.), що на р. Кам'янка, притоці Вовчої (Bronskov, Timoshenkov 2010), 2) окол. с. Комишуваха Волноваського району (47.887778°, 36.588889°, дані 2008 р.), де протікає р. Вовча (Taranenko *et al.* 2008). Давніші свідчення такі: 1) у навколишніх селах біля Покровського ховрахів «вливали» в часи голоду 1933 та 1947 років, щоби готувати їжу; 2) одна старша жінка з Покровського розповідала, що у 1950-х, коли була школяркою, діти (і вона серед них) ходили в степ на краю селища виливати ховрахів, бо так вимагали у школі; 3) вид вказано в огляді звірів Великомихайлівського лісу 1960 р. (Pysareva 1960).

#### **Родина Gliridae**

○ **Соня лісова** (*Dryomys nitedula* (Pallas, 1779)) – типовий мешканець садків регіону. Милютін (Mylutin 1930: 92) зазначає, що як і у випадку з вивіркою, «... його, як це не дивно, я не знайшов у Самарському лісі. Не помічали його тут і старожили лісу, яких я розпитував.» Раз вид відмічено авторами на пасіці, у вулику на початку 2023 р. Гніздо було між рамками (знизу у вулику сітка, гніздо над сіткою), при відкритті вулика соня одразу втекла. В сервісі *iNaturalist*

цей вид відомий з Самарського району (зх. від Покровського), з окол. Василівки (48.44809°, 35.21086°, 20.07.2024, leg. nataliia21067, URL).

#### **Родина Castoridae**

○ **Бобер європейський** (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) – регіон входить в зону сучасного розселення бобра, проте прямих спостережень немає, оскільки в районі Покровського поселень виду немає. Ареал виду знаходиться північніше (Volokh 2014), проте при розселенні виду в басейні Дінця декілька бобрів проникло у верхів'я р. Самара на території Олександрівського р-ну Донеччини (Taranenko *et al.* 2008), і ця нова колонія могла стати засновниками популяції в Посамар'ї. Близько 2018 р. («більше 5 років тому») свіжі сліди перебування бобрів (погризи дерев біля води) біля с. Вовчанськ Васильківського р-н (рибалка «О.С.», особ. повід.).

#### **Родина Echimyidae**

○ **Нутрія болотяна** (*Myocastor coypus* (Molina, 1782)) – реєстрацій нутрій у Вовчій не відомо. Напіввільна популяція у 1970–2010-х рр. сформувалася у верхів'ях Самари, в Олександрівському районі Донеччини, де існувало нутрієве господарство (Zagorodniuk 2006). В Покровському нутрій розводили у 2010–2015 рр., напевно й раніше. Внаслідок бойових дій нутрії з'являються на волі за рахунок втеч, зокрема відомі знахідки в окол. Авдіївки (Zagorodniuk 2024).

#### **Родина Dipodidae**

Δ **Тушкан великий** (*Allactaga major* (Kerr, 1792)) – фантом, проте очікуваний вид. У колекції ННПМ є зразок тушкана, записаний як «№ 168 *Allactaga major*, Дніпропетровська обл., Васильківський р-н, окол. смт Чаплино, 1900–1915, [leg.] Браунер, спиртова фіксація» (Shevchenko, Zolotukhina 2005), проте перевірка етикеткових даних показала помилковість такого запису, має бути «№ 168/1 М, *Allactaga jaculus* Чаплі, Дніпровський пов., Таврійська губ., coll. Браунера». Отже, стосунку до Чаплиного біля Покровського ця знахідка не має, хоча територія регіону й потрапляє в ареал виду.

• **Мишівка південна** (*Sicista loriger* (Nathusius, 1840)) – вид з незмінно низькою ряснотою і тому малою кількістю відомих знахідок (Zagorodniuk 2015b). Для регіону наведений в огляді М. Писаревої як «*Sicista subtilis*» (Pysareva 1960) для Великомихайлівського лісу (схід Покровського р-ну).





Рис. 4. Сліпак східний (*Spalax microphthalmus*) – частий гість присадибних ділянок: голова і лапа сліпака з мозаїчною пігментацією

Fig. 4. The eastern mole rat (*Spalax microphthalmus*), a frequent visitor to household plots: the head and foot of the mole rat with mosaic pigmentation

### Родина Spalacidae

• **Сліпак східний** (*Spalax microphthalmus* Gueldenstaedt, 1770). Вид є звичайним по всьому регіону. Фактичні знахідки в Покровському: городи на садибі на пн. околі, протягом 05–06.2017 здобуто 5 екз. шляхом викопування, 1 екз., вилонений у липні 2018 р., передано до ННПМ. Зразок мав особливості забарвлення: часткову депігментацію ринарія та великі чорні плями на підшвах лап (рис. 4). Старі люди називали «зінським щеням» (поширена приказка «сліпий як зінське щеня»).

### Група (надродина) Muroidea

Найбагатша за видовим складом група ссавців, як загалом, так і в межах регіональної фауни. У цій надродині в обсязі фауни регіону – дві родини (в давніших класифікаціях Arvicolidae – окрема від хом'якових родина, відома як полівкові, норицеві або шурові), 10 родів та 12 видів. Різноманіття може бути й вищим через можливі знахідки мишака європейського (*Sylvaemus sylvaticus*) та полівки підземної (*Microtus subterraneus*).

### Родина Muridae

• **Мишка лучна** (*Micromys minutus* (Pallas, 1771)) – нечастий в реєстраціях вид, авторам відомий за однією знахідкою на густо зарослому бур'янами пустирі на краю с. Покровське, ближче до річкової заплави: тварина намагалася, втікаючи від кота, зістрибнути з підпірної стіни нефункціонуючого на той час спорткомплексу, густо зарослого травами, і розбилася (3.05.2018).

• **Житникпасистий** (*Apodemus agrarius* (Pallas, 1771)) – вид поширений в регіоні дослідження і, зокрема відомий і самому селищі Покровське: один екз. принесено котом як здобич, впольовану ним на садибі, розташованій недалеко від річки (18.04.2025, визначено за рештками, по фото).

Вид відомий в регіоні (Великомихайлівський ліс) з 1950-х років (Pysareva 1960).

○ **Мишак уральський** (*Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1811)) – однозначних свідчень немає через відсутність спеціальних обліків, проте вид очевидно присутній, оскільки відомий з низки суміжних регіонів (Zagorodniuk 2020). Окрім того, саме цей вид виявляється домінантом при вивченні давніших колекцій з околиць Бахмута, що на сході регіону (Zagorodniuk, Parkhomenko 2018), та по всій Харківщині, яка межує з регіоном з півночі (Markovska, Tkach 2020). Вказівка для Великомихайлівського лісу «*Apodemus sylvaticus*» (Pysareva 1960) майже напевно стосується цього виду.

Δ **Мишак жовтогрудий** (*Sylvaemus tauricus* (Pallas, 1811)) – вид, що в регіоні має південну межу поширення і не відомий за фактичними знахідками (Zagorodniuk 2025b). Ймовірно, його межа поширення аналогічна межі у інших лісових видів, так само неоднозначно присутніх або відсутніх (вивірка лісова, куниця лісова, нориця руда). Єдина перевірена знахідка на лівобережжі Дніпропетровщини стосується більш північних районів – Самарського бору (зразки в ННПМ: Новомосковський р-н, с. Знаменівка, 9 екз., 4–6.06.1952, leg. Сокур (всі згадано тут: Shevchenko, Zolotukhina 2002); там само, Самарський бір, кол. ЗМКУ, 1 екз., 5.06.1952, leg. І. Сокур) (за: Zagorodniuk 2025b).

• **Миша хатня** (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) – найзвичайніший вид гризунів садиб і присадибних ділянок, який по суті живе в кожному обійсті. Типова здобич котів. Окремі екземпляри виглядають білолапими, подібно до *Sylvaemus*. Час від час демонструє спалахи чисельності, надто у природі, звідки восени йде до садиб. Так було й восени 2023 р., коли «мишача пошесть» сталася по всьому північному сходу України, зокрема й у Покровському, проте після зими все стихло.

• **Миша курганцева** (*Mus spicilegus* Petenyi, 1882) – вид є звичайним для регіону, і район Покровського входить до центральної частини видового ареалу (Zagorodniuk 2019). Фактичні знахідки в регіоні – Новомосковський р-н, Самарський бір (1935–1936), Синельниківський р-н, Вільне (1937–1938), Покровський рн, Великомихайлівка, Великомихайлівський лісовий масив (1935–1936, 1949–1951), де вид відмічений на полях, в лісосмугах, галявинах у лісі (Pysareva 1948, 1955, 1960).

• **Пацюк мандрівний** (*Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)) – всюдисущий вид чужорідних ссавців, широко поширений в регіоні. Мешкає не

лише селищах, але й виселяється влітку в природу. Часта здобич свійських котів. Наводиться в багатьох працях (напр., Pysareva 1960). У 2024 р. відмічений рибалками («обична крися») на березі річки біля с. Гаврилівка (рибалка «М.П.», особ. повід.).

#### **Родина Cricetidae**

• **Хом'ячок сірий** (*Cricetulus migratorius* (Pallas, 1773)) – поширений по всій степовій і лісостеповій зонах вид, проте фактичні знахідки в регіоні не відомі. В давніших працях вид вказувала М.Писарева (Pysareva 1960) для Великомихайлівського лісу, що на сх. Покровського району.

Δ **Хом'як звичайний** (*Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758)) – раніше широко поширений по степовій і лісостеповій зонах вид, проте до кінця ХХ ст. в багатьох місцях зник. В давніших працях вид вказували для Великомихайлівського лісу (Pysareva 1960), тепер найімовірніше вид зник в регіоні.

○ **Нориця лісова** (*Myodes glareolus*) – типовий мешканець деревостанів, інколи й садів, широко поширений в регіоні, проте має тут південні межі свого ареалу. Фактичні знахідки в Покровському не відомі; найближчі знахідки – у Самарському лісі (Mikheev 2003).

○ **Ондатра мускусна** (*Ondatra zibethicus* (Linnaeus, 1766)) – вид авторами і респондентами в природі не відмічений, хоча відомі численні факти його розведення в неволі у останній третині ХХ ст. За даними державної статистики «2тп-мисливство» на Дніпропетровщині обліковано 1378 особин цього виду, проте в суміжній з Покровським районом Запорізькій обл. – жодної (Zagorodniuk, Lazariev 2024).

• **Щур водяний** (*Arvicola amphibius* (Linnaeus, 1758)) – типовий гідрофільний вид, характерний для заплавних комплексів по всьому регіону. Сучасна чисельність напевно вкрай низька, раніше (близько 2010 р.) її спостерігали на річці біля Покровського регулярно (одна з місцевих назв, що звучала, – «річна крися»). У давніших працях вид вказували для Великомихайлівського лісового масиву як «*Arvicola terrestris*» (Pysareva 1960).

○ **Полівка лучна** (*Microtus levis* Miller, 1908) – один з найзвичайніших видів гризунів у відкритих трав'янистих місцезнаходженнях. У давніших працях вид вказували для Великомихайлівського лісового масиву як «*Microtus arvalis*» (Pysareva 1960) (нині це назва іншого виду, що є двійником для *M. levis*). Попри наявність в Україні трьох видів-двійників групи «*arvalis*» у лівобережному Подніпров'ї відомі

знахідки виключно вказаного виду, *M. levis* (Zagorodniuk 2019: 32).

#### **Ряд Мідицеподібні (Soriciformes)**

У списку комахоїдних – 5 видів чотирьох родів трьох родин. Достовірно відомі лише три види, окрім двох вказаних фантомів (кріт та мідія мала) можливі знахідки ще двох видів – білозубки білочеревої (*Crocidura leucodon*) та рясоніжки великої (*Neomys fodiens*).

#### **Родина Talpidae**

Δ **Кріт європейський** (*Talpa europaea* Linnaeus, 1758) – вид на межах свого поширення, відомий в регіоні з ізольованого поселення в нижній течії Самари (Abelentsev, Pidoplichko 1956). За оглядом М. Мильотіна (Myliutin 1930), у першій третині ХХ ст. кріт був на обох берегах Самари і, напевно, Самарський лісовий масив був межею у його поширенні на південь. Попри це, кріт, ймовірно, зараз знаходиться у фазі розселення і може з'явитися в басейні Вовчої подібно до того, як він розселювався вглиб степової зони уздовж річок на Дінці (Korobchenko 2009) і Дністрі (Dyatlova, Rozhenko 2017).

#### **Родина Soricidae**

○ **Мідія мала** (*Sorex minutus* Linnaeus, 1766) – вид не відомий для регіону за літературними даними (Abelentsev, Pidoplichko 1956; Pysareva 1960), проте відомо, що він знаходиться у фазі активного розселення по всій степовій зоні, включно з Луганщиною і Донеччиною (напр., Zagorodniuk, Sirenko 2007). Це дозволяє сподіватися на підтвердження знахідок виду при цільових відловах.

• **Мідія звичайна** (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) – Вид відомий за основними зведеннями лише для Самарського бору (Abelentsev, Pidoplichko 1956), де наразі має надвисоку щільність популяції (Mikheyev 2003), ще раніше його вказували для Великомихайлівського лісу як єдиний для тих місць вид землерийок (Pysareva 1960); напевно є й в інших місцях, проте це ще треба довести.

• **Білозубка мала** (*Crocidura suaveolens* (Pallas, 1811)) – вид, однозначно присутній у фауні регіону і трапляється навіть в будинках, проте в літературі є вказівки тільки для нижньої течії Самари (Abelentsev, Pidoplichko 1956). До цього виду можна віднести й знахідку невизначеної землерийки в сервісі *iNaturalist*, де наведено фото зразка (на жаль, неякісне) з окол. с. Богданівка Петропавлівського р-ну



Рис. 5. Їжак білочеревий на присадибній ділянці в м. Покровське. В населених пунктах їжаки тут звичайні, в природі – нечасті. Фото А. Ротта, 25.05.2017

Fig. 5. A white-breasted hedgehog in a household plot in Pokrovske. Hedgehogs are common in settlements here, but rare in the nature. Photo by A. Rott, 25.05.2017

(48.48621°, 36.10974°, 28.02.2023, як «Sorex», leg. streptopelias, URL).

#### Родина Erinaceidae

• **Їжак білочеревий** (*Erinaceus roumanicus* Barrett-Hamilton, 1900) – один із найбільш помітних видів синантропних ссавців регіону (рис. 5), який мешкає фактично повсюдно, і навесні нерідко в селищах можна зустріти їжачиху з малятами. У квітні 2018 р. на одній із садиб пару їжаків відмічено у купі гілля; в селі Олександрівка близько 2015 р. собака задавила кілька їжаків і виїла їх.

#### Ряд лиликоподібні (Vespertilioniformes)

Список теоретично можливих (очікуваних) видів може бути великим, порядку 10–15. Тут наведено ті з них, щодо поширення яких в регіоні є однозначні відомості. Достовірна інформація про кажанів Покровського і суміжних районів стосується лише двох видів, ще три є очевидно присутніми, проте без фактичних реєстрацій, і ще один припускається.

#### Родина Vespertilionidae

○ **Вухань австрійський** (*Plecotus austriacus*) – чужорідний вид, що перебуває у фазі активного розселення у північно-східному напрямку (Zagorodniuk 2019). Найближчі суміжні знахідки – с. Спаське Новомосковського р-ну Дніпропетровщини (2016, 48.659444°, 35.048031°) (Manuyuk, Lahuta 2017), що на пн.-зх. від району досліджень, та м. Покровськ Донецької обл. (09.12.2018°, 48.281787°, 37.184946°) (Vlaschenko et al. 2023), що на сх. від Покровського.

○ **Нетопир білосмугий** (*Pipistrellus lepidus* Blyth, 1845) – чужорідний вид, який розселився у регіоні близько 1995–2000 рр. (за: Zagorodniuk & Negoda 2001). Виразний синантроп, що часто з'являється в людських оселях. Напевно звичайний в регіоні, проте фактичні знахідки в Покровському районі відсутні, тому його наведено у статусі «фантомного».

○ **Нетопир нізмей** (*Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825)) – чужорідний вид, що є двійником нетопира малого (*P. pipistrellus*), від якого відрізняється за тонкою морфологією і ультразвуками, а важливою екологічною ознакою є його приуроченість до різного типу штучних сховищ (обшивка будинків і балконів, водонапірні башти, вагончики тощо), в яких він влаштовує часто численні колонії, по 30–300 особин. Хоча вид вперше виявлений саме на Дніпропетровщині (Mayer, von Helversen 2001), надійних даних по басейну Вовчої немає.

• **Нічниця дозріна** (*Nyctalus noctula* (Schreber, 1774)). 1 екз. виявлено 31.01.2018 під крівлею у щілині крокв на горищі будинку культури. Зразок в колекції ННПМ; це акуратно виїдена зсередини шкурка, лапки і крила складені (місце доступне лише куницям, на перемичці крокв) (рис. 6, а). Загалом регіон лежить південніше основного літнього ареалу виду (Zagorodniuk, Rebrov, 2014).

• **Пергач донецький** (*Eptesicus lobatus* Zagorodniuk, 2009) – типовий мешканець садиб, оселяється в різноманітних нішах і на горищах. Один з виявлених авторами зразків (11.2019, leg.



Рис. 6. Ліворуч – фото шкурки вечірниці дозірної (*Nyctalus noctula*), виявленої на горищі будинку культури в с. Покровське 31.01.2018. Праворуч – кажан, виявлений у приміщенні при його ремонті, 11.2019 (визначено як пергач)

Fig. 6. Left: photo of the skin of the common noctule (*Nyctalus noctula*) found in the attic of the House of Culture in Pokrovske, 31.01.2018. Right: a bat found in the building during its renovation, 11.2019 (identified as serotine bat)



Ю. Пазій, фото на рис. 5, *b*) передано до запорізьких волонтерів, проте однозначна ідентифікація не проведена, а доступні для аналізу деталі на фото є недостатніми (див. рис. 6, *b*). Інший великорозмірний кажан, за описом – пергач, залетів у Будинок культури Покровського влітку 2024 р., де тримався тривалий час, що дозволило його докладніше розглядіти. Віднесення місцевих пергачів до аловиду *Eptesicus lobatus* зроблено на підставі ареалогічного критерію (Zagorodniuk 2009).

Δ **Лилик двоколірний** (*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758) – загалом звичайний вид у складі фауни регіону (Bulakhov, Pakhomov 2006), схильний до синантропії, тому може зустрічатися і в будівлях, надто восени біля багатоповерхової забудови, для регіону не характерної. За оглядом 1998 р. вид має найвищий серед кажанів Дніпропетровщини бал чисельності (Bulakhov, Shegorka 1998). Достовірних знахідок цього виду по Вовчій не відомо.

### Ряд псоподібні (Caniformes)

Фактично наявно три види псових (Canidae, плюс два умовно фантомні [○] – *Nyctereutes procyonoides* та *Vulpes corsac*) та вісім видів родини мустелових (Mustelidae, плюс два фантомні – *Mustela eversmanni* та *Martes martes*). Натомість, можна очікувати появу ракунів (*Procyon lotor*), найближчою реєстрацією яких є окол. м. Бахмут, що пояснюється втечами з культури внаслідок руйнації покинутих біженцями розплідників (Zagorodniuk 2024).

### Родина Canidae

• **Вовк сірий** (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) – згадки від часів, описаних у Яворницького, й до усіх подальших оглядів, як давніших (Pysareva 1960), так і сучасних (Bulakhov, Pakhomov 2006; Volokh 2023). Вовків раніше регулярно здобували мисливці по всьому району. У авторів є запис про вдале полювання мисливців на вовків біля с. Водяного близько 2017 р. (і пізніше).

• **Шакал** (*Canis aureus* Linnaeus, 1758) – даних по району немає. Найближчі знахідки – в Маріуполі (Бронсков) та в Бахмуті («Артемівську»: Volokh 2003b). Огляд знахідок цього виду в Україні (Zagorodniuk 2014) засвідчує, що шакал напевно присутній по всіх території Приазов'я, зокрема й на межі Дніпропетровщини та Донеччини. Опитані мисливці жодного разу не зустрічали канід, відмінних від вовка або пса. За Волохом (loc. cit.): «З низьзя Дону окремі мігранти проникли в угіддя Артемівського району Донецької області (2003 р.), Добропільського району (2005 р.), ..., де

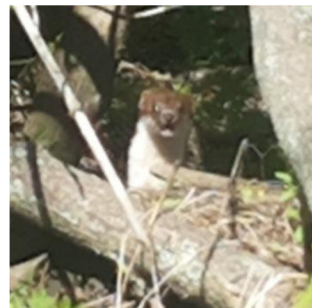


Рис. 7. Деякі представники «мисливської» фауни Покровського району: *a* – вовк біля р. Вовча в окол. с. Олександрівка, літо 2023, фото Є. Рябка, *b* – лис рудий з окол. с. Великомихайлівка (30.05.2021, фото Я. Шелест-Тихої, Wikimedia); *c* – місце спостереження пари шакалів 6.08.2022 в окол. с. Братське біля Покровського (зйомка з великої відстані слабкою оптикою, фото Є. Рябка), *d* – ласка в літньому хутрі, фрагмент з фото з мережі iNaturalist (фото kateryna\_dp, 26.04.2015, URL); *e* – візон річковий на території заказника Бакаї в долині р. Вовча (фото О. Сизенка, 11.08.2012)

Fig. 7. Some representatives of the game fauna of Pokrovskii Raion: *a*, wolf near the Vovcha River in the vicinity of Oleksandrivka, summer 2023, photo by E. Riabko; *b*, red fox from the vicinity of the village of Velykomykhailivka (30.05.2021, photo by J. Shelest-Tykhaya, Wikimedia); *c*, observation site of a pair of jackals on 6.08.2022 in the vicinity of Bratske near Pokrovske (long-range shooting with weak optics, photo by E. Riabko); *d*, a weasel in summer fur, a fragment from a photo on the web iNaturalist (photo by kateryna\_dp, 26.04.2015, URL); *e*, the American mink in the territory of the Bakai Reserve in the Vovcha River valley (photo by O. Syzenko, 11.08.2012)



кількох із них зловили мисливці» [перекл. з рос.]. Добропілля – селище на Самарі. Пару шакалів один з авторів спостерігав і зняв на відео 6 серпня 2022 р. на полі в окол. пасіки біля села Братське (рис. 7, b). Поведінкові особливості шакала на відео підтвердили фахівці (М. Роженко, С. Жила).

○ **Єнот уссурійський** (*Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834)) – чужорідний вид, не відомий авторам для прямими даними для Покровського району. Проте за даними державної статистики «2тп-мисливство» на Дніпропетровщині обліковано 426 особин цього виду, і поширення напевно є суцільним (Zagorodniuk, Lazariev 2024), тому вид може вважатися поза статусом «фантомний».

● **Лис рудий** (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758). Звичайний вид хижих регіону, один з найпримітніших видів диких ссавців. Нещодавно (2018) у підвалі школи спіймано лисицю, хвору на сказ (лабораторне підтвердження). Лисиці – найчастіший об'єкт уваги, який часто потрапляє й на фото (рис. 7, a).

○ **Лис степовий**, або корсак (*Vulpes corsac*) – в Покровському районі не відомий, проте ця територія входить в ареал виду. Найближчі фактичні знахідки – на Запоріжжі та в околицях с. Межова, де особину цього виду здобули (і передали нам) білоруські мисливці (Zagorodniuk, Savarin 2014). Вид легко визначається дистанційно, проте для мисливців всі лиси – один вид, тому даних мало.

### Родина Mustelidae

● **Ласка** (*Mustela nivalis* Linnaeus, 1766) – звичайний вид регіону, проте кількість реєстрацій невелика (рис. 7, c). Достовірно визначених до виду реєстрацій з Покровського району немає. В мережі *iNarutalist* відмічена знахідка ласки в окол. с. Вільне Синельниківського р-ну (48.39079°, 35.53070°; 26.04.2015, leg. kateyna\_dp, URL). Ця ласка має бути віднесена до південної форми (верхня губа не біла, проте інші ознаки не видні). По півдню області має проходити межа північної і південної форм (Zagorodniuk 2015a), проте з урахуванням цих даних її треба провести північніше.

○ **Горностаї** (*Mustela erminea* Linnaeus, 1758) – вид, що знаходиться на південних межах свого поширення і практично відсутній в регіоні досліджень. У «Фауні України» відмічений на карті лише для одного місцезнаходження у регіоні досліджень – у місці сходження Вовчої і Самари (Abelentsev 1968: 200). У інших джерелах (напр., Varabash-Nikiforov 1928; Pysareva 1960) не відмічений; невідомі його знахідки в регіоні й авторам цього огляду.

● **Тхір темний** (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) – звичайний вид у фані регіону, відомий здавна (Pysareva 1960). Загалом це синантропний вид, що характерно для вселенців (один з небагатьох вселенців з північного заходу). Резиденти повідомляють, що по селах часто водяться тхори.

Δ **Тхір степовий** (*Mustela eversmanni* Lesson, 1827) – колись типовий мешканець степу, для якого Посамар'я цілком входило в ареал поширення. Понад те, у «Фауні України» заточкований весь регіон, не менше 5 точок для басейну Вовчої (Abelentsev 1968: 136). Попри це, фактичні дані (тим паче сучасні) з Покровського чи суміжних районів відсутні.

● **Візон річковий** (*Neogale vison* (Schreber, 1777)) – коловодний чужорідний вид. Вид відмічений в долині Вовчої в заказнику «Бакаї» 11.08.2012 (48.192183°, 36.006475°), нині Синельниківський р-н (спостер. і фото О. Сизенка, В. Манюк, особ. повід., фото на рис. 7, d). Вид є також на Клебан-Біку (відео 18.02.2020 на youtube, як «норка європейська», URL) та в Олександрівському р-ні Донеччини, у верхів'ях Самара, в окол. с. Олександрівка та с. Левадне (О. Резнік, особ. повід.). За даними державної статистики «2тп-мисливство» на Дніпропетровщині обидві «норки» (аборигенна і візон) відсутні (див.: Zagorodniuk, Lazariev 2024). Проте очевидним є ріст чисельності і відповідне розширення ареалу, зокрема з заходу (з боку Дніпра) та з півночі, з боку Полтавщини, де вид явно нарощує свою присутність (Lazariev et al. 2024).

○ **Куна кам'яна** (*Martes foina* (Erxleben, 1777)) – типовий мешканець селищ регіону, що в історичні часи розселився з півдня (Крим, Кавказ, Балкани), тобто по суті є чужорідним. Відмічений М. Писаревою для Великомихайлівського лісу (Pysareva 1960), у «Фауні України» заточкований весь регіон (Abelentsev 1968: 68). В історії зі знайденою на горіщі шкіркою кажана (див. рис. 6, a) напевно мова має йти про хижацтво цієї куниці.

Δ **Куниця лісова** (*Martes martes* (Linnaeus, 1758)) – вид на південних межах свого поширення; у «Фауні України» його відмічено для середньої і нижньої течії Самари (Abelentsev 1968: 107), пізніше (Voloikh 2014: 102–103) південну межу поширення проведено по Самарі і наведено дві ізольовані точки південніше, у т.ч. «полезакисні лісосмуги (2001, 2002) біля с. Максимівка Вільнянського [нині Запорізького] району Запорізької області». В Покровському районі вид невідомий.

● **Перегузня степова** (*Vormela peregusna* (Gueldenstaedt, 1770)) – один з небагатьох

степових видів, чисельність якого в цілому росте (Zagorodniuk, Korobchenko 2008), як і кількість відомих місць реєстрації (Zagorodniuk, Vyshnevskiy 2022). Одні з найдавніших згадок для регіону узагальнено у огляді Милютіна (Myliutin 1930), який вказує перегузно для Павлограда (з посиланням на Черная) та Артемівського (=Бахмута) з посиланням на В.Аверіна (Averin 1924, 1928). Найближчі сучасні знахідки, включені у карту 2022 р. (Zagorodniuk, Vyshnevskiy 2022), – Карлівське вдсх. у верхів'ях Вовчої (фото від Д.Пилипенка), та дві точки в окол. Олександрівки, що у верхів'ях Самари (власне Олександрівка, повід. О. Резніка 2020; с. Петрівка-1 біля Олександрівки, повід. О. Резніка, 2021). В сервісі iNaturalist є знахідка з Петропавлівського району (на пн. від Покровського), в окол. с. Нова Дача в басейні Самари (48.54047°, 36.17251°, 09.2021, leg. streptopelias, URL).

○ **Борсук європейський** (*Meles meles* (Linnaeus, 1758)) – у Посамар'ї донедавна проходила південна межа ареалу. У «Фауні України» його відмічено для міжріччя Самари й Вовчої (Abelentsev 1968: 26) і Великомихайлівського лісу (Pysareva 1960). Наразі розширення ареалу на південь триває (за: Zagorodniuk, Korobchenko 2008: 140): • Добропільський р-н, Ніканорівський ліс (Kolesnikov, Kondratenko 2004a); • Артемівський р-н, лісосмуги (ibid.); Великоновоселівський р-н, лісосмуги (ibid.); • Клебан-Бикське вдсх. (ibid.). Попри це, нових даних щодо Покровського району у нас немає.

● **Видра річкова** (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) – вид на південних межах свого поширення, який майже не проникає у степ. За оглядом ссавців сходу України (Zagorodniuk, Korobchenko 2008: 141) є такі 5 знахідок: • Олександрівка (окол.), верхів'я р. Самара і рибгосп, дані мисливців, 2007 (О. Резнік, особ. повід.); • верхів'я р. Солона, з 1990-х рр. (Volokh 2003a); • верхів'я р. Вовча, з'явився у 1990-х рр. (ibid.); • верхів'я р. Мокрі Яли: з'явився у 1990-х рр. (ibid.); • Ясинуватський р-н, Карлівське вдсх. та ін. водойми в басейні Вовчої: сліди і загиблі молоді (Taranenko et al. 2008)). У «Фауні України» видру відмічено на мапі для району Покровського (Abelentsev 1968: 254), близько 2020 р. були детальні спостереження рибалки на р. Гайчур біля с. Андріївка, де вона ганяла рибу біля поплавків (О.С., особ. повід.).

### Ряд Оленеподібні (Cerviformes)

Наведено відомості про чотири види двох родин – свиневих (Suidae) та оленевих (Cervidae). Олень шляхетний (*Cervus elaphus*) фактично відомий

тільки з суміжних районів, лось знаходиться на південній межі свого поширення і присутній спорадично й епізодично. Чисельність всіх видів вкрай мала, а поширення спорадичне, умовно стабільними є лише популяції свині й сарни, але складається враження, що й ці види мають бути віднесені до регіонального червоного списку.

### Родина Suidae

● **Свиня дика** (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) – найбільш чисельний вид ратичних порівняно з іншими їх видами. За повідомленнями старших людей, вид присутній в районі постійно впродовж останніх кількох десятиліть, проте бувають значні зміни чисельності. Свині заходять на посіви, «товчуть» пшеницю, є серія прямих спостережень останніх двох років. У 2022 р. з'явилось багато здичавілих свійських свиней, і охочі переселенці влаштували «сафари» для заготівлі м'яса на наступний рік (2023), в угіддях на межі із Запорізькою областю (тобто свині добре пережили зиму). Місцями в заплавах надвисока чисельність, що відмічають рибалки.

### Родина Cervidae

● **Сарна європейська** (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) – єдиний примітний вид ратичних завдяки неприхованому способу життя і відносно високій чисельності. Авторами не раз відмічений на полях та узліссях, влітку 2022 р. великого козла спостерігали на пасіці в окол. Єгорівки. Влітку 2021 р. самця сарни було вивільнено з пастки на степовій ділянці біля с. Водяне (рис. 8) і після реабілітації випущено.



Рис. 8. Представники ратичних з регіону досліджень: а – сарна європейська, після вивільнення з пастки (степ біля с. Водяне, 2021 р., фото Є. Рябка); б – олень благородний в окол. Тернуватого (фото В. Коломийчука, 18.10.2008, з мережі iNaturalist)

Fig. 8. Representatives of ungulates from the study area: a, European roe deer, after release from a trap (steppe near Vodiane village, 2021, photo by E. Riabko); b, red deer in the vicinity of Ternuvate (photo by V. Kolomiichuk, 18.10.2008, from iNaturalist network)

• **Олень шляхетний** (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758) – рідкісний по всьому регіону, що зберігся у окремих лісових масивах, що мають заповідний статус. Найближча знахідка – у заказнику «Гайчур» (р. Гайчур – притока Вовчої) біля с. Тернувате в Новомиколаївському р-ні Запорізької обл., біля пд. межі Покровського р-ну (47.82341°, 36.16943°, 18.10.2008, leg. vkolomyichuk, URL).

• **Лось європейський** (*Alces alces* (Linnaeus, 1758)) – вид на південній межі свого поширення, з точкою реєстрації на пд.-зх. Покровського району на межі із Запорізькою обл. (Smagol *et al.* 2012). У 2014 р. в області обліковано лише два лося («2тп–мисливство»), у 2020 та 2021 рр. – по одному, у 2022 р. – жодного (URL стор. 114), що є явно заниженою оцінкою. До 2014 р. лосі тирлувалися у Дібрівському лісі (Дібрівський – лісовий заказник біля с. Великомихайлівка, на сх. від Покровського), далі невідомо, оскільки територія закрита для відвідувань.

### Аналіз складу фауни

Це дослідження є одним з прикладів первинної інвентаризації біоти, який може бути позначений як «верхівкова біота» (Zagorodniuk 2025a). Цінність таких даних, попри неповноту обстеження цього регіону (і загалом Посамар'я), полягає в наступному:

1) регіон є білою плямою як у фаунистичі, так і біогеографії, тут проходять межі ареалів низки видів, зокрема більш північних лісових (вівірка руда, мишак жовтогрудий, нориця руда, напевно і бурозубі землерийки – рясоніжки й мідіци та ін.), більш східних і південних степових (ховрах малий, тушкан великий, лис корсак та ін.), також це є зоною неповного проникнення інтродуцентів (зокрема ондатра мускусна, візон річковий);

2) війна, що триває, обмежує перспективи нових теренових досліджень, особливо в таких регіонах, як басейн річки Вовча, і за таких умов «нічого не залишається», як узагальнювати матеріали по найбільш проблемних регіонах, а надто по територіях, що зазнають значних впливів від війни та всієї воєнної активності військових;

3) матеріал про склад фаунистичних комплексів, що накопичений на сьогодні і може бути узагальнений, є важливою основою для майбутніх порівнянь, зокрема для оцінок змін біоти внаслідок війни, адаптацій територій до ведення бойових дій, змін (і часто припинення) всіх традиційних форм природокористування, тривалої заборони полювання і небезпек браконьєрства.

Отже, цінність фаунистичних оглядів є абсолютною, вони з часом не втрачають своєї значи-

мости, а, навпаки, набувають її, оскільки є точкою відліку для оцінок будь-яких змін у природі. Тим паче, коли мова йде про малодосліджені чи недосліджені раніше регіони. Окрім того, завдяки таким оглядам і ревізіям виявляються задачі щодо уточнення статусів присутності окремих найменш досліджених видів. І особливо важливим є окреслення кола фантомних (маргінально поширених або ймовірно зниклих) і напівфантомних (високо очікуваних) видів, що може становити інтерес при плануванні нових досліджень регіону.

### Недооблік та фантомні види

При аналізі і оцінках недообліку мова передусім має йти про дрібних ссавців – кажанів, землерийок, мишовидих гризунів. Загалом фантомів (маркер Δ) у реконструйованому списку – 16 %, а з урахуванням видів, по яких дані застарілі або тільки з суміжних районів (Δ + ○), – 42 %. Проте значною мірою це визначається не так статусом видів, як рівнем знань про них. З огляду на війну, що триває, у нас немає можливостей деталізувати набуті знання і проводити додаткові дослідження, проте започаткований майже 10 років тому цей огляд в процесі роботи (вкл. пошук нових джерел інформації) дозволив зняти половину статусів «фантом» з низки видів.

Нові прориви з покращенні знань про місцеву фауну можливі передусім завдяки збору сов'язних пелеток та ідентифікації видів-жертв в них (насамперед мишовидих і землерийок – Muridae, Cricetidae & Soricidae) та застосуванню ультразвукової детекції та (або) відловів павутинними тенетами кажанів. Проте особливості поточного життя (обмеження у виходах в природу і тривала комендантська година, проблеми комунікації) вимагають відтермінувати такі дослідження до кращих часів.

Окрім аналізу типових для річкової мережі заплавної, лісових і лучних фаунистичних комплексів ще одним із напрямків пошуку має стати аналіз степових угруповань, наразі майже зниклих. Велика частка раритетів (напр., тушкани і мишівки, ховрахи і хом'яки, хом'ячки і строкатки та ін.) є саме степовими, проте найімовірніше, ця частина фауни потерпає найбільше і від господарських зусиль сапієнсів, і від бойових дій та інших форм мілітарної активності.

### Фаунистичні комплекси

Фауна включає декілька складових, серед яких найпримітнішими є: 1) коловодний комплекс і заплавної комплекс, 2) степове фаунистичне ядро, 3) дендрофільні та лісові види, 4) мислив-



ська фауна, 5) синантропний комплекс. Частина видів має «перехідні» статуси і приурочена до 2–3 комплексів. У таких випадках ми відносили вид до одного з комплексів, більш типовий з нашої точки зору, а в інших такі види згадано в загальних зауваженнях.

**«Коловодний і заплашний комплекси»** – найпримітніша частина фауни, добре відома як фахівцям, так і пересічним громадянам (надто рибалкам і мисливцям). В його складі найбільш відомими є середньорозмірні звірі, проте саме серед них є чимало фантомів або незаконірно присутніх видів і видів з малою кількістю спостережень. Серед них – бобер євразійський (*Castor fiber*), видра річкова (*Lutra lutra*), ондатра мускусна (*Ondatra zibethicus*), щур водяний (*Arvicola terrestris*), кріт європейський (*Talpa europaea*). До цього тяжіє низка дрібних мишовидих гризунів (напр. житник пасистий *Apodemus agrarius* та мишка лучна *Micromys minutus*) та практично всі «мисливські» види, що знаходять тут кращі захисні й кормові умови та водопій – свиня дика (*Sus scrofa*), сарна європейська (*Capreolus capreolus*) та ін. Тут же може бути присутній і дендрофільний комплекс (див. далі), оскільки більшість лісових місцезнаходжень «затиснуті» до річок.

**«Степове фауністичне ядро»** – найбільш вразлива частина біоти по всій степовій природній зоні, годі казати про маргінальні угруповання на межі степу і лісостепу в районі розгалужених річкових мереж. Тобто, фауністичний степовий комплекс малий, а через розорювання більшості плакорів – майже втрачений. Винятком є остепенені схили на бортах річкових долин та лучно-степові ділянки по розлогих балках (див. фото на рис. 3). Серед втрачених видів, які напевно були в регіоні і переважно є прямі свідчення такого – ховрах малий (*Spermophilus planicola*), тушкан великий (*Allactaga major*), мишівка південна (*Sicista loriger*), хом'як звичайний (*Cricetus cricetus*), хом'ячок сірий (*Cricetulus migratorius*). З сучасних однозначних знахідок можна згадати хіба що лиса степового (*Vulpes corsac*) і умовно степової білозубки малої (*Crocidura suaveolens*).

**Дендрофіли та лісові види.** Більшість видів дендрофільної групи (включно з сільвантами, які пов'язані не так з деревами, як з рослинністю підліску або з підстилкою або є узлісними) – це переважно представники більш північних фауністичних угруповань, які мають в регіоні дослідження південні межі свого поширення. Попри це, деякі з видів проникають до Вовчої і присілкових лісопарків та лісових масивів (напр. і Великомихайлівського лісу). Такими

є мишак жовтогрудий (*Sylvaemus tauricus*), вивірка лісова (*Sciurus vulgaris*), куниця лісова (*Martes martes*), мідія велика (*Sorex araneus*), кріт європейський (*Talpa europaea*) тощо. Останні два види, а також і житник пасистий (*Apodemus agrarius*) і мідія мала (*Sorex minutus*) легко освоюють також заплави і можуть проникати далеко вглиб степу вздовж річок. Жодний з цього комплексу не є типовим для регіону, всі вони маргінали, проте в окремих місцезнаходженнях можуть досягати помітної чисельності. Те саме можна сказати про низку видів кажанів, включно з нетопиром лісовим (*Pipistrellus nathusii*), вечірницею малою (*Nyctalus leisleri*), низкою видів нічних (*Myotis nattereri*, *brandtii* etc.), не включених до цього огляду через брак даних. Список видів напевно буде розширятися, надто для кажанів.

**«Мисливська» фауна.** Звичайно ця частина фауни найбільш відома і є основою списків відомої місцевої біоти будь-якої території, що аналізується (Zagorodniuk, Дукуу 2012). Проте не все так однозначно. 10 років війни фактично знищили полювання, вже третій рік не ведеться й державна статистика за формою «2тп-мисливство», та й немає кому її вести. Авторами зібрано відомості про 5 видів, у т.ч. чотирьох видів з ряду оленеподібних (Cerviformes), 13 видів псоподібних (Caniformes), одного виду зайцеподібних (Leporiformes), чотирьох видів гризунів (Muriformes). Це оцінки повних списків, проте фактичні списки є не значно меншими (неоднозначні дані або лише одиничні реєстрації бобра, нутрії, вивірки, оленя, лося, куниці лісової, червонокнижний статус чотирьох з них). Важливим фактором існування цієї частини фауни є відсутність з 2014 р. полювання.

**Синантропи.** Абсолютними синантропами є миша хатня і пацюк мандрівний (*Mus musculus* & *Rattus norvegicus*). Окрім того, схильність до синантропії демонструють два види кажанів, один вид комахоїдних і два види хижих – нетопир білосмугий (*Pipistrellus lepidus*), пергач донецький (*Eptesicus lobatus*), їжак білочеревий (*Erinaceus roumanicus*), тхір темний (*Mustela putorius*), куниця кам'яна (*Martes foina*). До синантропних місцезнаходжень тяжіє сліпак (*Spalax microphthalmus*), який часом заходить на присадибні ділянки. Сезонно в селищах з'являється і білозубка мала (*Crocidura suaveolens*), яка восени, в період спаду активності комах і пошуках поживи перебирається ближче до садіб і житла, а часто реєструється і в житлових приміщеннях. Схильні до синантропії й вивірки та соні (*Sciurus vulgaris* & *Dryomys nitedula*). У населені пункти заходять й лісові види, зокрема лиси.



### Чужорідні види

Індекс змінності фауни – одна з важливих характеристик її сучасного стану і ступеня збереженості. Його визначають через частку чужорідних видів, для чого існує низка індексів. Ми вживаємо поняття «чужорідний» для видів, які з'явилися в історичні (літописні) часи, тобто існують задокументовані в публікаціях факти їхньої появи у складі місцевої фауни. Фактично це види, які були відсутні у реконструйованих списках або не згадувалися для фауни в давніх оглядах, а з'явилися шляхом інвазії, експансії або інтродукції. Найчастіше такі види зустрічаються серед синантропів, і лише частково – серед лучно-степових, заплавних або лісових комплексів.

У складі сучасної місцевої фауни (повний список) чужорідними видами ссавців є такі: пацюк сірий, миша хатня, нутрія болотяна, ондатра мускусна, нетопир білосмугий, нетопир пігмей, вухань австрійський, пергач донецький, тхір темний, візон річковий, куна кам'яна, єнот уссурійський. Разом 12 видів. Окрім того, до «ближніх» інвайдерів (ареали яких змінюються, і поява яких аналогічна експансіям чужорідних) відносяться такі види, як шакал золотавий, бобер європейський, видра річкова, а також низка лісових видів, що по лісосмугах проникають далеко на південь (куниця лісова, вивірка лісова, бобер євразійський, мишак жовтогрудий, кріт європейський тощо).

### Зміни фауни

Беручи до уваги першу частину списку чужорідних видів (тобто без локальних інвайдерів) і виходячи з встановленого в цьому дослідженні обсягу списку (за табл. 1) як 52 види, маємо індекс адвентизації  $12/52 = 23\%$ . Індекс ротації фауни (IFR) буде подібним: базовий список (без чужорідних) – 52 – 12 = 40 видів, кількість зниклих або імовірно зниклих (зокрема ховрах, хом'як, корсак) – три, звідки показник ротації фауни  $IFR = ((12 + 3)/2)/40 = 19\%$ .

Загалом це непоганий результат, порівняно з іншими локальними і регіональними фаунами, проте важливо пам'ятати, по-перше, про недооцінки наявного різноманіття, по-друге, – про

те, що втрати і зміни локальних біот завжди помітно більші за втрати і зміни регіональних фаун, і в кожному конкретному місці рівні збереженості можуть бути значно меншими, а рівні адвентизації – більшими. Проте маємо надію, що природа переживе цей непростий період і одночасно що лінія фронту не зайде на терени Покровського і суміжних районів, а з урахуванням відтоку населення і відповідного зменшення антропогенного навантаження (включно з повним припиненням полювання і значним скороченням рільництва та лісгосподарювання) – фауністичні комплекси не погіршать свій стан і отримають нові можливості для свого існування, розвитку і відновлення.

### Подяки

Автори дякують Є. Улюрі за уточнення щодо колекцій ННПМ, наша подяка колегам, що надали в користування важливі факти і фотоматеріали, зокрема Ю. Пазію (Покровська середня школа), Є. Рябку (Покровське) і Д. Пилипенку (Донецький національний університет), а також місцевим рибалкам (О.С. та М.П.) за повідомлення про спостереження окремих видів ссавців. Дякуємо М. Дребету (НПП Подільські Товтри), І. Євстаф'єву (Кримська обласна СЕС), І. Мерзлікіну (Природний заповідний Михайлівська цілина), М. Роженку (НПП Нижньодністровський) за визначення видів за фотореєстраціями. Дякуємо учасникам конкурсу «Вікі любить Землю» (Н. Бугай, Ю. Пазій, В. Чичикало) за дозвіл використання світлин із зображенням природних біотопів і ландшафтів. Дякуємо рецензентам за важливі зауваження та Золтану Баркасі (ННПМ) за корекцію англійських частин рукопису.

### Декларація

Дослідження проведено в рамках відомчої теми відділу музеології Національного науково-природничого музею НАН України за розділом «Вивчення раритетного різноманіття теріофауни зон окупації та бойових дій, аналіз їх поширення на підставі аналізу колекцій та оцінка факторів їх вразливості в умовах війни» (2023–2026 роки).

ABELENITSEV, V. I., PIDOPLICHKO, I. G. (1956) The Order of Insectivores – Insectivora [Ryad komakhoyidni – Insectivora]. *Fauna of Ukraine. Vol. 1 (1)*. Acad. Sci. UkrSSR, Kyiv, 70–228 (in Ukrainian).  
AVERIN, V. G. (1924) The marbled polecat and our data on it [Khorek-perevyazka i nashi svedeniya o ney]. *Nature and hunting in Ukraine*. Kharkiv, 155–158 (in Russian).

AVERIN, V. G. (1928) About peregusna, or the marbled polecat [Pro pereviyazku, abo riaboho tkhora]. *Ukrainian Hunter and Fisherman*, 11–12, 33–35 (in Ukrainian).  
BARABASH-NIKIFOROV, I. I. (1928) *Essays on the Fauna of the Steppe Dnipro Region (former Yekaterinoslav Region)* [Narysy fauny stepovoyi Naddnipyrianshchyny

- (*kolyshn'oyi Katerynoslavshchyny*)]. State Print House of Ukraine, Dnipropetrovske. (in Ukrainian).
- BRONSKOV, A., TIMOSHENKOV, V. (2010) Distribution and abundance of the gray ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus*) in the Donetsk region [Rasprostraneniye i chislennost' suslika malogo (*Spermophilus pygmaeus*) v Donetskoy oblasti]. *Proceedings of the Theriological School*, 10, 107–114 (in Ukrainian). DOI: 10.15407/ptt2010.10.107
- BULAKHOV, V. L., CHEHORKA, P. T. (1998) Modern state of bat fauna in the Dnipropetrovsk region [Suchasny stan fauny kazhaniv Dnipropetrovshchyny]. *Proceedings of the Theriological School*, 1, 100–104 (in Ukrainian).
- BULAKHOV, V. L., PAKHOMOV, A. E. (2006) *Biological Diversity of Ukraine. Dnipropetrovsk Oblast. Mammals (Mammalia) [Biologichne riznomanittya Ukrayiny. Dnipropetrovs'ka oblast'. Ssavtsi (Mammalia)]*. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk. (in Ukrainian).
- DYATLOVA, O., ROZHENKO, M. (2017) Records and peculiarities of distribution of the European mole (*Talpa europaea*) in the Lower Dnister area [Znakhidky ta osoblyvosti poshyrennia krota yevropeiskoho (*Talpa europaea*) u ponyzzi Dnistra]. *Proceedings of the Theriological School*, 15, 94–96 (in Ukrainian). DOI: 10.15407/ptt2017.15.094
- KOLESNIKOV, M., KONDRATENKO, O. (2006) Current state of populations of rare species of carnivore mammals of family Mustelidae in the south-eastern part of Ukraine [Sovremennoye sostoyaniye populyatsiy redkikh khishchnykh mlekopitayushchikh semeystva Mustelidae na yugo-vostoke Ukrainy]. *Proceedings of Theriological School*, 7, 55–62 (in Russian).
- KOROBCHENKO, M. (2009) Expansion of the European mole (*Talpa europaea*) from the Seversky Donets River valley [Rashireniye areala krota yevropeyskogo (*Talpa europaea*) v doline reki Severskiy Donets]. *Zoologicheskii zhurnal*, 88 (4), 465–472 (in Russian).
- LAZARIEV, D., LITVINENKO, S., KYZ, V., ULYURA, E., YEVTUSHENKO, G. (2024) The fauna of carnivorans of the family Mustelidae in Poltava region, Ukraine: history and current status [Fauna khyzhykh rodyny Mustelidae na Poltavshchyni: istoriya ta suchasnyy stan]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series Biology*, 56, 24–33 (in Ukrainian). DOI: 10.32782/1998-6475.2024.56.24-33
- MANYUK, V., LAHUTA, A. (2017) *Plecotus austriacus* in the valley of the Kilchen river (left bank of the Dnipro), a new stage of expansion to the East [Vukhan' avstriys'kyy (*Plecotus austriacus*) u ponyzzi r. Kil'cheni (Livoberezhne Podniprova)]. *Proceedings of the Theriological School*, 16, 149–151 (in Ukrainian). DOI: 10.15407/pts2018.16.149
- MARKOVSKA, O., TKACH, H. (2020). Mouse-like rodents and shrews in Kharkiv Oblast (Ukraine): species composition, distribution, and current state of populations [Myshopodibni hryzyny ta zemleryky v Kharkivs'kiy oblasti (Ukrayina): vydovyy sklad, poshyrennya, stan populyatsiy]. *Theriologia Ukrainica*, 19, 27–44 (in Ukrainian). DOI: 10.15407/TU1904
- MAYER, F., von HELVERSEN, O. (2001) Sympatric distribution of two cryptic bat species across Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74, 365–374.
- MIKHEYEV, A. V. (2003) Species diversity of micromammalia complex in Samarsky forest (Dnepropetrovsk Region) [Vidovoye raznoobrazziye kompleksa mikromammaliyv usloviyakh Samarskogo lesa (Dnepropetrovskaya oblast)]. *Vestnik zoologii*, 37(4), 85–89 (in Russian).
- MYLIUTIN, N. G. (1930) Materials for the fauna Mammalia of Dnipropetrovsk district [Materialy do favny Mammalia Dnipropetrovs'koyi okruhy]. *Proceedings of the Kharkiv Society of Nature Researchers*, 55(2), 77–111. (Notes of the Research Department of Zoology) (in Ukrainian).
- PIDOPLICHKO, I. G. (1937) Totals of analyses of birds of prey's pellets for years 1924–1935 [Pidsumky doslidzhennya pohadok za 1924–1935 rr.]. *Collection of works of the zoological museum*, 19, 101–170 (in Ukrainian).
- POPOV, B. M. (1937) Materials on the avifauna of the Dnipro River rapids [Materialy do ornitofauny porozhystoyi chastyny r. Dnipra]. *Collection of works of the zoological museum*, 20, 41–64. (Ukrainian).
- PYSAREVA, M. E. (1948) Ecology and systematics of the mound mouse [K ekologii i sistematike kurganchikovoy myshi]. *Collection of Works of the Biological Faculty of the Dnepropetrovsk State University*, 32, 68–71 (in Ukrainian).
- PYSAREVA, M. E. (1955) Comparative ecological and zoogeographical sketch of mammals of the Samara and Bolshemikhailovsky forest massifs [Sravnitel'nyy ekologo-zoogeograficheskyy ocherk mlekopitayushchikh Samarskogo i Bol'shemikhaylovskogo lesnykh massivov]. *Collection of Works of the Biological Faculty of the Dnepropetrovsk State University*, 54, 101–112 (in Ukrainian).
- PYSAREVA, M. E. (1960) About mammals of artificial forests of the steppe zone of the Ukrainian SSR [O mlekopitayushchikh iskusstvennykh lesov stepnoy zony USSR]. *Artificial forests of the steppe zone of Ukraine*. KSU, Kharkiv, 383–400 (in Russian).
- TARANENKO, L., MELNICHENKO, B., PILIPENKO, D., DYAKOV, V. (2008) Rare species of terrestrial mammals of Donetsk region: current status and prospects for their protection [Raritetnyye vidy nazemnykh mlekopitayushchikh Donetskoy oblasti: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ikh okhrany]. *Proceedings of the Theriological School*, 9, 187–198 (in Russian).
- SHEVCHENKO, L. S., ZOLOTUKHINA, S. I. (2002) *Mammals. Issue 1. Murids (Muridae) [Mlekopitayushchiye. Vypusk 1. Myshinye (Muridae)]*. Zoological Museum, NMNH of Ukraine. Kyiv, 1–217 (in Russian).
- SHEVCHENKO, L. S., ZOLOTUKHINA, S. I. (2005) *Mammals. Issue 2. Insectivores, bats, lagomorphs*

- [*Mlekopitayushchiye. Vypusk 2. Nasekomoyadnyye (Insectivora), Rukokrylyye (Chiroptera), Zaytseobraznyye (Lagomorpha), Gryzuny (Rodentia)*]. Zoological Museum of the National Museum of Natural History of Ukraine. Kyiv. (in Russian).
- SMAGOL, V. M., GAVRIS, G. G., SALGANSKII-jr., O. O. (2012) Distribution and abundance of moose, *Alces alces* () [sic!], in Ukraine at the beginning of the xxi century [Poshyrennia ta chyselnist losia, *Alces alces* (Mammalia, Artiodactyla), v Ukraini na pochatku XXI stolittia]. *Vestnik zoologii*, 46 (2): 161–166. (in Ukrainian).
- VLASCHENKO, A., HUKOV, V., TIMOFIEIEVA, O., MOISEIENKO, M., DOMANSKA, A., ZINENKO, O., PRYLUTSKA, A. (2023) Leaping on urban islands: further summer and winter range expansion of European bat species in Ukraine. *European Journal of Ecology*, 9(1), 70–85. DOI: 10.17161/eurojcol.v9i1.18664
- VOLOKH, A. M. (2003a) Modern distribution of the otter (*Lutra lutra* L., 1758) in Ukraine and its abundance [Suchasne poshyrennia vydry (*Lutra lutra* L., 1758) v Ukraini ta ii chyselnist]. *Bulletin of Zaporizhzhia State University. Series: Physical, mathematical and biological sciences*, 1, 133–139. (in Ukrainian).
- VOLOKH, A. (2003b) The appearance of a jackal in Ukraine and its present distribution [Poyavleniye shakala na Ukraine i yego sovremennoye rasprostraneniye]. *Okhotnik (Hunter)*, 9, 14–15 (in Russian).
- VOLOKH, A. (2023) Distribution of the wolf (*Canis lupus*) in the steppe zone of Ukraine at the turn of the 20th and 21st centuries and its population dynamics [Rozseleennia vovka (*Canis lupus*) u stepovii zoni Ukrainy na zlami XX–XXI stolit ta dynamika yoho chyselnosti]. *Theriologia Ukrainica*, 25, 109–125. (in Ukrainian). DOI: 10.53452/TU2510
- ZAGORODNIUK, I., NEGODA, V. (2001) Pipistrelle bats of the genus *Pipistrellus* and genus *Hypsugo* [Netopyry: rody *Pipistrellus* ta *Hypsugo*]. *Novitates Theriologicae*, 6, 65–72 (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I. (2006) Mammals of eastern provinces of Ukraine: composition and historical changes of the fauna [Ssavtsi skhidnykh oblastei Ukrainy: sklad ta istorychni zminy fauny]. *Proceedings of the Theriological School*, 7, 216–259. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I., SIRENKO, V. (2007) *Sorex minutus* (Mammalia) in the natural reserve ‘Kamiani Mohyly’ [*Sorex minutus* (Mammalia) u zapovidnyku ‘Kamiani Mohyly’]. *Vestnik zoologii*, 41 (2), 232. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I., KOROBCHENKO, M. (2008) Rare mammal fauna of eastern Ukraine: composition and distribution of rare species [Raryetna teriofauna skhidnoyi Ukrainy: ii sklad i poshyrennia ridkisnykh vydiv]. *Proceedings of the Theriological School*, 9, 107–156. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I., DYKYY, I. (2012) Hunting mammal fauna of Ukraine: species list and vernacular names [Myslyvska teriofauna Ukrainy: vydovyy sklad i vernakuliarni nazvy]. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 58, 21–44. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I. V., EMEL'YANOV, I. G. (2012) Taxonomy and nomenclature of mammals of Ukraine [Taksonomiia i nomenklatura ssavtsiv Ukrainy]. *Proceedings of the National Museum of Natural History*, 10, 5–30. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I., SAVARIN, A. (2012) Steppe fox, *Vulpes corsac* (Mammalia, Carnivora), in the Middle Dnipro Region: the westernmost modern record of the species. *Vestnik zoologii*, 46 (6), 508.
- ZAGORODNIUK, I. (2014) Golden jackal (*Canis aureus*) in Ukraine: modern expansion and status of species. *Proceedings of the National Museum of Natural History*, 12, 100–105.
- ZAGORODNIUK, I., REBROV, S. (2014) Pattern of geographic distribution of *Nyctalus noctula* (Mammalia: Chiroptera) in eastern Ukraine and the formation of new hibernating groups in urban landscapes [Struktura arealu *Nyctalus noctula* (Mammalia) na skhodi Ukrainy ta formuvannia novykh zymivelnykh hrup v urbolandshafci]. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 67, 138–147. (in Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I. (2015a) Geographical variability of the coat coloration in the weasel (*Mustela nivalis*) in Ukraine: taxonomy or climate? [Heohrafichna minlyvist zabarvleniia khutra lasytsi (*Mustela nivalis*) v Ukraini: taksonomiia chy klimat?]. *Proceedings of the Theriological School*, 13, 77–86. (in Ukrainian). DOI: 10.15407/ptt2015.13.077
- ZAGORODNIUK, I. (2015b) Birch mice (*Sicista*) in the fauna of Ukraine: estimates of past and present abundance [Myshivky (*Sicista*) u fauni Ukrainy: otsinky kolyshnoi i suchasnoi riasnoti]. *Novitates Theriologicae*, 9, 135–141 (Ukrainian).
- ZAGORODNIUK, I. (2018) Close bat species in the Ukrainian fauna: differences and position in the structure of communities [Blyzki vydry kazhaniv u fauni Ukrainy: vidminnosti ta mistse u strukturi uhrupovan]. *Theriologia Ukrainica*, 16, 51–76 (in Ukrainian). DOI: 10.15407/pts2018.16.051
- ZAGORODNIUK, I., PARKHOMENKO, V. (2018) Boris Valkh and the development of zoology and museology in the East of Ukraine [Borys Valkh ta rozvytok zoolohiii i muzeolohiii na skhodi Ukrainy]. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Biology*, 31, 72–98 (in Ukrainian). DOI: 10.26565/2075-5457-2018-31-8
- ZAGORODNIUK, I. (2019) Range dynamics in sibling species: facts and reconstructions for the mammal fauna of Eastern Europe. *Theriologia Ukrainica*, 18, 20–39. DOI: 10.15407/pts2019.18.020
- ZAGORODNIUK, I. (2020) Distribution and variation of mice group *Sylvaemus microps* & *uralensis* in Eastern Europe: fragmentation and clines. *Theriologia Ukrainica*, 20, 91–104. DOI: 10.15407/TU2012
- ZAGORODNIUK, I., KOROBCHENKO, M., OCHE-RETNA, K. (2022) Checklists of fauna and designations of species status [Kontrolni spysky fauny ta poznachennia statusiv vydiv]. *Cherkasy University Bulletin:*

- Biological Sciences series*, 2, 21–31. (in Ukrainian). DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-2-21-31
- ZAGORODNIUK, I. (2024) Fauna of war: trench fauna, polemochors, stray and alien animals (theriological aspects) [Fauna viiny: okopni fauny, polemokhory, bezprytulni, invalidery (teriologichni aspekty)]. *Theriologia Ukrainica*, 27, 3–24. (in Ukrainian). DOI: 10.53452/TU2703
- ZAGORODNIUK, I., LAZARIEV, D. (2024) Dynamics of distribution of introduced mammals in Ukraine and factors influencing them. *Biosystem Diversity*, 32(4), 522–542. DOI: 10.15421/012455
- ZAGORODNIUK, I. (2025a) ‘Apex’ or ‘visible’ fauna: concept and application [“Verkhivkova”, abo «prymitna» fauna – kontsept i zastosunky]. *Novitates Theriologicae*, 17, 17–25. (in Ukrainian) DOI: 10.53452/nt1706
- ZAGORODNIUK, I. (2025b) Mouse *Sylvaemus tauricus* (Mammalia) in the South of Ukraine: limits and peculiarities of distribution in the context of historical biogeography [Areal myshaka *Sylvaemus tauricus* na pivdni Ukrayini: mezhi ta osoblyvosti poshyrennia z ohliadu na istorychnu bioheohrafiu]. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Biology*, 44, 78–94 (in Ukrainian). DOI: 10.26565/2075-5457-2025-44-7



## ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ І РІСТ ПРОРОСТКІВ РОСЛИН ТОМАТУ

Любов МАРГІТАЙ<sup>1</sup>, Дмитро МАРГІТАЙ<sup>2</sup>, Михайло ВАКЕРИЧ<sup>2,3</sup>, Сергій ШАЛАЄНКО<sup>1</sup>,  
Кароліна ШЕЙДИК<sup>1</sup>, Андрій ЧЕПКИЙ<sup>1</sup>

У роботі проаналізовано вплив біостимуляторів росту на проростання насіння та ріст проростків рослин томату (*Lycopersicon esculentum*) сортів Де Барао жовтий та Кібіц, які є придатними для вирощування за органічною технологією внаслідок толерантності до фітофторозу. Досліджено ефективність застосування українських регуляторів росту Біолану, Стимпо, Алостиму, Регопланту та Гумату калію у різних концентраціях з метою підвищення схожості та енергії проростання насіння, росту кореневої системи. Дослідження проводилися в лабораторних умовах методом біотестів. Встановлено, що на четверту добу пророщування насіння томату сорту Де Барао жовтий обробка Біоланом у концентрації  $10^{-3}$  % збільшувала довжину коренів на 29 % порівняно з контролем, а на восьму добу ця ж концентрація стимулювала ріст кореневої системи на 86 %. Аналогічно, довжина гіпокотилія зростала в середньому на 44-49 %, що може сприяти швидшій появі сім'ядольних листків над поверхнею ґрунту і більш дружнім сходам.

На 4 добу пророщування насіння томату сорту Кібіц під впливом різних концентрацій регуляторів росту Стимпо, Алостиму, Регопланту і Гумату калію виявлено, що майже всі досліджувані регулятори росту в більшості концентрацій підвищують енергію проростання. Тоді, коли в контролі проросло в середньому 82 % насінин, у варіанті обробки Алостимом у концентрації  $10^{-3}$  % – 94 %. По відношенню до контролю енергія проростання при дії Алостиму в концентрації  $10^{-3}$  % збільшується на 12 %; Алостимом, Українськими гуматами і Регоплантом у концентрації  $10^{-4}$  % — 11 %; Алостимом у концентрації  $10^{-5}$  %, Українськими гуматами і Регоплантом у концентрації  $10^{-3}$  % – на 10 % більше, ніж у контролі. Немає підвищення енергії проростання під дією занадто високих концентрацій регуляторів росту таких як Стимпо, Регоплант і Гумату калію у концентрації 0,1 % Тому дуже важливим є підбір оптимальних концентрацій. Збільшується також довжина коренів. Найкращі результати отримані при обробці Алостимом у концентраціях  $10^{-3}$  % і  $10^{-4}$  %, а також Регоплантом у концентраціях  $10^{-1}$  % і  $10^{-4}$  %, що забезпечувало значне збільшення довжини кореневої системи, на 72–81 % більше у порівнянні з контролем.

Отримані результати підтверджують, що застосування біостимуляторів росту покращує морфометричні показники проростків рослин томату, сприяючи більш активному розвитку кореневої системи. Це забезпечує кращу адаптацію рослин до стресових умов, зокрема посухи, шляхом підвищення ефективності поглинання води та поживних речовин. Регулятори росту можуть бути ефективним засобом для підвищення якості розсади томатів у регіонах з обмеженими водними ресурсами.

**Ключові слова:** *Lycopersicon esculentum* L., проростання, регулятори росту рослин, стимуляція росту кореневої системи, гіпокотиль, енергія проростання, посухостійкість.

<sup>1</sup> Кафедра плодовоовочівництва і виноградарства, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: [lyubov.margitay@uzhnu.edu.ua](mailto:lyubov.margitay@uzhnu.edu.ua); [shalaienko.serhii@student.uzhnu.edu.ua](mailto:shalaienko.serhii@student.uzhnu.edu.ua); [caroline.sheydik@uzhnu.edu.ua](mailto:caroline.sheydik@uzhnu.edu.ua); [chepkyi.andrii@student.uzhnu.edu.ua](mailto:chepkyi.andrii@student.uzhnu.edu.ua)

<sup>2</sup> Кафедра генетики, фізіології рослин і мікробіології, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; [dmytro.marhitai@uzhnu.edu.ua](mailto:dmytro.marhitai@uzhnu.edu.ua); [mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua](mailto:mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua)

<sup>3</sup> Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України, Слов'янська наб., 25, Ужгород, 88000, Україна

### *Effect of growth regulators on tomato seed germination and seedling growth*

*Margitay L.<sup>1</sup>, Marhitai D.<sup>2</sup>, Vakerych M.<sup>2,3</sup>, Shalaienko S.<sup>1</sup>, Sheydyk K.<sup>1</sup>, Chepkyi A.<sup>1</sup>*

*This study analyzes the effects of plant growth biostimulants on seed germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivars De Barao Yellow and Kibits, which are suitable for organic cultivation due to their tolerance to late blight. The effectiveness of Ukrainian growth regulators – Biolan, Stimpo, Alostim, Regoplant, and Potassium Humate – was evaluated at various concentrations to enhance seed germination rate, seedling*

vigor, and root system development. The studies were conducted in laboratory conditions using the biotest method. It was found that on the fourth day of seed germination of tomato variety De Barao Yellow, treatment with Biolan at a concentration of  $10^{-3}$  % increased the length of the roots by 29 % compared to the control, and on the eighth day this same concentration stimulated the growth of the root system by 86%. Similarly, the hypocotyl length increased by an average of 44–49 %, which may contribute to the faster appearance of cotyledon leaves above the soil surface and faster plant germination.

On the 4th day of germination of tomato seeds of the Kibits variety under the influence of different concentrations of the growth regulators Stimpol, Alostim, Regoplant and Potassium Humate, it was found that almost all the studied growth regulators in most concentrations increase the germination energy. While in the control an average of 82 % of seeds germinated, in the variant of treatment with Alostim at a concentration of  $10^{-3}$  %–94 %. In relation to the control, the germination energy under the action of Alostim at a concentration of  $10^{-3}$  % increases by 12 %; with Alostim, Ukrainian humates and Regoplant at a concentration of  $10^{-4}$  %–11 %; Alostim at a concentration of  $10^{-5}$  %, Ukrainian humates and Regoplant at a concentration of  $10^{-3}$  % – 10 % more than in the control. There is no increase in germination energy under the influence of too high concentrations of growth regulators such as Stimpol, Regoplant and Potassium Humate at a concentration of 0.1 %. Therefore, the selection of optimal concentrations is very important. The length of the roots also increases. The best results were obtained when treating with Alostim at concentrations of  $10^{-3}$  % and  $10^{-4}$  %, as well as Regoplant at concentrations of  $10^{-1}$  % and  $10^{-4}$  %, which provided a significant increase in the length of the root system, by 72–81 % more compared to the control. The results obtained confirm that the use of growth biostimulants improves the morphometric indicators of tomato seedlings, contributing to a more active development of the root system. This ensures better adaptation of plants to stressful conditions, in particular drought, by increasing the efficiency of water and nutrient absorption. Growth regulators can be an effective means of improving the quality of tomato seedlings in regions with limited water resources.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* L., germination, plant growth regulators, root growth stimulation, hypocotyl, germination energy, drought tolerance.

<sup>1</sup> Department of Fruit and Vegetable Growing and Viticulture, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: lyubov.margitay@uzhnu.edu.ua; shalaienko.serhii@student.uzhnu.edu.ua; caroline.sheydik@uzhnu.edu.ua; chepyi.andrii@student.uzhnu.edu.ua

<sup>2</sup> Department of Genetics, Plant Physiology and Microbiology, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: dmytro.marhitai@uzhnu.edu.ua; mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

<sup>3</sup> Transcarpathian scientific research expert and forensic center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 25, Slovianska nab., Uzhhorod, 88000, Ukraine

## Вступ

Фітогормони відіграють ключову роль у регуляції росту рослин, особливо на ранніх стадіях розвитку, таких як проростання насіння та ріст проростків. Дослідження показують, що ауксини, гібереліни, етилен, цитокініни, абсцизова кислота, брасиностероїди та жасмонова кислота беруть участь у відповіді рослин на абіотичні стреси (Siddiqui et al. 2020; Singh et al. 2021a; Irfan et al. 2022).

Серед фітогормонів ауксин є ключовим регулятором росту рослин. Його просторово-часове регулювання сприяє виживанню та розвитку рослин у несприятливих умовах. Крім того, під впливом важких металів ауксин контролює синтез активних форм кисню та реактивних азотних сполук у клітинах кореня (Kolbert et al. 2018; Fahad et al. 2021).

При вирощуванні томатів у стресових умовах застосування біостимуляторів, може позитивно впливати на гормональний баланс і розвиток проростків. Зокрема, гумати та фітогормональні препарати підтримують гомеостаз ауксину, змінюючи його активний пул через регулювання інактивації,

деградації та транспорту, що сприяє покращенню стану рослин. Крім того, ауксин стимулює транскрипцію ферментів антиоксидантної системи під час оксидативного стресу (El-Gaied et al. 2013).

Дослідження Kumar Meena et al. (2024) показали, що баланс між ауксином і цитокінінами є ключовим у розвитку кореневої меристеми, зокрема через залучення CBL (кіназний білок) що взаємодіє з білком, подібним до кальциневрину у *Arabidopsis*.

Також було доведено, що застосування оксиду азоту (NO) сприяло зниженню окислювального стресу в рослинах шляхом запобігання деградації ауксину та модифікації його транспорту, що призводило до розвитку кореневої меристеми, зростання бічних коренів та формування кореневих волосків. Взаємодія між ауксином і NO може бути ключовим механізмом адаптації проростків томатів до несприятливих умов. Взаємозв'язок між ауксином та NO під час розвитку бічних коренів у томатів також був виявлений Guo et al. (2008), що підтверджує потенціал біостимуляторів у покращенні росту кореневої системи.

Оксид азоту (NO) відіграє важливу роль у регуляції росту рослин, і деякі регулятори росту можуть стимулювати його синтез (Cao et al. 2017; Singh et al. 2024).

Окрім безпосереднього впливу на ріст, регулятори росту можуть сприяти поліпшенню фізіологічних характеристик проростків томатів, збільшуючи ефективність поглинання поживних речовин, прискорюючи фотосинтез та підвищуючи стійкість до абіотичних та біотичних стресів. Це може підвищити якість урожаю (Abd-Elsalam et al. 2024; Gomasta et al. 2024; Uddin et al. 2024).

Томат є однією з найважливіших овочевих культур, яка вирощується в культивацийних спорудах і у відкритому ґрунті на Закарпатті (Margitai et al. 2010). Внаслідок того, що клімат Закарпаття формується під впливом вологих повітряних мас із Атлантики, дуже часто помідори страждають від фітофторозу, що може спричинити часткову або повну втрату врожаю. Тому більшість фермерів регулярно використовують препарати для профілактики та лікування фітофторозу, що збільшує хімічне навантаження на навколишнє середовище та організм людини. Виходом у даній ситуації може бути використання сортів відносно стійких до фітофторозу.

Тому метою нашої роботи було дослідження можливостей удосконалення методики вирощування розсади стійких до фітофторозу придатних для органічного вирощування сортів томату шляхом використання регуляторів росту.

## Матеріал та методики

Об'єктами досліджень були стійкі до фітофторозу сорти томатів Кібіц і Де Барао жовтий. Ці сорти були обрані нами для досліджень тому, що протягом десяти років вирощування різних сортів томатів у відкритому ґрунті за органічною технологією в ґрунтово-кліматичних умовах низинної зони Закарпаття саме вони щороку давали стабільний урожай. Ультраранній детермінантний томат Кібіц дозріває вже на 65–70 день після висадки розсади. Невеличкі перчикоподібні плоди досягають на компактних кущах заввишки до 80 сантиметрів. Кібіц дає основний урожай в липні-на початку серпня до масового розвитку фітофторозу. Де-Барао жовтий – пізньостиглий, тіньовитривалий, холодостійкий. Урожайність дуже висока. Індетермінантний, висота рослини 1,4–2,5 м. Вегетаційний період 120–130 днів. Плоди сливовидної форми, вагою 50–70 г. Стійкість до хвороб дозволить цьому сорту плодоносити до настання осінніх заморозків. Для дослідження брали

насіння, яке зберігалось 8 років в паперових пакетах у сухому приміщенні при температурі 18–20 °С.

У наших дослідженнях використовувалися українські регулятори росту Біолан, Стимпо, Аlostим, Регоплант і Гумат калію. Ці препарати – біологічного походження (Hrinchenko et al. 2001). Досліджувався вплив Аlostиму в концентраціях  $10^{-1}$  (надалі в тексті і на графіках буде позначатися як А-1;  $10^{-3}$  (А-3);  $10^{-4}$  (А-4);  $10^{-5}$  (А-5),  $10^{-6}$  (А-6) %, Стимпо в концентраціях  $10^{-1}$  (С-1);  $10^{-3}$  (С-3);  $10^{-4}$  (С-4);  $10^{-5}$  (С-5),  $10^{-6}$  (С-6) %, Регопланту –  $10^{-1}$  (Р-1);  $10^{-3}$  (Р-3),  $10^{-4}$  (Р-4) %, Біолану –  $10^{-3}$  (Б-3);  $10^{-4}$  (Б-4);  $10^{-5}$  % (Б-5) та гумату калію ТМ «Українські гумати» –  $10^{-3}$  (Г-3),  $10^{-4}$  (Г-4),  $10^{-5}$  (Г-5) %. Розчини готували методом послідовних розведень в день закладання досліду. Контролем слугувала дистильована вода.

Вплив регуляторів росту вивчали методом біотестів. Для пророщування насіння використовували чашки Петрі. На дно чашки клали предметні скельця, які накривали листком фільтрувального паперу. В кожену чашку наливали по 10 мл досліджуваного розчину, при цьому зволожувалася вся поверхня паперу, розміщеного на склі. Для створення навколо насіння необхідної вологості повітря чашка зверху накривали склом. Пророщування насіння проводилося при температурі 20–22 °С до появи перших двох несправжніх листків і 4 дні після цього. Досліди проводили у трикратній повторності. Для кожної концентрації досліджуваного розчину брали 300 насінин томату (3 чашки по 100 насінин). Як показали досліди, робота із зазначеною кількістю насіння забезпечила отримання достовірних результатів. Одержані результати опрацьовували статистично згідно методики (Ivanova, Yevstafiyeva 2018) за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

## Результати та їх обговорення

На третю добу після закладання досліду із насінням томату сорту Де Барао жовтий нами помічено, що насіння почало проростати. Коли корінці досягали довжини 4–5 мм, на них з'явилися кореневі волоски. На четверту добу пророщування ми провели перші виміри довжини коренів (Рис. 1).

Ми виявили, що на даний момент пророщування насіння достовірним є збільшення довжини коренів у варіанті обробки Біоланом в концентрації  $10^{-3}$  %. Середня довжина кореня збільшується на 2,8 мм, або на 29 % у порівнянні з контролем (Рис. 2).

На сьому добу пророщування виявлено, що обробка насіння томату сорту Де барао жовтий регу-

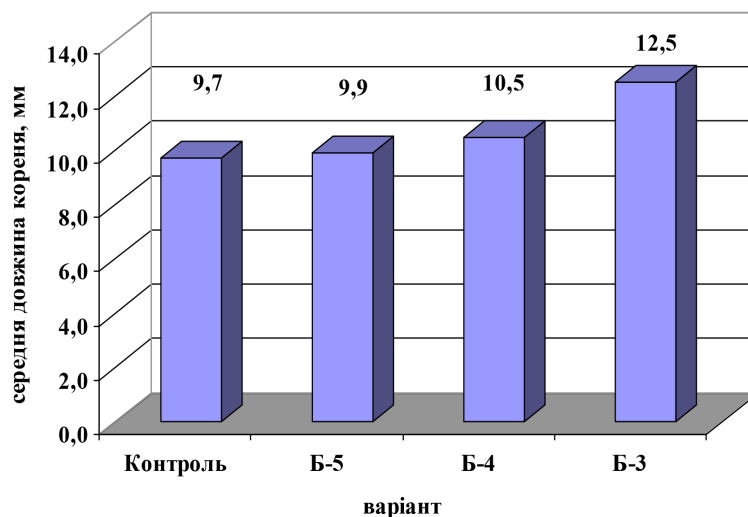


Рис. 1. Середня довжина коренів проростків томату сорту Де Барао жовтий на четверту добу пророщування під впливом обробки Біоланом, мм

Fig. 1. Average root length of *Lycopersicon esculentum* cv. De Barao Yellow seedlings on the fourth day of germination under the influence of Biolan treatment, mm

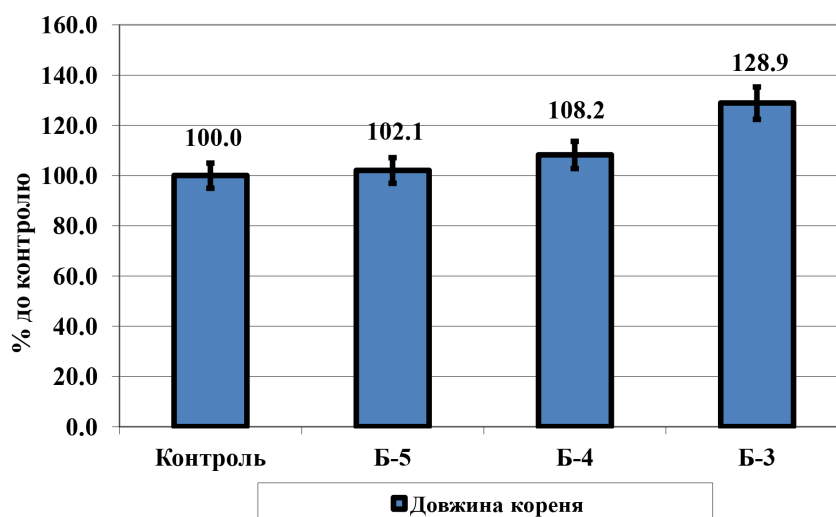


Рис. 2. Довжина коренів проростків томату сорту Де Барао жовтий на четверту добу пророщування під впливом обробки Біоланом (% до контролю)

Fig. 2. Root length of *Lycopersicon esculentum* cv. De Barao Yellow seedlings on the fourth day of germination under the influence of Biolan treatment (% relative to control)

лятором росту Біоланом істотно підвищує схожість насіння (Рис. 3). Тоді як у контрольному варіанті на сьому добу пророщування середня схожість була 76,7%, при обробці розчином біолану в концентрації  $10^{-3}$  % схожість становила 93,3;  $10^{-4}$  – 100 %;  $10^{-5}$  – 98,3 %. Така низька схожість у контрольному варіанті, можливо, обумовлена тим, що насіння перед висівом 8 років зберігалось і, ймовірно, відбулося часткове виснаження запасної речовини насіння, що призвело до зниження схожості. В даному випадку, обробка регулятором росту дозволяє підвищити схожість, що є дуже важливим.

На восьму добу пророщування виявлено, що концентрації Біолану  $10^{-3}$ ;  $10^{-4}$  і  $10^{-5}$  % стимулюють ріст коренів проростків томату (Рис. 4).

Найкраще діє концентрація  $10^{-3}$  %, довжина коренів збільшується на 86 % у порівнянні з контролем. При дії Біолану в концентраціях  $10^{-4}$  і  $10^{-5}$  % довжина коренів збільшується на 83 % і 66 %, відповідно.

Довжина гіпокотила (Рис. 4, 5) в усіх варіантах досліджу зростає приблизно на однакову величину – на 44–49 %. Найбільша довжина гіпокотила при обробці Біоланом в концентрації  $10^{-4}$  %. Збільшення довжини



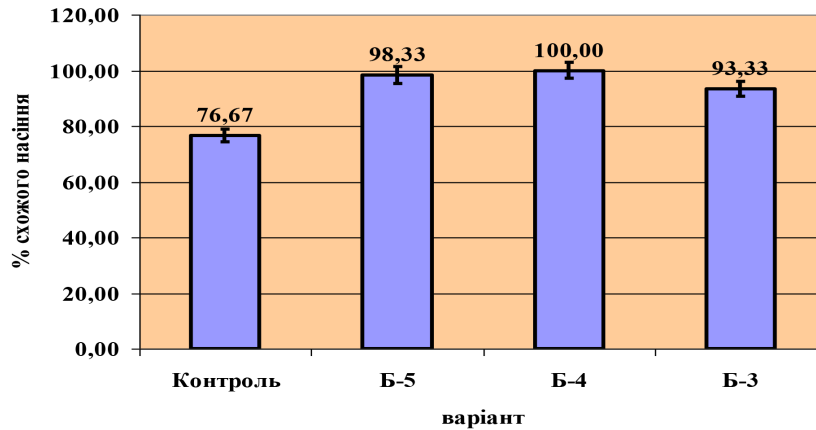


Рис. 3. Схожість насіння томату сорту Де Барао жовтий на сьому добу пророщування під впливом обробки Біоланом

Fig. 3. Germination rate of *Lycopersicon esculentum* cv. De Barao Yellow seeds on the seventh day of germination under the influence of Biolan treatment

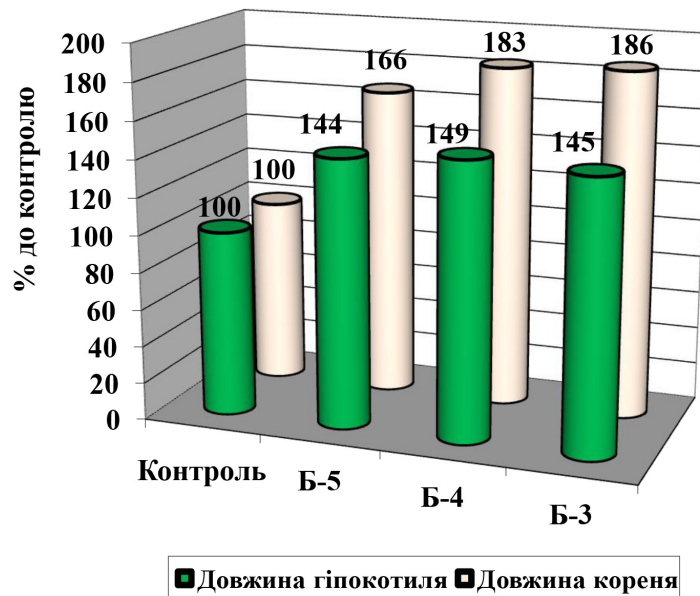


Рис. 4. Морфометричні показники проростків томату сорту Де Барао жовтий на восьму добу пророщування під впливом обробки Біоланом (% до контролю)

Fig. 4. Morphometric parameters of *Lycopersicon esculentum* cv. De Barao Yellow seedlings on the eighth day of germination under the influence of Biolan treatment (% relative to control)

гіпокотіля на ранніх етапах проростання насіння томату під впливом Біолану має позитивне явище, оскільки сприяє швидкій появі сім'ядольних листків над поверхнею ґрунту, тобто появі сходів.

При обробці Біоланом (Рис. 5) в концентрації  $10^{-3}$  % довжина кореня збільшується на 20,7 мм в порівнянні з контролем; в концентрації  $10^{-4}$  % – 20,2; в концентрації  $10^{-5}$  % – 16,1 мм. Довжина гіпокотіля при обробці Біоланом в широкому діапазоні концентрацій від  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  % збільшується в середньому на 4,5–4,9 мм. Це дозволяє проводити висів насіння, обробленого Біоланом,

на глибину більшу, ніж необробленого насіння на 4–5 мм. Це має важливе значення в посушливих умовах, наприклад при безрозсадному способі вирощування томату на півдні України та у Виноградівському районі Закарпаття.

Отже, Біолан має стимулюючий вплив на ріст коренів проростків томату в широкому діапазоні концентрацій. Значне збільшення довжини корінців призводить до кращого поглинання води і поживних речовин, що обумовлює кращий розвиток надземної частини. Зокрема, у всіх варіантах обробки регулятором росту помітне значне збіль-

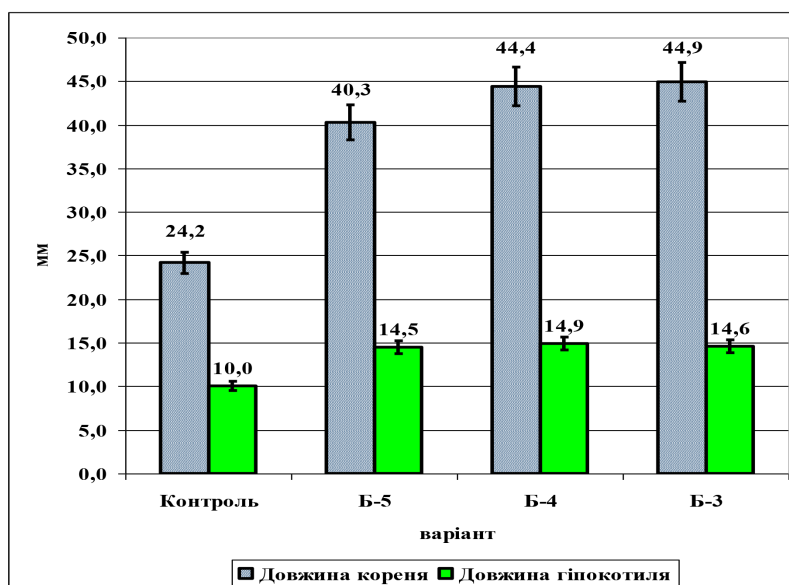


Рис. 5. Морфометричні показники проростків томату сорту Де Барао жовтий на восьму добу пророщування під впливом обробки Біоланом

Fig. 5. Morphometric parameters of *Lycopersicon esculentum* cv. De Barao Yellow seedlings on the eighth day of germination under the influence of Biolan treatment

шення довжини гіпокотиля. Збільшення довжини кореня призводить в майбутньому до підвищення посухостійкості рослин.

На 4 добу пророщування насіння томату сорту Кібіц під впливом різних концентрацій регуляторів росту Стимпо, Алоустиму, Регопланту і Гумату калію виявлено, що майже всі досліджувані регулятори росту в більшості концентрацій підвищують енергію проростання насіння томату сорту Кібіц. Тоді, коли в контролі проросло в середньому 82 % насінин, у варіанті обробки Алоустимом у концен-

трації  $10^{-3}$  % – 94 % (Рис. 6). По відношенню до контролю енергія проростання при дії А-3 збільшується на 12 %; А-4, Г-4, Р-4 – 11 %; А-5, Г-3, Р-3 – 10 %. Немає підвищення енергії проростання під дією занадто високих концентрацій регуляторів росту таких як Г-1, С-1, Р-1. Тому дуже важливим є підбір оптимальних концентрацій.

Виявлено різницю між контролем і варіантами дослідів і за довжиною коренів проростків (Рис. 7, 8).

Всі регулятори росту в усіх концентраціях крім гумату в концентрації  $10^{-1}$  % стимулюють

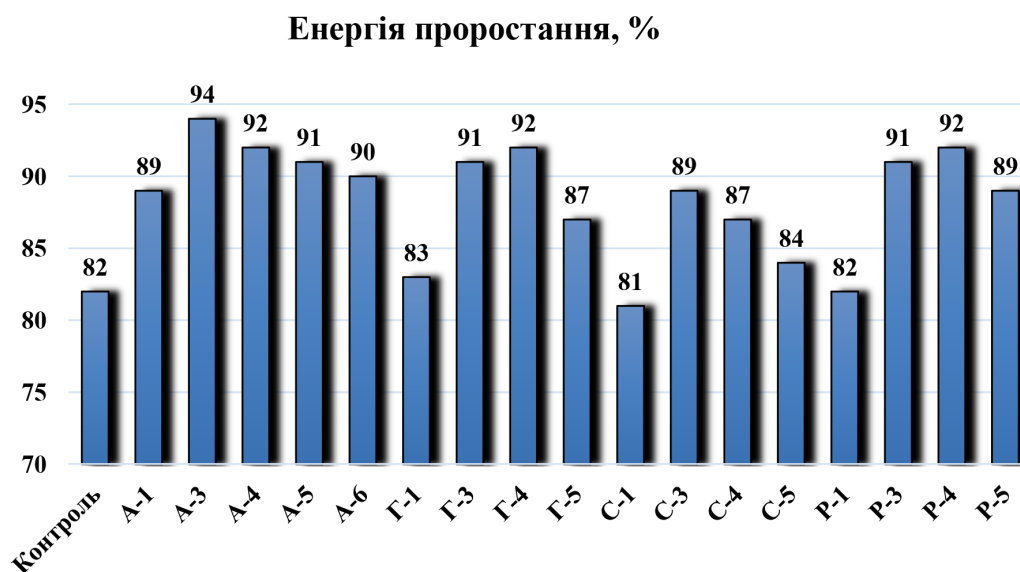


Рис. 6. Енергія проростання насіння томату сорту Кібіц під впливом регуляторів росту на 4 день, %

Fig. 6. Germination energy of *Lycopersicon esculentum* cv. Kibits seeds under the influence of growth regulators on the 4th day, %

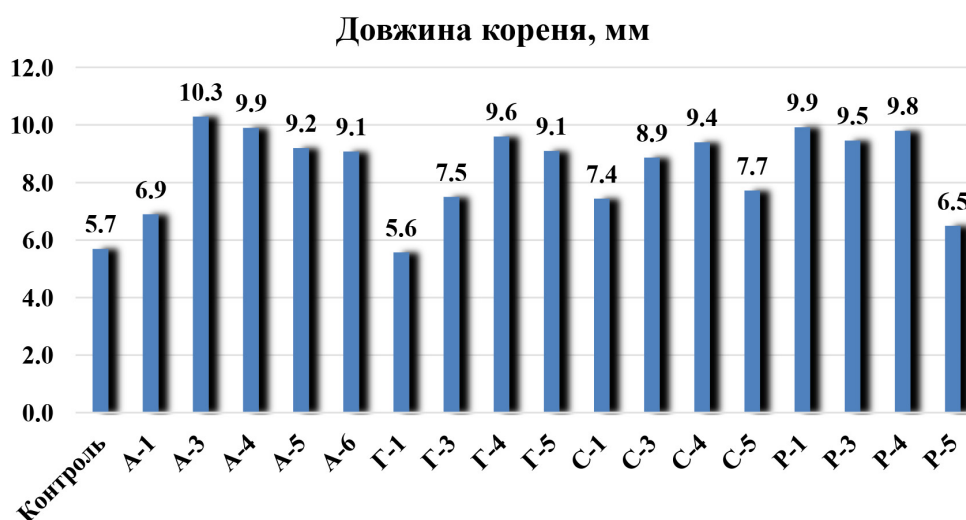


Рис. 7. Довжина кореня проростків томату сорту Кібіць під впливом регуляторів росту на 4 день, мм  
 Fig. 7. Root length of *Lycopersicon esculentum* cv. Kibits seedlings under the influence of growth regulators on the 4th day, mm

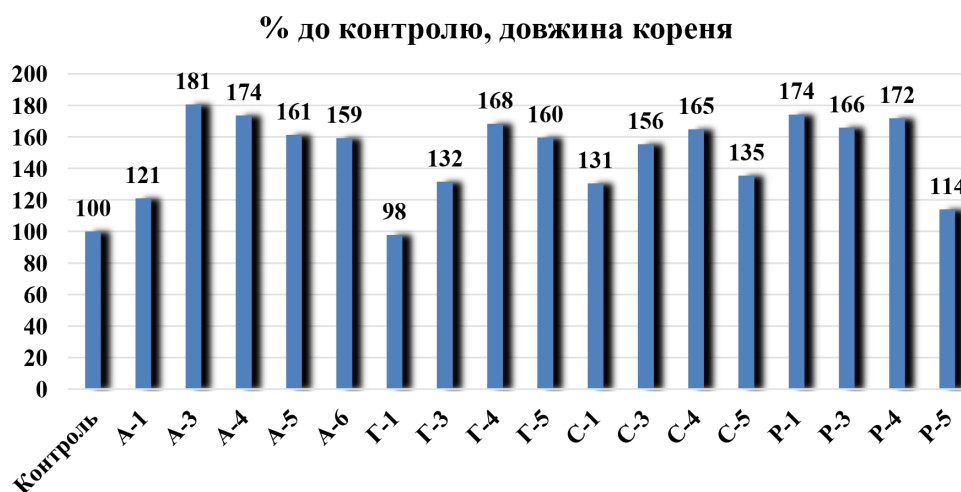


Рис. 8. Довжина кореня проростків томату сорту Кібіць під впливом регуляторів росту на 4 день, % до контролю  
 Fig. 8. Root length of *Lycopersicon esculentum* cv. Kibits seedlings under the influence of growth regulators on the 4th day, % relative to control

ріст коренів томату сорту Кібіць. Крайні результати були отримані при обробці Аlostимом у концентраціях  $10^{-3}$  % і  $10^{-4}$  % та Регоплантом у концентраціях  $10^{-1}$  % і  $10^{-4}$  %. Істотне збільшення довжини корінців проростків, під впливом регуляторів росту дозволяє їм ефективніше поглинати із ґрунту воду і розчинені в ній поживні речовини. Коренева система таких проростків швидше проникає у глибокі шари ґрунту, що підвищує стійкість рослин до посухи. Це особливо важливо в умовах поступової аридизації клімату України.

### Висновки

Результати дослідження підтверджують ефективність біостимуляторів росту у підвищенні

енергії проростання та стимулюванні росту кореневої системи проростків томатів. Встановлено, що обробка насіння томату сорту Де Барао жовтий регулятором росту Біоланом у концентрації  $10^{-3}$  % сприяє збільшенню довжини коренів на 29 % на четверту добу пророщування порівняно з контролем, а на восьму добу – на 86 %. Аналогічно, довжина гіпокотилія зростала в межах 44–49 %, що сприяло швидшій появі сім'ядольних листків над поверхнею ґрунту та загальному покращенню схожості насіння.

На 4 добу пророщування насіння томату сорту Кібіць під впливом різних концентрацій регуляторів росту Стимпо, Аlostиму, Регопланту і Гумату калію виявлено, що майже всі досліджувані регуля-

тори росту в більшості концентрацій підвищують енергію проростання насіння томату сорту Кібіц. Тоді, коли в контролі проросло в середньому 82 % насінин, у варіанті обробки Аlostимом у концентрації  $10^{-3}$  %–94 %. По відношенню до контролю енергія проростання при дії Аlostиму в концентрації  $10^{-3}$  % збільшується на 12 %; Аlostимом, Українськими гуматами і Регоплантом у концентрації  $10^{-4}$  %–11 %; Аlostимом у концентрації  $10^{-5}$  %, Українськими гуматами і Регоплантом у концентрації  $10^{-3}$  % – на 10 % більше, ніж у контролі. Немає підвищення енергії проростання під дією занадто високих концентрацій регуляторів росту таких як Стимпо, Регоплант і Гумату калію у концентрації 0,1 %. Тому дуже важливим є підбір оптимальних концентрацій.

Усі досліджувані регулятори, за винятком Гумату калію у концентрації  $10^{-1}$  %, сприяли активному росту коренів. Найбільше подовження кореневої системи спостерігалось у варіантах обробки Аlostимом ( $10^{-3}$  % і  $10^{-4}$  %) та Регоплантом ( $10^{-1}$  % і  $10^{-4}$  %).

Отримані результати свідчать про важливість вибору оптимальних концентрацій біостимуляторів для підвищення адаптивного потенціалу рослин. Збільшення довжини кореневої системи забезпечує покращене поглинання води та поживних речовин, що є критично важливим фактором у посушливих умовах. Глибше проникнення коренів у ґрунт сприяє підвищенню стійкості рослин до посухи, що особливо актуально в умовах кліматичних змін та поступової аридизації території України.

- ABD-ELSALAM, K. A., MOHAMED, H. I. (Eds.). (2024) *Plant Growth Regulators to Manage Biotic and Abiotic Stress in Agroecosystems*. CRC Press. DOI: 10.1201/9781003389507
- CAO, Z., DUAN, X., YAO, P., CUI, W., CHENG, D., ZHANG, J., JIN, Q., CHEN, J., DAI, T., SHEN, W. (2017) Hydrogen gas is involved in auxin-induced lateral root formation by modulating nitric oxide synthesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(10), 2084. DOI: 10.3390/ijms18102084
- EL-GAIED, L. F., ABUEL-HEBA, G. A., EL-SHERIF, N. A. (2013) Effect of growth hormones on some antioxidant parameters and gene expression in tomato. *GM Crops & Food*, 4 (1), 67–73. DOI: 10.4161/gmcr.24324
- FAHAD, S., SONMEZ, O., SAUD, S., WANG, D., WU, C., ADNAN, M., TURAN, V. (Eds.). (2021) *Plant Growth Regulators for Climate-Smart Agriculture*. CRC Press. DOI: 10.1201/9781003109013
- GOMASTA, J., UDDIN, A. S. M. M., KAYESH, E., ISLAM, M., HAQUE, M. A., ALAM, A., ISLAM, T. M. (2024) Dataset describing the influence of preharvest gibberellic acid application on fruiting behavior, yield and fruit biochemical properties of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). *Data Brief*, 55, 110684. DOI: 10.1016/j.dib.2024.110684
- GUO, J., DAI, X., XU, W., MA, M. (2008) Overexpressing GSH1 and AsPCS1 simultaneously increases the tolerance and accumulation of cadmium and arsenic in *Arabidopsis thaliana*. *Chemosphere*, 72(7), 1020–1026. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.04.018
- HRINCHENKO, A. L., MUSATOVA, L. O., CHUTA, M. I. (2001) *Zastosuvannia rehuliatoriv rostu novoho pokolinnia. Tekhnolohiia vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur*. Porohy, Dnipropetrovsk, pp. 26–36. (in Ukrainian).
- IRFAN, M., KUMAR, P., KUMAR, V., DATTA, A. (2022) Fruit ripening specific expression of  $\beta$ -D-N-acetylhexosaminidase ( $\beta$ -Hex) gene in tomato is transcriptionally regulated by ethylene response factor SIERF.E4. *Plant Science*, 323, 111380. DOI: 10.1016/j.plantsci.2022.111380
- IVANOVA, I. Ye., YEVSTAFIYEVA, K. S. (2018) Konspekt lektzii z dystsyplyny “Osnovy naukovykh doslidzhen” dlia zdobuvachiv osvithnoho rivnia “Bakalavr” zi spetsialnosti 201 “Ahronomiia”. TDATU, Melitopol. (in Ukrainian)
- KOLBERT, Z., BARROSO, J. B., BROUQUISSE, R., CORPAS, F. J., GUPTA, K. J., LINDERMAYR, C., LOAKE, G. J., PALMA, J. M., PETŘIVALSKÝ, M., WENDEHENNE, D., HANCOCK, J. T. (2019) A forty year journey: The generation and roles of NO in plants. *Nitric Oxide*, 93, 53–70. DOI: 10.1016/j.niox.2019.09.006
- MARGITAI, L. H., SADOVSKA, N. P., HLIUDZYK, M. U. (2010) Vplyv pryrodnykh rehuliatoriv rostu roslyn na rist i rozvytok prorostkiv pomidora sortu Nasko-2000. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series Biology*, 28, 94–96. (in Ukrainian).
- SIDDIQUI, M. H., ALAMRI, S., ALSUBAIE, Q. D., ALI, H. M., KHAN, M. N., AL-GHAMDI, A., IBRAHIM, A. A., ALSADON, A. (2020) Exogenous nitric oxide alleviates sulfur deficiency-induced oxidative damage in tomato seedlings. *Nitric Oxide*, 94, 95–107. DOI: 10.1016/j.niox.2019.11.002
- SINGH, H., BHAT, J. A., SINGH, V. P., CORPAS, F. J., YADAV, S. R. (2021) Auxin metabolic network regulates the plant response to metalloids stress. *Journal of Hazardous Materials*, 405, 124250. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124250
- SINGH, P., JAISWAL, S., TRIPATHI, D. K., SINGH, V. P. (2024) Nitric oxide acts upstream of indole-3-acetic acid in ameliorating arsenate stress in tomato seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208, 108461. DOI: 10.1016/j.plaphy.2024.108461
- UDDIN, A. S. M. M., GOMASTA, J., ISLAM, T. M., ISLAM, M., KAYESH, E., KARIM, M. R. (2024) Gibberellic acid spray modulates fruiting, yield, quality, and shelf life of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). *Journal of Horticultural Research*, 32(1), 51–66. DOI: 10.2478/johr-2024-0004



## ФІЛОГЕОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ *APALOCHRUS FEMORALIS* ERICHSON, 1840 (COLEOPTERA: MELYRIDAE)

Владислав МІРУТЕНКО<sup>1</sup>, Віолета МІРУТЕНКО<sup>2,3</sup>

У роботі представлено результати молекулярно-генетичного аналізу популяцій виду *Apalochrus femoralis* Erichson, 1840 (Coleoptera: Melyridae, Malachiinae) з різних регіонів України (Одеська та Закарпатська області), а також з Угорщини та Фінляндії. Зроблена спроба з'ясувати ступінь філогенетичної близькості між географічно віддаленими популяціями цього виду. Для аналізу було використано фрагменти гена цитохромоксидази субодиниці I (COI) мітохондріальної ДНК. Побудова філогенетичного дерева методом Neighbor-Joining виявила тісну спорідненість між популяціями з України та Угорщини, що дозволяє припустити їхнє спільне походження – з регіонів західного Причорномор'я або Східних Балкан. Популяція з Фінляндії виявилася чітко відокремленою, що свідчить про її географічну віддаленість та ізоляцію.

**Ключові слова:** твердокрилі, Malachiinae, молекулярна філогенія, поширення, популяція, GenBank.

<sup>1</sup> Кафедра ентомології та збереження біорізноманіття, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: [vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua](mailto:vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua)

<sup>2</sup> Кафедра ботаніки, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: [violeta.mirutenko@uzhnu.edu.ua](mailto:violeta.mirutenko@uzhnu.edu.ua)

<sup>3</sup> Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України, Слов'янська наб., 25, Ужгород, 88000, Україна.

### **Phylogeographical analysis of *Apalochrus femoralis* Erichson, 1840 (Coleoptera: Melyridae) Mirutenko V.<sup>1</sup>, Mirutenko V.<sup>2,3</sup>**

The paper presents the results of a molecular genetic analysis of *Apalochrus femoralis* Erichson, 1840 (Coleoptera: Melyridae, Malachiinae) populations from different regions of Ukraine (Odesa and Zakarpattia), Hungary, and Finland. The aim of the study was to assess the phylogenetic relationships between geographically distant populations of the species. A fragment of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (COI) gene was used for the analysis. A phylogenetic tree constructed using the Neighbor-Joining method revealed close genetic relationships among the Ukrainian and Hungarian populations, suggesting a common origin likely in the eastern Black Sea region or the Eastern Balkans. The Finnish population formed a distinct and separate clade, possibly indicating geographical remoteness and isolation.

**Key words:** beetles, Malachiinae, molecular phylogeny, distribution, population, GenBank.

<sup>1</sup> Department of Entomology and Biodiversity Conservation, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: [vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua](mailto:vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua)

<sup>2</sup> Department of Botany, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: [violeta.mirutenko@uzhnu.edu.ua](mailto:violeta.mirutenko@uzhnu.edu.ua)

<sup>3</sup> Transcarpathian scientific research expert and forensic center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 25, Slovianska nab., Uzhhorod, 88000, Ukraine.

### **Вступ**

Популяційна філогеографія в останні роки є доволі актуальним напрямком популяційно-еволюційних досліджень. Для твердокрилих такі дослідження також активно проводяться, а їхні результати дозволяють об'єктивно оцінити еволюцію окремих таксономічних груп та спорідненість різних популяцій виду в межах його ареалу (Drag et al. 2018; Kelnarova et al. 2019; Zamoroka 2023; Verezhak, Zamoroka 2024; Zamoroka 2025).

Філогеографія родини Melyridae на прикладі більшості родів досить детально проаналізована у декількох роботах (Bosakova et al. 2012; Gimmel et al. 2019). Однак рід *Apalochrus* Erichson, 1840 (підродина Malachiinae) не був досліджений і проаналізований у даних роботах.

Рід *Apalochrus* Erichson, 1840 (= *Paratinus* Abeille de Perrin, 1891, *Hapalochrus* Agassiz, 1846) представлений 7 видами у фауні Палеарктики (Mayor 2007; Tshernyshev 2015). *Apalochrus*

*femoralis* Erichson, 1840 є типовим видом роду і найбільш широко поширеним з поміж інших видів – від Великої Британії до Монголії (Mayor 2007). В Україні вид поширений у центральних, східних, південних областях та в Закарпатській області (Mirutenko, Kravchenko 2011). Тут він зустрічається на низинах та пагорбах. Типовими локалітетами виду є ксеротермні біотопи з трав'янистою та чагарниковою рослинністю поблизу водно-болотних угідь. В Закарпатській області вид було вперше відмічено порівняно недавно – у 2014 році (Mirutenko, Mateleshko 2017). Поява його в цьому регіоні ймовірно пов'язана з кліматичними змінами, а саме зі збільшенням середньорічних температур, що, вочевидь, сприяло просуванню його на захід України. Однак в інших областях західного регіону *A. femoralis* не виявлений.

Тому метою даної роботи було встановити ступінь філогенетичної близькості географічно віддалених популяцій *A. femoralis* в Україні, а саме популяцій південних та західних регіонів.

### Матеріал і методи

Для аналізу були використані власноруч зібрані екземпляри твердокрилих, а також ваучери, наявні у референтній базі даних GenBank. У якості аутгрупи був використаний *Malachius bipustulatus* L., 1758 (Melyridae, Malachiinae) (Табл. 1).

Філогенетичний аналіз проведено шляхом порівняння нуклеотидних послідовностей субодиниці I гену цитохромоксидази (COI) м-ДНК.

Екстракцію та ампліфікацію ДНК проводили в лабораторії молекулярної систематики Інституту ентомології Біологічного центру Чеської академії наук, м. Чеське Будейовіце. ДНК екстрагували з м'язів задніх кінцівок з використанням набору Genomic DNA Mini Kit (Tissue) та протоколу до даного набору (Geneaid ... 2017). Ампліфікацію проводили з використанням праймерів "PatII" та "JerryR". Для секвенування зразки були надіслані в "Macrogen Europe" (Amsterdam, Netherlands).

Аналіз, вирівнювання (за алгоритмом ClustalW) та побудову дерев (Neighbor-Joining методом) проводили з використанням програмного продукту MEGA 12.

### Результати та обговорення

У результаті проведеного секвенування наших зразків *A. femoralis* ми отримали послідовності з близько 1500 пар основ. У базі даних GenBank наявні ваучери для гена COI цього ж виду тільки трьох зразків з Фінляндії (Roslin et al. 2021). Однак дані зразки представлені тільки 658 парами основ. Така ж кількість пар основ у ваучера *M. bipustulatus*, який ми взяли з бази даних GenBank у якості аутгрупи (International Barcode ... 2019).

Результати філогенетичного аналізу популяцій *A. femoralis* представлені у вигляді філогенетичного дерева на рисунку 1.

За результатами порівняння екземплярів *A. femoralis* з різних популяцій можна бачити, що

Таблиця 1. Зразки для філогенетичного аналізу

Table 1. Samples for phylogenetic analysis

№	Вид	Місце збору, дата	Кількість пар основ	Ваучер (GenBank)
U1	<i>A. femoralis</i>	Україна, Одеська обл., ок. с. Затока; 10.06.2018	1493	
U2	<i>A. femoralis</i>	Україна, Закарпатська обл., ок. с. Тийглаш; 03.07.2018	1453	
H3	<i>A. femoralis</i>	Угорщина, Nyíregyháza, Sóstógyógyfürdő; 30.06.2018	1552	
F4	<i>A. femoralis</i>	Фінляндія, Ostrobothnia media, Siikajoki, Tauvo, Munahietä; 24.06.2015	658	MZ659523.1 (Roslin et al. 2021)
G5	<i>M. bipustulatus</i>	Німеччина; 08.05.2009	658	HQ954544.1 (International Barcode ... 2019)

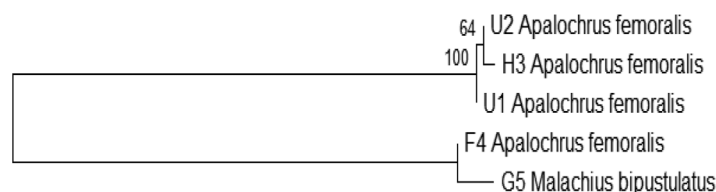


Рис. 1. Філогенетичні взаємозв'язки популяцій *Apalochrus femoralis*

Fig. 1. Phylogenetic relationships between *Apalochrus femoralis* populations

популяції із Закарпатської області України (U2) і Угорщини (H3) є доволі тісно споріднені і утворюють окрему кладу. Однак ця клада має значення бутстреп підтримки 64, що свідчить про помірний рівень достовірності, і, можливо, слід повторно перевірити взаємоспорідненість цих популяцій на більшій кількості зразків.

Ці популяції U2 і H3 групуються з популяцією з Одеської області України (U1), що свідчить про тісний генетичний зв'язок між U1, U2 та H3. Причому значення бутстреп підтримки 100 підтверджує, що ця гілка є «дуже сильна», а результат щодо її спорідненості з U1 і U2 є цілком достовірним, і це вказує на монофілію всіх трьох популяцій. Вочевидь, поширення *A. femoralis* на ці території відбувалося зі спільного центру, яким можуть бути західне Причорномор'я або Східні Балкани.

Фінську популяцію F4 можна охарактеризувати як більш віддалену від кластеру U1, U2, H3. Ймовірно, на віддаленість на даному дереві F4 вплинув той факт, що для аналізу було використано меншу кількість пар основ, ніж для U1, U2 і H3. Проте, на нашу думку, це не могло б суттєво змінити загальну картину, оскільки фінська популяція є значно віддалена і географічно від популяцій в Україні та Угорщині. Однак можливо, що популяція F4 дуже давно ізолювалася від предкового ядра і на сьогодні представляє собою інший підвид, і вирішення цього питання потребує додаткових досліджень.

Аутгрупа G5 відокремлюється раніше всіх інших, підтверджуючи та ілюструючи, що *M. bipustulatus* генетично віддалений від *A. femoralis*, і це підтверджує роль *M. bipustulatus* у якості аутгрупи.

## Висновки

Проведений аналіз дозволяє говорити про близьку спорідненість трьох популяцій *A. femoralis* – з Одеської, Закарпатської областей України та Угорщини, а отже, про їхню спільність у походженні, центром якого могли бути регіони західного Причорномор'я або Східних Балкан. Фінська популяція є чітко відокремлена від українських та угорської, що свідчить про певну географічну ізоляцію.

## Подяки

Роботи у лабораторії молекулярної систематики Інституту ентомології Біологічного центру Чеської академії наук, м. Чеське Будейовице проводилися в межах індивідуального грантового проекту «Biodiversity hot spots in Central Europe: identified using the example of beetles' communities» та за фінансової підтримки Міжнародного Вішеградського фонду, за що ми висловлюємо грантодавцю щирю вдячність. Ми також вдячні Др. Лукашу Чіжеку та Др. Лукашу Драгу за сприяння у проведенні досліджень, всебічну підтримку та допомогу у навчанні основам молекулярно-генетичних досліджень.

- BOCAKOVA, M., CONSTANTIN, R., BOCAK, L. (2012) Molecular phylogenetics of the melyrid lineage (Coleoptera: Cleroidea). *Cladistics*, 28, 117–129. DOI: 10.1111/j.1096-0031.2011.00368.x
- DRAG, L., HAUCK, D., RICAN, O., SCHMITT, T., SHOVKOON, D., GODUNKO, R., CURLETTI, G., CIZEK, L. (2018) Phylogeography of the endangered saproxylic beetle *Rosalia longicorn*, *Rosalia alpina* (Coleoptera, Cerambycidae), corresponds with its main host, the European beech (*Fagus sylvatica*, Fagaceae). *Journal of Biogeography*, 45 (12), 1–14. DOI: 10.1111/jbi.13429
- GENEAID BIOTECH Ltd. (2017) <https://geneaid.com/data/files/1605685391109197921.pdf>
- GIMMEL, M. L., BOCAKOVA, M., GUNTER, N. L., LESCHEN, R. B. (2019) Comprehensive phylogeny of the Cleroidea (Coleoptera: Cucujiformia). *Systematic Entomology*, 44(3), 527–558. DOI: 10.1111/syen.12338
- INTERNATIONAL BARCODE OF LIFE (iBOL) (2019) *Malachius bipustulatus* voucher BC ZSM COLA 00306 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds; mitochondrial. National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/HQ954544.1>
- KELNAROVA, I., JENDEK, E., GREBENNIKOV, V. V., BOCAK, L. (2019) First molecular phylogeny of *Agrilus* (Coleoptera: Buprestidae), the largest genus on Earth, with DNA barcode database for forestry pest diagnostics. *Bulletin of Entomological Research*, 109(2), 200–211. DOI: 10.1017/S0007485318000330
- MAYOR, A. (2007) Family Malachiidae. In: *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 4* (Lobl I., Smetana A., Eds.), Stenstrup, Apollo Books, p. 416.
- MIRUTENKO, V. V., KRAVCHENKO, A. M. (2011) Faunistic review of the malachiid beetles (Insecta: Coleoptera) of Left-Bank Ukraine. *The Kharkov Entomological Society Gazette*, XIX (2), 31–37.
- MIRUTENKO, V., MATELESHKO, O. (2017) The First records of *Apalochrus femoralis* (Coleoptera, Malachiidae) from the Western Ukraine. *Ukrainska Entomofaunistyka*, 8 (2), 9–10.
- ROSLIN, T., SOMERVUO, P., PENTINSAARI, M., HEBERT, P. D. N., AGDA, J., ... & MUTANEN, M. (2021) *Apalochrus femoralis* voucher ZMUO.026458 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds; mitochondrial. National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/MZ659523.1>

- TSHERNYSHEV, S. E. (2015) A review of species of the genus *Apalochrus* Erichson (Coleoptera, Malachiidae). *Zootaxa*, 3941 (3), 358–374, DOI: 10.11646/zootaxa.3941.3.3
- VEREZHAK, N. D., ZAMOROKA, A. M. (2024) Filoheohrafiia rodu tonkokhivistka (*Leptura* Linnaeus, 1758) u Palearktytsi. *Proceedings of Scientific-Practical Conference "XVIII Lviv Entomological School"*. Ivano-Frankivsk – Stara Huta, 14–16, June, 2024, PP. 9–10. (in Ukrainian)
- ZAMOROKA, A. M. (2023) Phylogeny of *Judolia* Mulsant, 1863 (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, 10, 63-75. DOI: 10.15330/jpnbio.10.63-75
- ZAMOROKA, A. M. (2025) Phylogenetic and biogeographic reconstruction of *Lamiini sensu lato* (Coleoptera, Cerambycidae) reveals South Gondwanan origin and Panthalasso-Tethyan dispersal pathways. *Biosystems Diversity*, 33 (1), e2510. DOI: 10.15421/012510



## ОГЛЯД КОЛЕКЦІЇ МОЛЮСКІВ КЛАСУ GASTROPODA, ПІДКЛАСІВ PATELLOGASTROPODA, NERITIMORPHA, VETIGASTROPODA (MOLLUSCA) МУЗЕЮ ПРИРОДИ ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМ. В. Н. КАРАЗІНА

Ірина МОСКАЛЕЦЬ

*Перший та єдиний систематичний каталог Зоологічного Кабінету Імператорського Харківського Університету було надруковано у 1854 році та нараховувал 1397 видів (5444 екз.). Кожна мушля мала унікальний номер, що позначався у каталозі, а види етикетовані. На жаль, рукописний варіант каталогу не зберігся, а також було втрачено частину етикеток. Для того щоб отримати повну інформацію про експонат приходилося зіставляти номер на мушлі із записом в каталозі. З часом колекція мушель поповнювалась із різноманітних джерел. Так, багато етикетованих зразків було доставлено директором Музею природи Харківського університету (1975–1988 рр.) Л.В. Корабельниковим з різних морів Південної півкулі. В різні роки колекцію поповнювали матеріалом з Білого моря, Японського моря та В'єтнаму І. П. Москалець, з о. Куба д.б.н. О. М. Сумароков та з Австралії доцент кафедри ботаніки Харківського університету к.б.н. І. В. Друльова та ін. Рідкісні мушлі з узбережжя Антарктиди доцентом кафедри зоології та екології тварин Харківського університету к.б.н. А. Ю. Утевським. Багато мушель гарної якості у тому числі рідкісних було отримано в дар від колекціонера, мецената, депутата Верховної Ради О. Б. Фельдмана. У даному огляді наводиться анований список мушель моллюсків класу Gastropoda, підкласу Patellogastropoda – 4 родини, 14 родів 47 видів, 399 екземплярів, підкласу Neritimorpha – 2 родини, 14 родів, 38 видів, 1086 екземплярів та підкласу Vetigastropoda – 10 родин, 45 родів, 146 видів, 1189 екземплярів, що зберігаються у Музеї природи Харківського національного університету ім. В. Н.Каразіна.*

**Ключові слова:** черевоногі моллюски, анований список, наукові бази даних, Україна, систематичний каталог І. А. Криницького.

Музей природи, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, вул. Трінклера, 8, Харків, 61058, Україна; e-mail: [imoskalets@gmail.com](mailto:imoskalets@gmail.com)

### **Review of the collection mollusk shells (Mollusca: Gastropoda), Subclass Patellogastropoda, Subclass Neritimorpha, Subclass Vetigastropoda, which deposited in Museum of Nature of V.N. Karazin Kharkiv National University Moskalets I.**

*The first and the only one systematic catalogue of exhibits of the Zoological Cabinet of the Imperial Kharkiv University was published in 1854 and moved 1397 species (5444 specimens). Each shell had unique number, which was indicated in the catalog. Over time, the collection of shell was replenished from various sources. So, many labeled specimens were delivered the director (1975–1988 years) of the Museum of Nature of Kharkiv University L. Korabelnikov from different seas of the hemisphere. The collection was completed with material from White Sea, Japan Sea and Vietnam by I.P. Moskalets, from Cuba by DBS O.M. Sumarokov and from Australia by Associate Professor of Department of Botany of Kharkiv University CBS I.V. Drulova et al. in different years. Rare shells from the coast of Antarctica by an Associate Professor of Department of Zoology and Ecology of Kharkiv A. Yu. Universky. Many shells of good quality, including rare ones, were received as a gift from collector, a member of the Ukrainian parliament and member of the Supreme Soviet O. Feldman. In current article the annotated checklist of gastropods mollusk shells is provided and consists of 4 families, 14 genera, 47 species, 399 specimens from Subclass Patellogastropoda, 2 families, 14 genera, 38 species, 1086 specimens from Subclass Neritimorpha and 10 families, 45 genera, 146 species, 1189 specimens from Subclass Vetigastropoda, which deposited in Museum of Nature of V. N. Karazin Kharkiv National University.*

**Key words:** gastropods, annotated checklist, scientific database, Ukraine, I. A. Krynytsky systematic catalogue.

Museum of Nature of V. N. Karazin Kharkiv National University, Trinkler Str., 8, Kharkiv, 61058 Ukraine; e-mail: [imoskalets273@gmail.com](mailto:imoskalets273@gmail.com)

## Вступ

Перше зібрання мушель до Зоологічного Кабінету Імператорського Харківського Університету було придбано у 1809 році у Ганноверського аптекаря Андре та нараховувало 219 екземплярів. Під час керування кабінетом І. А. Криницьким з 1826 року по 1838 рік колекція мушель була приведена у систематичний порядок та збільшилась до 1991 екземплярів. З 1838 року по 1841 рік Зоологічним Кабінетом керував І. Й. Калініченко. За цей час колекція мушель збільшилась за рахунок придбаних у вдови Криницького, експедицій до Криму та Кавказу та експедицій С. Петербургського Університету до 5366 екземплярів. У першому систематичному каталозі, що вийшов у 1854 році (Рис. 1) нараховувалося 1397 видів (5444 екз.) мушель.

Кожна мушля мала унікальний номер, що позначався у каталозі, а види етикетовані. На жаль, рукописний варіант каталогу не зберігся, а також було втрачено частину етикеток. Для того щоб отримати повну інформацію про експонат приходилося зіставляти номер на мушлі із записом в каталозі. З часом колекція мушель поповнювалась із різноманітних джерел. Так, багато етикетованих зразків було доставлено директором Музею природи Харківського університету (1975–1988 рр.) Л. В. Корабельниковим з різних морів Південної півкулі. Автором колекція була поповнена особистими зборами з Білого моря (1979 р.), Японського моря (1989 р.) та В'єтнаму (2007 р.). Невеличка кількість мушель зібраних на о. Куба у 1991 році була подарована музею д.б.н. О.М.Сумароковим. У 1997 році доцент

кафедри ботаніки Харківського університету к.б.н. І.В.Друльова подарувала музею мушлі зібрані в Австралії. У 2004 році доцент кафедри зоології та екології тварин Харківського університету к.б.н. А.Ю.Утевський поповнив колекцію рідкісними мушлями, що були зібрані ним у продовж експедиції до Антарктиди. З 1998 року по теперішній час багато мушель гарної якості у тому числі рідкісних було отримано в дар від колекціонера, мецената, депутата Верховної Ради О. Б. Фельдмана.

## Матеріали і методи

Для визначення видової належності були використані відповідні визначники (Anistratenko et al. 2011; Kantor, Sysoiev, 2007; Abbott, Dance 2000; Ansew, Goto 1996; Howorth 1978; Wilson 1994). Види наведені згідно з сучасною системою (Bouchet, Rocroi 2017).

У списку наведена тільки інформація яка вказана на етикетках. Кожна мушля була оздоблена інвентарним номером та занесена до інвентарної книги Музею природи.

Прийняті скорочення:

вдсх. — водосховище

гл. — глибина

екз. — екземпляр

м. — мис

НПП — Національний природний парк

о. — острів

обл. — область

р. — ріка

р-н — район

смт — селище міського типу

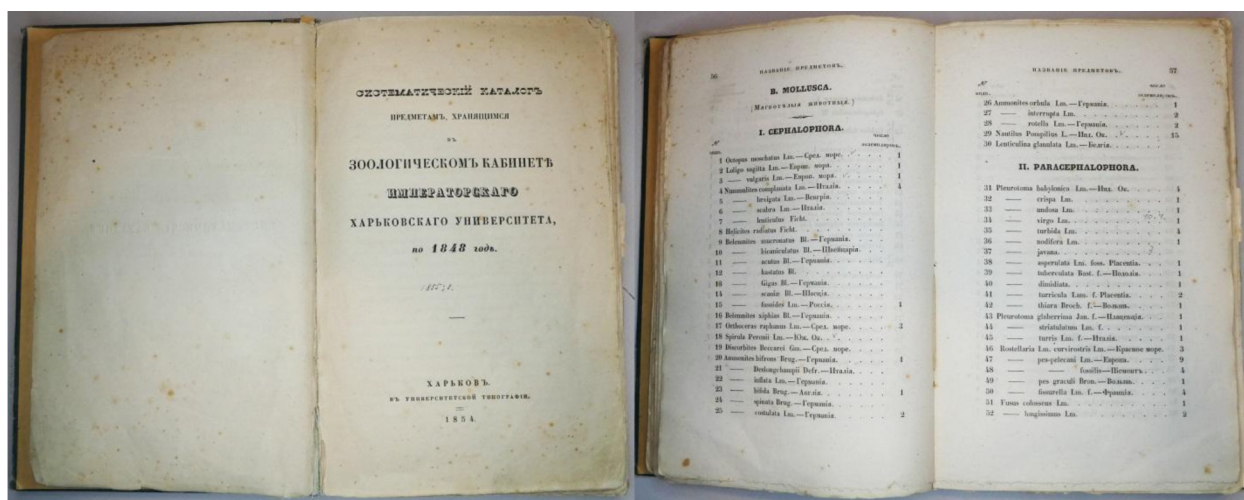


Рис. 1. Перше видання систематичного каталогу колекції Зоологічного Кабінету Імператорського Харківського Університету (Фото Ю. Гуглі)

Fig. 1. The first edition of the systematic catalog of the collection of the Zoological Cabinet of the Imperial Kharkiv University (Foto by Yu. Guglya)

## Результати та обговорення

У даній статті представлений огляд колекції мушель молюсків класу Gastropoda, що зберігаються у Музеї природи Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, а саме підкласу Patellogastropoda – 4 родини, 14 родів, 47 видів, 399 екземплярів; підкласу Neritimorpha – 2 родини, 14 родів, 38 видів, 1086 екземплярів та підкласу Vetigastropoda – 10 родин, 45 родів, 146 видів, 1189 екземплярів.

### Підклас Patellogastropoda

#### Родина Lepetidae Gray, 1850

*Lepeta* Gray, 1842

*Lepeta caeca* (Müller, 1776): (2 екз.) о. Сахалін, 1982 р., гл. 4 м, на скелі.

#### Родина Lottiidae Gray, 1840

*Astaea* Eschscholtz, 1833

*Astaea mitra* Rathke, 1833: (2 екз.) Тихоокеанське узбережжя Північної Америки.

*Eoastrea* T. Nakano & Ozawa, 2007

*Eoastrea pustulata* (Helbling, 1779): (12 екз.) о. Куба, 1968 р., на березі (Бочкарьова Н.).

*Lottia* Gray, 1833

*Lottia antillarum* (Sowerby, 1834): (3 екз.) Карибське море.

*Lottia cubensis* (Reeve, 1855): (5 екз.) о. Куба, 1968 р., на березі (Бочкарьова Н.).

*Lottia gigantea* (Gray in Sowerby, 1834): (1 екз.)

Тихоокеанське узбережжя Північної Америки.

*Lottia leucopleura* (Gmelin, 1791): (5 екз.)

1854 р.; (10 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі (Сумароков О.М.).

*Lottia pelta* (Rathke, 1833): (30 екз.) Японське море, затока Петра Великого, 1980 р., літораль (експедиція Музею природи); (3 екз.) там же, 1981 р., на березі; (експедиція Музею природи); (10 екз.) там же, 1989 р., літораль, гл. 0,5 м (Москалець І.П.).

*Lottia scutum* (Rathke, 1833): (1 екз.) о. Сахалін, 1980 р., на березі.

*Neveotectura* Habe, 1944

*Neveotectura pallida* (Gould, 1859): (5 екз.) о. Сахалін, південна частина, 1950 р, на березі; (14 екз.) Японське море, затока Петра Великого, 1980 р., на березі (експедиція Музею природи); (12 екз.) там же, о. Попова, 1989 р., літораль, гл. 0,5 м, серед каміння (Москалець І.П.).

*Patelloida* Quoy & Gaimard, 1834

*Patelloida latistrigata* (Angas, 1865): (6 екз.) південна Австралія (Корабельніков Л.В.).

*Patelloida saccharina* (Linnaeus, 1758): (3 екз.).

*Patelloida saccharinoides* Habe & Kosuge, 1966: (9 екз.) 1848 р.

*Scurria* Gray, 1847

*Scurria viridula* (Lamarck, 1819): (1 екз.).

*Testudinalia* Moskalev, 1966

*Testudinalia testudinalis* (Müller, 1776): (5 екз.)

Баренцове море, о. Ворон'ї Лудки, 1969 р., верхня сублітораль (Мурахвері О. М.); (58 екз.) Біле море, 1979 р., гл. 0,5 м, серед каміння (Москалець І. П.).

#### Родина Nacellidae Thiele, 1891

*Cellana* Adams, 1869

*Cellana capensis* (Gmelin, 1791): (6 екз.) 1848 р.

*Cellana conciliate* Iredale, 1940: (4 екз.) Австралія, Новий Південний Уельс, Batmens Bay, Lilly Pilly, 1997 р., на березі (Друльова І. В.).

*Cellana nigrolineata* (Reeve, 1839): (2 екз.) 1848 р.

*Cellana ornate* (Dillwyn, 1817): (1 екз.) Нова Зеландія (Корабельніков Л.В.).

*Cellana radians* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Нова Зеландія, 1854 р.

*Cellana radiata* (Born, 1778): (2 екз.) 1848 р.

*Cellana sandwicensis* (Piese, 1861): (3 екз.).

*Cellana testudinaria* (Linnaeus, 1758): (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (2 екз.) 1981 р.

*Nacella* Schumacher, 1817

*Nacella concinna* Strebet, 1908: (1 екз.)

о. Калінгер, станція «Академік Вернадський», 2004 р. (Утевський А. Ю.); (2 екз.), Антарктида, Аргентинські острови, 65°15' S; 64°16' W, 12.2003–02.2004 р. (Утевський А. Ю.).

*Nacella deaurata* (Gmelin, 1791): (3 екз.) Магеланова протока, 1854 р.; (2 екз.), 1981 р.; (2 екз.).

*Nacella fuegiensis* (Reeve, 1855): (1 екз.) Аргентина, Вогняна Земля, протока Бігль, 54°57,31' S; 66°63,18' W, 2004 р., гл.18 м (Утевський А. Ю.).

*Nacella magelanica* (Gmelin, 1791): (2 екз.) Магеланова протока, 1854 р.; (3 екз.) Вогняна Земля, Lapatica Bay, 2004 р. (Утевський А.Ю.).

#### Родина Patellidae Rafinesque, 1815

*Symbula* H. Adams & A. Adams, 1854

*Symbula compressa* (Linnaeus, 1758): (6 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (1 екз.) 1984 р.

*Symbula granatina* (Linnaeus, 1758): (17 екз.) Антильські острови, 1848 р.; (4 екз.) 1848 р.

*Symbula miniata* (Born, 1778): (13 екз.) Африка, 1848 р.

*Symbula oculus* (Born, 1778): (3 екз.) Африка, 1848 р.; (1 екз.) 1874 р.

*Helcion* Montfort, 1810

*Helcion dunkeri* (Krauss, 1848): (1 екз.) південна Африка (Корабельніков Л. В.).

*Patella* Linnaeus, 1758

*Patella aspera* Röding, 1798: (1 екз.) Середземне море, 1848 р.; (1 екз.) 2003 р.



*Patella caerulea* (Linnaeus, 1758): (2 екз.) Адриатичне море, 1957 р.  
*Patella depressa* Pennat, 1777: (5 екз.) 1848 р.  
*Patella ferruginea* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Середземне море, 1848 р.; (1 екз.) 1875 р.  
*Patella pectunculus* (Gmelin, 1791); (1 екз.) Середземне море, 1848 р.; (3 екз.) 1875 р.  
*Patella pellucida* (Linnaeus, 1758): (2 екз.) Європа, 1848 р.  
*Patellaulyssiponensis* Gmelin, 1791:(3 екз.) Чорне море, 1875 р.; (9 екз.) Чорне море, 1877 р.; (2 екз.) Чорне море, 1958 р., на березі (Колодько К. М.); (6 екз.) Чорне море, біля Алушти, 07.1970 р., на березі (Стрелков); (45 екз.) Чорне море, 1980 р.  
*Patella vulgata* (Linnaeus, 1758): (6 екз.) Європа, 1848 р.; (6 екз.) Середземне море.  
*Scutellastra* H. Adams & A. Adams, 1854  
*Scutellastra barbara* (Linnaeus, 1758): (3 екз.) Африка, 1848 р.  
*Scutellastra chapmani* (Tenison-Wood, 1876): (1 екз.) 1981 р.; (4 екз.) Австралія, Новий Південний Уельс, Batmen Bay, Lilly Pilly, 1997 р., на березі (Друльова І. В.).  
*Scutellastra cochlear* (Born, 1778): (1 екз.) Африка, м. Доброї Надії, 1848 р.  
*Scutellastra granularis* (Linnaeus, 1758): (4 екз.) Африка, 1848 р.  
*Scutellastra longicosta* (Lamarck, 1819): (1 екз.) Африка, 1848 р.; (1 екз.) *Patella octocostata* Кryn. (Рис. 2, 3, 6).  
*Scutellastra mexicana* (Broderip & Sowerby, 1829): (1 екз.) 1848 р.; (5 екз.).  
*Scutellastra tabularis* (Krauss, 1848): (1 екз.) 1848 р.; (1 екз.) південна Африка, 1998 р. (Від Фельдмана О. Б.)

**Підклас Neritimorpha**  
**Родина Neritidae** Rafinesque, 1815  
*Clypeolum* Recluz, 1842



Рис. 2 *Patella octocostata* Кryn. L 48,4 мм (Фото Ю. Гуглі)

Fig. 2. *Patella octocostata* Kryn. L 48,4 mm (Foto by Yu. Guglya)

*Clypeolum granosum* (Sowerby, 1825): (3 екз.) Гавайські острови, 1877 р.  
*Neripteron* Lesson, 1831  
*Neripteron violaceum* (Gmelin, 1791): (5 екз.) 1875 р.  
*Nerita* Linnaeus, 1758  
*Nerita adenensis* Mienis, 1978: (35 екз.) Червоне море, Єгипет, Хургада, 2008 р., літораль (Фандікова М. В.).  
*Nerita albicilla* Linnaeus, 1758: (1 екз.) південна Африка, м. Доброї Надії, 1848 р.; (2 екз.) 1875 р.; (2 екз.) Червоне море, 2001 р., верхня сублітораль (Ковальчук А. Ф.); (3 екз.) Червоне море, Єгипет, Хургада, 2008 р., літораль (Фандікова М. В.).  
*Nerita aterrima* Gmelin, 1791: (3 екз.) 1848 р.  
*Nerita atramentosa* Reeve, 1855: (2 екз.) Австралія, Новий Південний Уельс, Batmen Bay, Lilly Pilly, 1997 р., на березі (Друльова І. В.).  
*Nerita costata* Gmelin, 1791: (2 екз.) 1875 р.  
*Nerita exuvia* Linnaeus, 1758: (3 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (1 екз.) 1875 р.; (1 екз.) о. Калімантан, 2004 р., на березі (від Фельдмана О. Б.).  
*Nerita fulgurans* Gmelin, 1791: (1 екз.) Атлантичний океан, Бразилія, штат Сеара, порт Камоцин, 2021 р., літораль (від Фельдмана О. Б.).  
*Nerita histrio* Linnaeus, 1758:(1 екз.) південний В'єтнам, о. Фукуок, 03.2007 р., гл. 1м, на камені (Москалець І. П.).  
*Nerita peloronta* Linnaeus, 1758: (4 екз.) Антильські острови, 1848 р.; (15 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі (Сумароков О. М.); (5 екз.) о. Куба, 1973 р., на березі (Бочкарьова Н.).  
*Nerita plicata* Linnaeus, 1758: (1 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (5 екз.) 2006 р.  
*Nerita polita* Linnaeus, 1758: (4 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (2 екз.) Червоне море, 2001 р. верхня сублітораль (Ковальчук А. Ф.); (12 екз.) 2006 р.

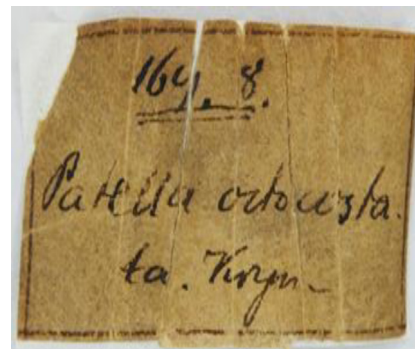


Рис. 3 Оригінальна етикетка мушлі (Фото Ю. Гуглі)  
 Fig. 3. The original shell label (Foto by Yu. Guglya)



- Nerita tessellata* Gmelin, 1791: (8 екз.) Атлантичний океан, 1848 р.; (3 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі (Сумароков О. М.); (9 екз.) о. Куба, 1973 р., на березі (Бочкарьова Н.).
- Nerita textilis* Gmelin, 1791: (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (1 екз.) Індійський океан, Сомалі, 1971 р. (Лужина О. Б.); (9 екз.) о. Куба, 1968 р., на березі (Бочкарьова Н.); (15 екз.) 2016 р.
- Nerita senegalensis* Gmelin, 1791: (1 екз.) Атлантичний океан, 1848 р.
- Nerita undata* Linnaeus, 1758: (2 екз.) 1848 р.; (2 екз.) 2016 р.
- Nerita versicolor* Gmelin, 1791: (8 екз.) Карибське море, Антильські острови, 1848 р.; (34 екз.) Карибське море, 1983 р. (Акуленко); (10 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 1991 р., на березі (Сумароков О.М.).
- Nereina* DeCristofori & Jan, 1832
- Nereina punctulata* (Lamarck, 1816): (5 екз.) 1875 р.
- Neritodryas* vonMartens, 1869
- Neritodryas cornea* (Linnaeus, 1758): (1 екз.), Філіппінські острови, 2016 р.
- Neritodryas dubia* (Gmelin, 1791): (1 екз.) 1848 р.; (1 екз.) Філіппінські острови, 2001 р., (від Фельдмана О. Б.).
- Puperita* Gray, 1857
- Puperita pupa* (Linnaeus, 1758): (3 екз.) без етикеток; (20 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі (Сумароков О. М.).
- Septaria* Férussac, 1807
- Septaria porcellana borbonica* (Boryde Saint-Vincent, 1804): (2 екз.) В'єтнам, 2016 р.
- Smaragdia* Issel, 1869
- Smaragdia rangiana* (Récluz, 1841): (9 екз.) Філіппінські острови, 2021 р. (Від Фельдмана О.Б.).
- Smaragdia viridis* Linnaeus, 1758: (50 екз.) Карибське море, Антильські острови, 1848 р.
- Theodoxus* Montfort, 1810
- Theodoxus astrachanicus* Starobogatov, Filchakov, Antonovaet Pirogov, 1994: (8 екз.) 1875 р.; (3 екз.).
- Theodoxus euxinus* (Clessin, 1885): (35 екз.) Україна: Одеська обл., устя р. Дністер; (166 екз.) Миколаївська обл., біля Миколаїва, 10.05.2007 р., р. Південний Буг (Зіненко О. І.); (17 екз.) Херсонська обл., біля Херсона, 09.06.2008 р., р. Дніпро (Зіненко О. І.); (7 екз.) Чорне море, Чорноморський заповідник, 13.09.2009 р., на березі (Дев'ятко Т. М.).
- Theodoxus flaviatilis* (Linnaeus, 1758): (4 екз.) Україна: біля Херсону, 1848 р.; (1 екз.) Дністровський лиман, 1835 р., на літоралі; (2 екз.) Луганська обл., біля Лисичанську, 11.04.1928 р., р. Сіверський Донець, на березі; (150 екз.) Харківська обл., мисливський заказник «Печенезький», 1958 р., р. Сіверський Донець, на березі (Колодько К. М.); (14 екз.) (8 екз.) біля Ізюма, 1967 р., р. Сіверський Донець; Зачепилівський р-н, селище Малий Орчик, 27.08.1972 р., р. Орель (Ведмедеря В. Й.); (1 екз.) біля селища Богуславка, 19.08.2007 р., вдсх. Червонооскільське (Гугля Ю. О.); (50 екз.) смт Дворічна, 23.09.2012 р., р. Оскіл (Зіненко О. І.); (25 екз.) Сумська обл., біля Сум, 16.08.1969 р., р. Псел (Стрелков Д.); (18 екз.) (35 екз.) Вінницька обл., біля селища Стріжавка, 16.08.1982 р., р. Південний Буг (Жолудь Т. П.); (10 екз.) Миколаївська обл., о-колиці селища Трикрати, НПП «Бузький Гард», 29.06.2010 р., р. Арбузинка (Леженіна І. П.); Росія: Курська обл., біля Рильську, 16.10.1966 р., р. Сейм (Пашков В.).
- Theodoxus pallasi* Lindholm, 1924: (100 екз.) Каспійське море, Дагестан, 1860–1875 рр.; (4 екз.) Каспійське море, 1872 р.; (3 екз.) Каспійське море, південно-західна частина (Сергуладзе В.).
- Vitta* Mörch, 1852
- Vitta meleagris* (Lamarck, 1822): (2 екз.) Карибське море, Сан-Домінго, 1848 р.
- Vitta virginea* (Linnaeus, 1758): (4 екз.) Карибське море, Сан-Домінго, 1848 р.; (75 екз.) 1875 р.; (24 екз.) 1983 р.
- Vitta zebra* (Bruguiere, 1792): (1 екз.) Карибське море, 2016 р.
- Vettina* Barker, 1923
- Vettina coromandeliana* (Sowerby, 1832): (1 екз.) Філіппінські острови, 2001 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Vettina turrita* (Gmelin, 1791): (1 екз.) 1848 р.
- Vettina waigiensis* (Lesson, 1831): (3 екз.) 2016 р.; (1 екз.) Філіппінські острови, 2018 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Родина Heilinidae** Férussac, 1822
- Alcacia* Gray, 1840
- Alcacia major* (Gray, 1824): (1 екз.) о. Ямайка, 1877 р.
- Etoda* H. Adams & A. Adams, 1856
- Etoda sagraiana* (d'Orbigny, 1842): (1 екз.) о. Куба, 2006 р.
- Viana* H. Adams & A. Adams, 1856
- Viana regina* (Morelet, 1849): (2 екз.) о. Куба, провінція Виналес, Сан-Висенте, 2018 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Підклас Vetigastropoda**
- Ряд Pleurotomariida**
- Родина Pleurotomariidae** Swainson, 1840
- Mikadotrochus* Lindholm, 1927
- Mikadotrochus hirasei* (Pilsbry, 1903): (1 екз.) Філіппінські острови, 2019 р. (від Фельдмана О. Б.).

- Bayerotrochus* Harasewych, 2002  
*Bayerotrochus teramachii* (Kuroda, 1955): (1 екз.) Південно-Китайське море, 2001 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Ряд Lepetellida**  
**Родина Haliotidae** Rafinesque, 1815  
*Haliotis* Linnaeus, 1758  
*Haliotis assimilis* Dall, 1878: (1 екз.) Каліфорнійська затока, 2008 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis asinine* Linnaeus, 1758: (2 екз.) Китай, 1848 р.; (2 екз.) 1981 р.  
*Haliotis corrugata* Wood, 1825: (1 екз.) Каліфорнійська затока, 2005 р. (Бондарев І. П.).  
*Haliotis cracherodii* Leach, 1814: (3 екз.) Каліфорнійська затока, 1877 р.  
*Haliotis cyclobates* Peron, 1816: (1 екз.) південна Австралія, біля Единбургу, 2008 р., гл. 10 м, на камені (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis discus* Reeve, 1846: (2 екз.) Японське море, південне Примор'я.  
*Haliotis diversicolor squamata* Reeve, 1846: (1 екз.) 2012 р.  
*Haliotis emma* Reeve, 1846: (1 екз.) Австралія, штат Вікторія, затока Порт-Філіп, 2008 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis fulgens* Philippi, 1845: (1 екз.) Каліфорнійська затока, Мексика, 2025 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis gigantea* Gmelin, 1791: (2 екз.) Японське море, 1876 р. (Савченко С.).  
*Haliotis glabra* Gmelin, 1791: (2 екз.) Австралія, 1848 р.; (4 екз.) Австралія, 1981 р.  
*Haliotis iris* Martin, 1784: (2 екз.) Нова Зеландія, 1883–1877 рр. (Ладин В. А.).  
*Haliotis kamtschatkana* Jonas, 1845: (1 екз.) Тихий океан, південна Аляска, 2008 р., на камені (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis lamellose* Lamarck, 1822: (1 екз.) Середземне море, Італія, 2005 р. (Бондарев І. П.).  
*Haliotis midae* Linnaeus, 1758: (4 екз.) Південна Африка, м. Доброї Надії, 1848 р.; (1 екз.) Південна Африка, 2016 р.; (1 екз.) Південна Африка, 1999 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis multiperforata* Reeve, 1846: (1 екз.) Індійський океан, 2005 р. (Бондарев І. П.).  
*Haliotis mykonosensis* Owen, Hanavan & Hall, 2001: (3 екз.) Середземне море, Греція, 1980 р.  
*Haliotis ovina* Gmelin, 1791: (2 екз.) Індійський океан, 1981 р.; (1 екз.) Індійський океан, 2005 р. (Бондарев І. П.).  
*Haliotis parva* Linnaeus, 1758: (3 екз.) Індійський океан, 1848 р.  
*Haliotis patamakantini* Dekkeretal., 2001: (1 екз.) Тайланд, 2002 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis pustulata* Reeve, 1846: (1 екз.) Червоне море, Синайський півострів, 2008 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis roei* Gray, 1826: (1 екз.) південна Австралія, біля Единбургу, 2008 р., під камінням (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis ruber* Leach, 1814: (1 екз.) Австралія, 2001 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis rugosa* Lamarck, 1822: (1 екз.) Індійський океан, Африка, 1848 р.  
*Haliotis rufescens* Swainson, 1822: (1 екз.) Каліфорнійська затока, 2001 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis scalaris* Leach, 1814: (1 екз.) Австралія, 2006 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis spadicea* Donovan, 1808: (4 екз.) Австралія, 1848 р.  
*Haliotis squamata* Reeve, 1846: (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.  
*Haliotis thailandicus* Patamakanthin, 2002: (2 екз.) Тайланд, 2002 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Haliotis tuberculata* Linnaeus, 1758: (1 екз.) Середземне море, Трієст, 1875 р.; (4 екз.) Середземне море, Європа, 1848 р.  
*Haliotis unilateralis* Lamarck, 1822: (2 екз.) Австралія, 1848 р.  
*Haliotis varia* Linnaeus, 1758: (3 екз.) Індія, 1848 р.; (2 екз.) Індійський океан, 1981 р.  
*Haliotis virginea* Gmelin, 1791: (2 екз.) Нова Зеландія, 1848 р.
- Родина Fissurellidae** Fleming, 1822  
*Amathina* Gray, 1842  
*Amathina tricarinata* (Linnaeus, 1767): (1 екз.) 1981 р.  
*Clypidina* Gray, 1847  
*Clypidina notate* (Linnaeus, 1758): (2 екз.) Середземне море, 1848 р.  
*Dendrofissurella* McLean & Kilburn, 1986  
*Dendrofissurella scutellum* (Gmelin, 1791): (2 екз.) Південна Африка, 1981 р. (Корабельніков Л. В.).  
*Dendrofissurella scutellum hiantula* (Lamarck, 1822): (1 екз.) Індійський океан, 1848 р.  
*Diodora* Gray, 1821  
*Diodora aspera* (Rathke, 1833): (1 екз.) 1884 р.  
*Diodora cayenensis* (Lamarck, 1822): (1 екз.) Карибське море, Гвіана, 1848 р.  
*Diodora dysoni* (Reeve, 1850): (2 екз.) 1981 р.  
*Diodora graeca* (Linnaeus, 1758): (8 екз.) Середземне море, 1848 р.  
*Diodora jukesii* (Reeve, 1849): (1 екз.) 1981 р.  
*Diodora listeri* (d'Orbigny, 1842): (6 екз.) Карибське море, 1981 р.; (5 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі

- (Сумароков О. М.); (4 екз.) о. Куба, 1973 р., на березі (Бочкарьова Н.).  
*Diodora patagonica* (d'Orbigny, 1847): (1 екз.) 1981 р.  
*Fissurella* Bruguière, 1789  
*Fissurella angusta* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Карибське море, 1874 р.  
*Fissurella barbadensis* Gmelin, 1791: (14 екз.) Карибське море, о. Барбадос, 1848 р.; (5 екз.) Карибське море, о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 1991 р., на березі (Сумароков О. М.); (15 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр. (Бочкарьова Н.).  
*Fissurella bridgesi* Reeve, 1849: (1 екз.) 1981 р.  
*Fissurella fascicularis* Lamarck, 1822: (2 екз.) 1981 р.  
*Fissurella maxima* Sowerby, 1835: (1 екз.) 1875 р.  
*Fissurella nodosa* (Born, 1778): (1 екз.) Карибське море, Антильські острови, 1848 р.; (2 екз.) 1875 р.; (5 екз.) Карибське море, біля Гавани, 1983 р. (Акуленко).  
*Fissurella picta* (Gmelin, 1791): (1 екз.) 1875 р.  
*Fissurella radiata* Lamarck, 1822: (5 екз.) Карибське море, Антильські острови, 1848 р.  
*Fissurella rosea* (Gmelin, 1791): (10 екз.) Карибське море, Гвіана, 1948 р.  
*Fissurella virescens* Sowerby, 1835: (2 екз.) 1875 р.  
*Hemitoma* Swainson, 1840  
*Hemitoma octoradiata* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Карибське море, 1981 р.  
*Lucarina* Gray, 1835  
*Lucarina aegis* (Reeve, 1850): (1 екз.) Карибське море, півострів Флорида, 2010 р., гл. 20 м (від Фельдмана О. Б.).  
*Lucarina suffusa* (Reeve, 1850): (1 екз.) Карибське море, 1981 р.  
*Pupillaea* Gray, 1835  
*Pupillaea aperta* (Sowerby, 1825): (1 екз.) Південна Африка, 1981 р. (Корабельніков Л. В.).  
*Scutus* Montfort, 1810  
*Scutus antipodes* Montfort, 1810: (1 екз.) Австралія, 1848 р.; (3 екз.) 1981 р.  
**Ряд Seguenziida**  
**Родина Chilodontaidae** Wenz, 1938  
*Euchelus* Philippi, 1847  
*Euchelus atratus* (Gmelin, 1791): (1 екз.).  
**Ряд Trochida**  
**Родина Calliostomitidae** Thiele, 1924  
*Astele* Swainson, 1855  
*Astele subcarinata* Swainson, 1855: (1 екз.) південна Австралія, 1981 р. (Корабельніков Л. В.).  
*Calliostoma* Swainson, 1840  
*Calliostoma annulatum* (Lightfoot, 1786): (1 екз.) 1848 р.  
*Calliostoma bicingulatus* (Lamarck, 1822): (2 екз.) Карибське море, о. Мартініка, 1848 р.  
*Calliostoma canaliculatum* (Lightfoot, 1786): (1 екз.) Тихий океан, Каліфорнійська затока, 2018 р., на скелі (від Москалець І. П.).  
*Calliostoma conulus* (Linnaeus, 1758): (1 екз.) 1848 р.  
*Calliostoma granulatum* (Born, 1778): (2 екз.) Атлантичний океан, 1848 р.  
*Calliostoma gualterianum* (Philippi, 1848): (5 екз.) Середземне море, 1848 р.  
*Calliostoma jujubinum* (Gmelin, 1791): (1 екз.) 1981 р.  
*Calliostoma zizyphinus* (Linnaeus, 1758): (3 екз.) Середземне море, 1848 р.; (1 екз.) Середземне море.  
*Jujubinus* Monterosato, 1884  
*Jujubinus exasperates* (Pennat, 1777): (6 екз.) Середземне море, 1848 р.  
**Родина Tegulidae** Kuroda, Habe & Oyama, 1971  
*Agathistoma* Olsson & Harbison, 1953  
*Agathistoma excavatum* (Lamarck, 1822): (2 екз.) Карибське море, 2012 р.  
*Agathistoma fasciata* (Born, 1778): (23 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр. (Бочкарьова Н.).  
*Cittarium* Philippi, 1847  
*Cittarium pica* (Linnaeus, 1758): (1 екз.) Атлантичний океан, 1848 р.; (1 екз.) Карибське море, 1883 р.; (1 екз.) 1989 р.; (2 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр., на березі (Бочкарьова Н.); (2 екз.) 2018 р.  
*Rochia* Gray, 1857  
*Rochiaconus* (Gmelin, 1791): (1 екз.) о. Калімантан, 2004 р., на мілководді (від Фельдмана О. Б.).  
*Rochia niloticus* (Linnaeus, 1767): (4 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (3 екз.) Індійський океан, східна Індія, 1883 р.  
*Tectus* Montfort, 1810  
*Tectus dentatus* (Forskål, 1775): (1 екз.) 1875 р.  
*Tectus fenestratus* (Gmelin, 1791): (3 екз.) Індійський океан; (2 екз.) Тиморське море, 7.05.1966 р. (Корабельніков Л. В.).  
*Tectus noduliferus* (Lamarck, 1822): (1 екз.) 1986 р. (Натальський Ю. А.); (1 екз.) Індійський океан, 1983 р. (Акуленко).  
*Tectus pyramis* (Born, 1778): (2 екз.).  
*Tectus triserialis* (Lamarck, 1822): (1 екз.) Філіппінські острови, 2004 р. (від Фельдмана О. Б.).  
*Tegula* Lesson, 1833  
*Tegula argyrostomum* (Gmelin, 1791): (2 екз.) 1883 р.



*Tegula rustica* (Gmelin, 1791): (9 екз.) Японське море, затока Золотий Ріг, бухта Шамора, 1971 р., на березі (Жолудь Т. П.); (3 екз.) о. Сахалін, південна частина, 1983 р., на літоралі.

**Родина Trochidae Rafinesque, 1815**

*Clanculus* Montfort, 1810

*Clanculus coralinus* (Gmelin, 1791): (3 екз.) Середземне море, 1981 р.

*Clanculus jussieui* (Payradeau, 1826): (1 екз.) Середземне море, 1981 р.

*Clanculus pharaonis* (Linnaeus, 1758): (1 екз.) 1848 р.

*Clanculus puniceus* (Philippi, 1846): (1 екз.) 1848 р.

*Gibbula* Risso, 1826

*Gibbula drepanensis* (Brugnone, 1873): (1 екз.) Середземне море, 1981 р.

*Gibbula guttadauri* (Philippi, 1836): (1 екз.) Середземне море, 1981 р.

*Ethalia* H. Adams & A. Adams, 1854

*Ethalia guamensis* (Quoy & Gaimard, 1834): (1 екз.) південний В'єтнам, 2006 р. (від Фельдмана О. Б.).

*Monilea* Swainson, 1840

*Monilea callifera* (Lamarck, 1822): (1 екз.) о. Калімантан, 2004 р., на мілководді (від Фельдмана О. Б.).

*Monodonta* Lamarck, 1799

*Monodonta labio* (Linnaeus, 1758): (1 екз.) Атлантичний океан (?), 1848 р.; (3 екз.) 1983 р.

*Monodonta nebulosa* (Forskål, 1775): (1 екз.) Червоне море; (3 екз.) там же, 2012 р.

*Monodonta* sp.: (1 екз.) *Turbo viridulus* Krym. (Рис. 4, 5).

*Oxestele* Pilippi, 1847

*Oxestele sinensis* (Gmelin, 1791): (2 екз.) Південна Африка, м. Доброї Надії, 1848 р.

*Phorcus* Risso, 1826

*Phorcus lineatus* (daCosta, 1778): (1 екз.) 1984 р.

*Phorcus richardi* (Payradeau, 1826): (1 екз.) Середземне море, Алжир, Анаба, 1971 р. (Гусаков Ю.).

*Phorcus turbinatus* (Born, 1778): (2 екз.) Середземне море, 1848 р.; (2 екз.) Середземне море, Алжир, Анаба, 1971 р. (Гусаков Ю.).

*Pseudostomatella* Thiele, 1924

*Pseudostomatella decolorata* (Gould, 1848): (1 екз.) 1981 р.

*Steromphala* Gray, 1847

*Steromphala adriatica* (Philippi, 1844): (2 екз.) Чорне море, 1848 р.; (5 екз.) Чорне море, узбережжя Кара-Дага, 1965 р. (Якушенко Б. М.); (1 екз.) там



Рис. 4. *Monodonta* sp. (в колекції під назвою *Turbo viridulus* Krym.) L 28,3 мм

Fig. 4. *Monodonta* sp. (in collection named *Turbo viridulus* Krym.) L 28,3 мм

636	—	<i>striatus</i> . L. fofs.—Вольнь.	2
637	—	<i>turgidulus</i> . Broch. fofs.—Вольнь.	2
638		<i>Turbo pagodus</i> . L.—Инд. Океанг.	3
639	—	<i>modulus</i> . L.—Красное море.	4
640	—	<i>labio</i> . Blain.—Атлант. Океанг.	3
641	—	<i>viridulus</i> . Krym.	1
642	—	<i>tesselatus</i> . Gm.—Средиз. море.	1
643	—	<i>canaliculatus</i> . Lm.	8
644	—	<i>fragarioides</i> . Lm.—Средиземное море.	2
645	—	<i>araonis</i> . Bast. foss.—Вольнь.	1
646	—	<i>mamilla</i> . Andrz. foss.—Вольнь и Подолія.	4

Рис. 5. Сторінка із каталогу. Родина Trochidae (Фото Ю. Гуглі)

Fig. 5. Catalog page Familia Trochidae (Foto by Yu. Guglya)

907	—	<i>undecimcostata</i> . Fisch.	1
908	—	<i>cypria</i> . Gm.—Средиз. море.	2
909	—	<i>longicosta</i> . Lm.	1
910	—	<i>luteola</i> . Lm.	1
911	—	<i>octocostata</i> . Krym.	1
912	—	<i>angulosa</i> . Lm.	1
913	—	<i>chlorosticta</i> . Gm.	1
914	—	<i>granularis</i> . Gm.—Европа.	1
915	—	<i>umbella</i> . Gm.—Африка.	2
916	—	<i>miniata</i> . Born.—Африка.	3
917	—	<i>radians</i> . Gm.—Новая Зеландія.	1

Рис. 6. Сторінка із каталогу. Родина Patellidae (Фото Ю. Гуглі)

Fig. 6. Catalog page. Familia Patellidae (Foto by Yu. Guglya)



- же, 11.02.2005 р., на літоралі (Фандікова М. В.); (4 екз.) Чорне море, передмістя Севастополя, 2006 р. літораль; (3 екз.) Середземне море, 1981 р.
- Steromphala albida* (Gmelin, 1791): (3 екз.) Середземне море, 1981 р
- Steromphala cineria* (Linnaeus, 1758): (12 екз.) Середземне море, 1848 р.; (2 екз.) Чорне море, 1875 р.
- Steromphala divaricata* (Linnaeus, 1758): (10 екз.) Чорне море; (5 екз.) там же, 1848 р.; (6 екз.) Чорне море, узбережжя Кара-Дага, 1965 р. (Якушенко Б. М.); (4 екз.) там же, 2005 р., на літоралі (Фандікова М. В.); (22 екз.) Чорне море, північне передмістя Мангалії, Сатурн, 22.07.1986 р., на березі (Жолудь Т. П.); (1 екз.) Чорне море, передмістя Севастополя, 2006 р., літораль.
- Steromphala umbilicalis* (daCosta, 1778): (1 екз.) Середземне море; (17 екз.) там же, 1848 р.
- Thalotia* Gray, 1847
- Thalotia conica* (Gray, 1847): (2 екз.) Австралія, Новий Південний Уельс, Batmen Bay, Lilly Pilly, 1997 р., на березі (Друльова І. В.).
- Trochus* Linnaeus, 1758
- Trochus ferreirai* Bozzetti, 1996: (1 екз.) Філіппінські острови, 2008 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Trochus maculatus* Linnaeus, 1767: (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (3 екз.) там же, 1883 р.; (1 екз.) Індійський океан, атол Каргадок-Карахос, 1978 р. (Шельман Г. Є.); (1 екз.) о. Калімантан, 2004 р., на мілководді (від Фельдмана О. Б.).
- Trochus maculatus verrucosus* Gmelin, 1791: (2 екз.) 1981 р.; (1 екз.) о. Калімантан, 2004 р., на мілководді (від Фельдмана О. Б.); (1 екз.) південний В'єтнам, о. Фукуок, 30.03.2007 р., гл. 1 м, серед каміння (Москалець І. П.).
- Trochus radiatus* (Gmelin, 1791): (4 екз.) 1848 р.
- Trochus spinosus* (Gmelin, 1791): (2 екз.) 1848 р.; (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.
- Umbonium* Link, 1807
- Umbonium costatum* (Kiener, 1838): (7 екз.) Японське море, 1981 р.; (25 екз.) Японське море, затока Пос'єта, бухта Сторожева, 26.07.1980 р., на літоралі.
- Umbonium vestiarum* (Linnaeus, 1758): (11 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (7 екз.) південний В'єтнам, 2008 р. (Єременко В. І.); (4 екз.) 2012 р.
- Родина Angariidae** Gray, 1857
- Angaria* Röding, 1798
- Angaria delphinus* (Linnaeus, 1758): (9 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (1 екз.) Філіппінські острови, 2000 р. (від Фельдмана О. Б.); (1 екз.) там же, 2004 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Angaria melanacantha* (Reeve, 1842): (1 екз.) Філіппінські острови, 2007 р. (від Москалець І. П.).
- Angaria vicdani* Kosuge, 1980: (1 екз.) Філіппінські острови, 2000 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Родина Turbinidae** Rafinesque, 1815
- Astrarium* Link, 1807
- Astrarium stellare* (Gmelin, 1791): (3 екз.) Карибське море, Сан-Домінго, 1848 р.
- Bolma* Risso, 1826
- Bolma girgillus* (Reeve, 1842): (1 екз.) Філіппінські острови, 2000 р. (Від Фельдмана О. Б.); (4 екз.) там же, 2009 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Bolma rugosa* (Linnaeus, 1758): (3 екз.) Середземне море, 1848 р.; (2 екз.) там же, 1884 р.; (2 екз.) там же, 1981 р.; (1 екз.) там же, 1981 р. (Шульман Г. Є.).
- Guildfordia* Gray, 1850
- Guildfordia yoka* Jousseaume, 1888: (1 екз.) Філіппінські острови, 2001 р. (від Фельдмана О. Б.).
- Lithopoma* Gray, 1850
- Lithopoma caelatum* (Gmelin, 1791): (4 екз.) без етикеток; (3 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр., на березі (Бочкарьова Н.).
- Lithopoma phoebium* (Röding, 1798): (3 екз.) 1848 р.; (3 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр., на березі (Бочкарьова Н.).
- Lithopoma tuber* (Linnaeus, 1758): (3 екз.) 1848 р.; (15 екз.) Карибське море, о. Куба, 1968–1973 рр., на березі (Бочкарьова Н.); (1 екз.) Карибське море, 1981 р.; (3 екз.) о. Куба, Тарара, 18 км NE Гавани, 07.1991 р., на березі (Сумароков О. М.); (1 екз.) Карибське море, Коста-Ріка, 08.2016 р., на березі (від Фельдмана О. Б.).
- Lunella* Röding, 1798
- Lunella cinerea* (Born, 1778): (2 екз.) Австралія, 1848 р.
- Lunella smaragdus* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Нова Зеландія, 1875 р.
- Lunella torquata* (Gmelin, 1791): (1 екз.) Австралія, 1981 р.
- Megastraea* McLean, 1970
- Megastraea undosa* (Wood, 1828): 1 екз.
- Potaulax* Gray, 1850
- Potaulax gibberosus* (Dillwyn, 1817): (1 екз.) 1984 р.
- Turbo* Linnaeus, 1758
- Turbo argyrostomus* Linnaeus, 1758: (3 екз.) Індійський океан, 1848 р
- Turbo bruneus* (Röding, 1798): (5 екз.) 1984 р.; (2 екз.) південний В'єтнам, о. Фукуок, 30.03.2007 р., гл. 1 м, серед каміння (Москалець І. П.).
- Turbo canaliculatus* Hermann, 1781: (2 екз.) Середземне море, 1848 р.
- Turbo castanea* Gmelin, 1791: (3 екз.) Карибське море, 1848 р.

- Turbo chrysostomus* Linnaeus, 1758: (2 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (3 екз.) 1983 р.
- Turbo cidaris* Gmelin, 1791: (1 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (1 екз.) 1977 р.
- Turbo cornutus* Lightfoot, 1786: (1 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (3 екз.) Японія, доставлений під час навколосвітньої подорожі на кліпері «Гайдамака», 1877 р. (Савченко П.Н.); 1 екз.
- Turbo imperialis* Gmelin, 1791: (1 екз.) Китай, 1848 р.
- Turbo intercostalis* Menke, 1843:(2 екз.) Індійський океан.
- Turbo magnificus* Jonas, 1844: (1 екз.) 1981 р.
- Turbo marmoratus* Linnaeus, 1758: (3 екз.) Індійський океан, 1848 р.; (3 екз.) там же, 1875 р.; (1 екз.) 1984 р.
- Turbo petholatus* Linnaeus, 1758: (8 екз.) Індійський океан, 1848 р.
- Turbo radiatus* Gmelin, 1791: (2 екз.) Червоне море, 1848 р.
- Turbo sarmaticus* Linnaeus, 1758: (1 екз.) Південна Африка, 2004 р. (Від Фельдмана О. Б.).
- Turbo setosus* Gmelin, 1791: (1 екз.) Індійський океан, Сейшельські острови, 1983 р. (Макурін Ю. А.).
- Uvanilla* Gray, 1850
- Uvanilla buschii* (Pilippi, 1844): (1 екз.) 1984 р.
- Uvanilla olivacea* (Wood, 1828): (2 екз.) Карибське море.
- Родина Phasianellidae** Swainson, 1840
- Phasianella* Lamarck, 1804
- Phasianella australis* (Gmelin, 1791): (7 екз.) Австралія, 1877 р.
- Tricolia* Risso, 1826
- Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758): (5 екз.) Чорне море, узбережжя Кара-Дага, 18.07.1946 р., на літоралі; (3 екз.) там же, 11.02.2005 р., на літоралі (Фандікова М. В.); (5 екз.) Чорне море, 1963 р., на літоралі (Колодько К. М.); (230 екз.) Чорне море, 1981 р.; (300 екз.) Чорне море, північне передмістя Мангалії, Сатурн, 22.07.1986 р., на березі (Жолудь Т.П.); (53 екз.) Чорне море, передмістя Євпаторії, 2016 р., на березі (Падалко В. І.); (3 екз.) Чорне море, узбережжя південного Крима, 2006 р., літораль.

- 
- ABBOTT, R. T., DANCE, S. P. (2000) *Compendium of Seashells*. New York, E. P. Dutton, Inc.
- ANISTRATENKO, V.V., KHALIMAN, Y.A., ANISTRATENKO, O.Yu. (2011) *Molluski Azovskogo moria*. Kyiv, Naukova dumka.
- ANSEEW, P., GOTO, Y. (1996) *The Living Pleurotomariidae*. Osaka, Elle Scientific Publication.
- BOUCHET, P., ROCROI J.-P. (2017) Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families. *Malacologia*, 61(1–2), 526.
- HOWORTH, P. C. (1978) *The Abalone Book*. California, Naturegraph Publication.
- KANTOR, YU. I., SYSOIEV, A. V. (2007) *Morskie i solonovatyie briukhonoogie moliuski Rossii*. Moskva, Tovarishchestvo nauchnykh izdanij KMK.
- WILSON, B. (1994) *Australian Marine Shells*. West Australia, Odyssey Publication.

## GOLDEN JACKAL (*CANIS AUREUS* L., 1758) IN THE FAUNA OF THE TRANSCARPATHIAN REGION

Ludvig POTISH, Mykhailo TOFELIUK, Adalbert POTISH, Boris SHARGA

*The golden jackal (Canis aureus L.) spreads beyond its native areas in Southeastern Europe to the Central and North-Eastern Europe, particularly to the Transcarpathian region of Ukraine. The expansion of golden jackals living areas in the Middle Danube Lowland has been observed since the end of the 20<sup>th</sup> century. In the second decade of the 21<sup>st</sup> century, the golden jackal began to settle in the northern direction along the valleys of the main tributaries of the Tisza River. In this paper we discussed the history and possible causes of golden jackal expansion success in our region. We presented here also the golden jackal skull general morphology and coat fur characteristics based on materials analysis from 10 different age animals collected at various places of Transcarpathia. The presence of young animal supports the idea of local reproduction. The cranium morphology and fur characteristics were typical for the golden jackal. The golden jackal has wide ecological plasticity due to utilizing plants, fruits and animals as feed, scavenger and predator behavior, providing various and plenty fodder components for survival and reproduction. The competition with other predators and scavengers is not significant. The species uses advantages of rural agricultural areas. These allowed golden jackal expand on mostly forest-free places of valleys and on foothills in Transcarpathia.*

**Key words:** golden jackal (*Canis aureus* L.), living area extention, Ukraine, craniological measurements.

Department of Forestry, Uzhhorod National University, 14, Universytetska Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine, e-mail: [ludvig.potish@uzhnu.edu.ua](mailto:ludvig.potish@uzhnu.edu.ua); [mykhailo.tofeliuk@uzhnu.edu.ua](mailto:mykhailo.tofeliuk@uzhnu.edu.ua); [adalber.potish@uzhnu.edu.ua](mailto:adalber.potish@uzhnu.edu.ua); [boris.sharga@uzhnu.edu.ua](mailto:boris.sharga@uzhnu.edu.ua)

### **Шакал золотистий (*Canis aureus* L., 1758) у фауні Закарпатської області**

**Потіш Л., Тофелюк М., Потіш А., Шарга Б.**

*Шакал золотистий (Canis aureus L., 1758) поширюється за межі своїх рідних районів у південно-східній Європі до Центральної та Північно-Східної Європи, зокрема, до Закарпатської області України. Розширення ареалу золотих шакалів у Середньо-Дунайській низовині спостерігається з кінця 20 століття. У другому десятилітті 21 століття золотий шакал почав розселятися в північному напрямку вздовж долин основних приток річки Тиса. У цій статті ми обговорили історію та можливі причини успіху поширення золотистого шакала в нашому регіоні. Тут ми також представили загальну морфологію черепа та характеристики хутра золотого шакала на основі аналізу матеріалів 10 тварин різного віку, зібраних у різних місцях Закарпаття. Наявність молодих тварин підтримує ідею місцевого розмноження. Морфологія черепа та характеристики хутра були типовими для золотистого шакала. Золотистий шакал має широкую екологічну пластичність завдяки використанню тварин та рослин в якості кормової бази. Конкуренція з іншими хижаками є незначною. Вид використовує переваги сільськогосподарських територій. Це дозволило шакалу поширитися на здебільшого безлісних місцях долин та передгір'я в Закарпатті.*

**Ключові слова:** золотистий шакал (*Canis aureus* L.), розширення ареалу, Україна, краніологічні вимірювання, хутро.

Кафедра лісівництва, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, Ужгород, 88000, Україна, e-mail: [ludvig.potish@uzhnu.edu.ua](mailto:ludvig.potish@uzhnu.edu.ua); [mykhailo.tofeliuk@uzhnu.edu.ua](mailto:mykhailo.tofeliuk@uzhnu.edu.ua); [adalber.potish@uzhnu.edu.ua](mailto:adalber.potish@uzhnu.edu.ua); [boris.sharga@uzhnu.edu.ua](mailto:boris.sharga@uzhnu.edu.ua)

### **Introduction**

The causes of species' range expansion remain in a focus of attention of many scientists, especially, ornithologists reporting the geographic range size increase for many bird species in Europe. Much fewer of such examples were observed in mammalian fauna of the continent. Therefore, the appearance of the

common jackal (*Canis aureus* Linnaeus, 1758.) in fauna of Central European countries during the two last decades has aroused keen interest in this phenomenon. The publications from Bulgaria, Romania, Hungary, Serbia, Slovakia, the Czech Republic and Poland appear much less frequently in English, than in state languages of these countries. Thus, information about

this species in Central Europe is rather sparse and fragmentary, if not take into account the history and causes of golden jackal spread in Europe, overviewed by Arnold with co-authors (Arnold et al. 2012) and Spassov with Acosta-Pankov (Spassov, Acosta-Pankov 2019).

To our knowledge, golden jackal spread was not described yet properly in Transcarpathian region of Ukraine also.

The aim of our study was to provide new data on expansion of golden jackal in the Tisza River basin, the part of the Pannonian Lowland, and thus complete the information about this species in the northeastern part of the Middle Danube Lowland.

### Material and methods

The monitoring of this species began in 2004 after we received the information about unusual canid killed at hunting in the 2000–2001 season (Potish 2006). During more than 20 years, by participating in hunts and using questionnaires, interviews, by inspecting private collections and captured animals (including analysis of photos from camera traps and from social networks), we collected the new information about the golden jackal living area expansion on our territory. The region geographically belongs to the Tisza river basin, the largest tributary of the Danube River (Fig. 1).

Special attention we paid for the description of craniological material. Since no special collection was carried out (targeted by a specific research program), the privately collected material (dead animals,

particularly, found hit by vehicles) was treated using generally accepted methods to prepare the skulls ( $n = 10$ ). All specimens used in this work were obtained legally in accordance with the ethic norms and current legislation on the territory of Transcarpathian region of Ukraine. The skull characteristics were analyzed according to the approaches presented by A. Volokh and N. Rozenko (2016).

### Results

The appearance of the jackal in the Transcarpathian region of Ukraine was preceded by its expansion in Hungary (Nagy et al. 2013). There it spread along the two large water arteries, the Danube and Tisza rivers. The northern direction of invasion was confirmed by the detection in Slovakia (Urban et al. 2017) and the Czech Republic (Pyšková et al. 2016).

Its appearance in the upper Tisza basin became understandable (Bashta, Potish 2018). Although the extraction point near the Korolevo Village (48.1546, 23.1352) is more close to the Romanian border than to the Hungarian ones, we consider the golden jackal movement upstream along the Tisza riverbed from Hungary as most evident. The natural jackal spread to the Transcarpathian region of Ukraine can be divided into two periods, 2000–2010 and 2011–2024. The directions and territories chosen by the species are illustrated on the map in shaded areas (Fig. 2).

As can be seen from the map of the jackal's invasion during the years 2000–2024, it first migrated in eastern direction of the region along the riverbed



Fig. 1. Transcarpathian region of Ukraine, the Central European region



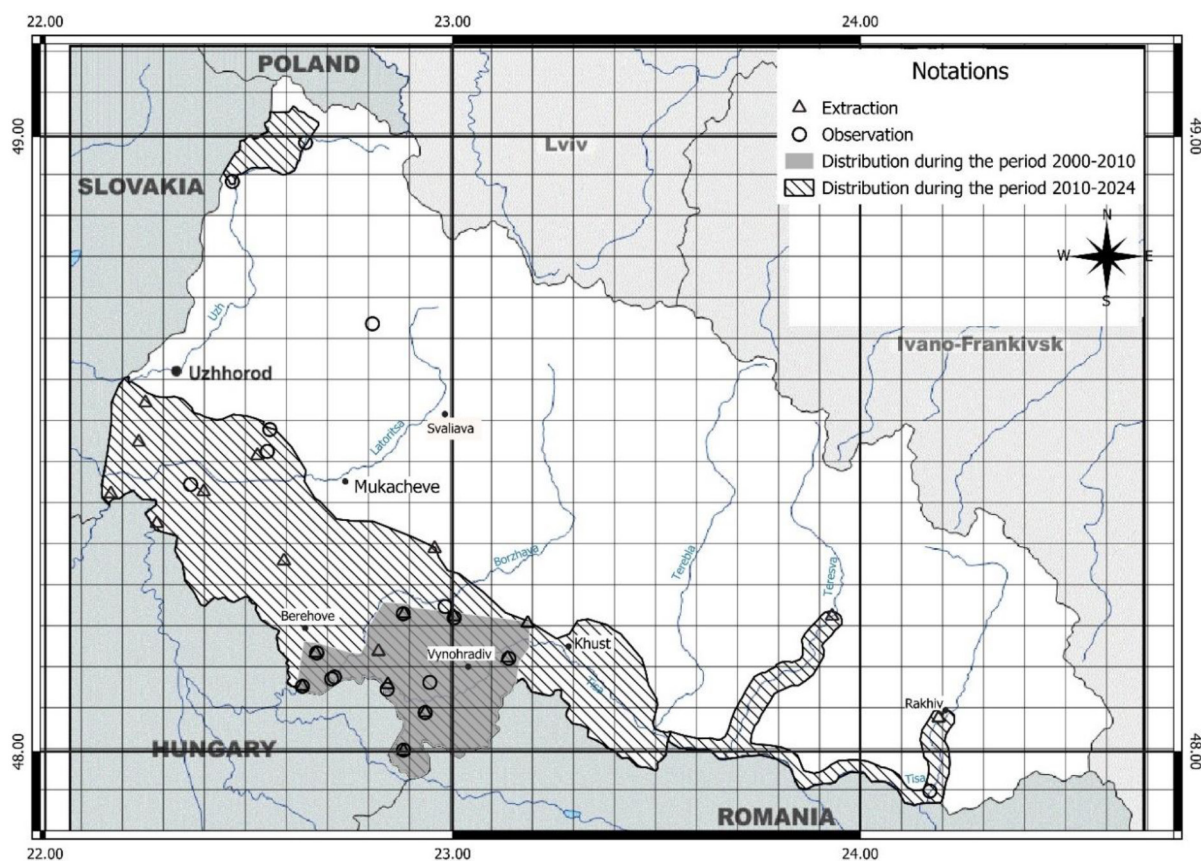


Fig. 2. Golden jackal (*Canis aureus* L.) invasion in the territory of Transcarpathia

of the Tisza and only from the second decade the direction changed to north-eastern and northern. The analysis of the golden jackal detection dates and hunting periods demonstrates that the animal was observed mainly in the autumn and winter times. The predominance of jackal encounters in winter and its correlation with winter hunting is mainly due to the specifics of game management in the region. November-January is the time of most extensive hunting of fur-bearing animals, when a large number of hunters organized to participate in the hunt. Rare spring and summer encounters of jackals are recorded mainly by the gamekeepers as a part of their work duties and less often, when they organize individual hunting for male roe deer.

In our opinion, the golden jackal settlement along the Tisza riverbed is due to the character of biotope nature of this area. Particularly, the riverbed starting from the Ukrainian state border near the village Vilok (48.1107, 22.8417) and to the village Veriatsia (48.1669, 23.1581) is located in a wide space between two dams. The villages in mainly agricultural areas are situated outside of the floodplain, but at close enough distance. The disturbance factor for the jackal in such conditions is minimal, because floodplains of the Tisza in these lands are used seasonally as pastures and to a lesser

extent as recreation zones during the warm seasons. After the establishment of the “Prytysiansky” regional landscape park in 2009, the exploitation of the floodplains of Tisza and Latorytsia rivers as summer pastures decreased drastically. This allowed golden jackals to inhabit these areas near the Tisza by gradual movement upstream during the first decade of 21<sup>st</sup> century. In its second decade, after appearing in the vicinity of Solomonovo village (48.4321, 22.1618), the species began to occupy the floodplain of the river Latorytsia in the direction to the village Nove Davydkovo (48.4410, 22.6258).

As biotopes the flood-lands of the Tisza and Latorytsia rivers differ from each other. Particularly, here the floodplain area of the Tisza river is larger and represents a middle course of the river, while the floodplain of the Latorytsia river is smaller in area and is the lower, valley part of the river.

The hydrological regimes of these rivers parts differ in duration of flooding also. The floodplain of the Latorytsia river has a longer flooding period. Small settlements and agricultural lands located in valleys and, particularly, close to the floodplains of both rivers in the region. According to Z. B. Nagy with co-authors (Nagy et al. 2013), similar settlements are usual for the Tisza river

basin on the north-eastern part of the Middle Danube Lowland.

Using the main river-beds of the Tisza, Latorytsia, and Borzhava rivers by 2010, the golden jackal began to settle along their numerous tributaries.

The largest Transcarpathian towns Mukachevo (48.4494, 22.7115), and Uzhhorod (48.6212, 22.2891), situated on Latorytsia and Uzh rivers, respectively, represented the serious barriers for further golden jackal spread upstream. Settling north of the settlement zone, the jackal is detected on the outskirts of villages and in bushes along the highways, ditches and ravines.

We think the melioration canals network best serves for golden jackal spread on the territory of Transcarpathian plain. The significant density of villages did not limit the golden jackal invasion, but rather facilitated it. The reports of jackal attacks on poultry and other small domestic animals became more frequent. This suggests the local population of golden jackal increase.

In the second decade of the 21<sup>st</sup> century the golden jackal is found during hunting throughout the foothills of Carpathians. It avoids forests, staying in more or less open areas at the outskirts of villages.

Along the floodplains line Uzhhorod – Seredne – Nove Davydkovo – Dorobratovo – Siltse – Rokosovo – Iza – Zolotarevo – Boroniavo – Bushtyno, the golden jackal's conquest of the Transcarpathian valley and foothills was completed. As of the end of 2024, this animal was first time recorded by a camera trap near the Turia-Poliana village (48.7002, 22.8022) in the basin of the Turia River. According to the guard report of the Uzhansky National Nature Park, the species was noted in the vicinity of the village Zhornava (48.9899, 22.6361) of the Uzhhorod district. In January 2024, one animal was caught not

far from the village of Babychi (48.4399, 22.9052), Mukachevo district.

The collected craniological material allowed us to analyze the age of the capture animals. This was done on the basis of wear of the teeth and ossification of the skull. These data were compared to the collected parameters from other regions of Central Europe (Stoyanov 2020).

Most of the studied crania were from young animals in which the characteristic dentition of the incisors is clearly visible ( $n = 6$ ) (Fig. 3, *a*). Only in four animals ( $n = 4$ ) skulls showed significant wear of the teeth to the crowns (Fig. 3, *b*). The presence of young animals suggesting their possible local birth and good population state.

Thus, we assumed that in the nucleuses of the golden jackal spread zone, namely, the outskirts of the villages Solomonovo (Uzhhorod district) and Korolevo (Berehovo district) the population of the species consists of animals with different age. Further studies of the skulls allowed us to identify more clearly the areas of sustainable existence of the species.

According to the Table 1, the craniological measurements of the skulls of golden jackals collected in the Transcarpathian region showed clear sexual dimorphism expressed as the difference in the skull size between females and males, which is also characteristic of populations described in southern Ukraine (Volokh, Rozenko 2016).

The fur is rather sparse, coarse and dull. The coat is monotonous, agouti with a reddish-golden tint, worse in quality than that of a fox (Fig. 4).

### Conclusions

The expansion of golden jackals in the Middle Danube Lowland has been observed since the end of the 20<sup>th</sup> century. The animal has also advanced

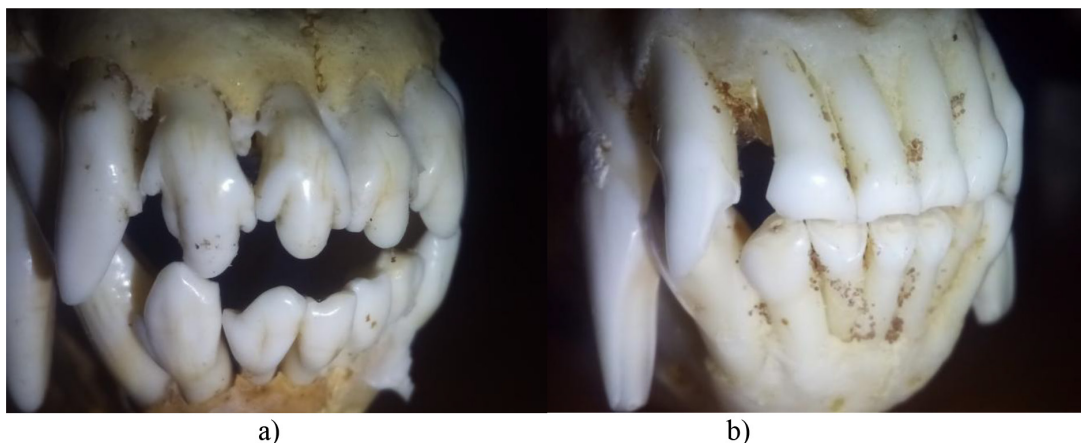


Fig. 3. Characteristic serration of incisors (a) and wear of teeth to crowns (b)

Table 1. Craniometry of the golden jackal in the Transcarpathian region, mm ( $n = 10$ )

Cranium measurements	Mean value		min		max		CV, %	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Condylobasal length	166,43	151,48	162,77	139,72	171,23	160,88	2,31	5,02
Total cranium length	166,99	152,82	163,64	139,8	171,34	163,81	2,35	5,67
Facial part length	97,28	91,73	94,12	84,8	105,23	101,3	4,65	6,55
Neurocranial part length	72,64	63,95	68,91	60,43	76,05	68,7	3,94	5,56
Nasal bone length	55,61	55,04	52,82	50,71	59,15	60,38	4,40	6,69
Hard palate length	84,42	73,79	81,31	65,85	87,49	77,68	2,86	6,20
Upper teeth row length	83,47	77,13	80,38	73,8	85,19	82,47	2,35	4,68
Upper molar row length	59,69	54,84	57,8	51,6	61,37	57,51	2,42	4,84
Lower teeth row length	85,44	77,76	80,17	71,72	87,6	82,06	3,62	5,17
Lower molar row length	65,88	60,95	61,89	58,05	68,03	63,9	3,70	4,46
Zygomatic width	89,3	81,4	86,62	69,32	95,56	88,5	4,18	9,57
Interorbital width	26,35	24,70	24,46	21,55	29,7	27,59	7,50	8,78
Width between supraorbital processes	43,34	39,34	40,44	32,17	46,93	45,38	5,58	13,13
Postorbital width	27,12	26,26	23,9	21,95	32,26	29,95	11,71	13,24
Mastoid width	52,62	41,41	50,31	35,48	53,8	48,74	2,60	11,95
Braincase width	52,13	49,51	51,13	45,8	53,37	51,36	1,67	4,52
Nasal width	27,79	28,63	26,13	27,14	29,61	30,54	4,59	5,30
Width above canines	29,91	27,42	27,63	23,6	32,15	28,88	5,57	7,91
Inter canine width	19,11	17,09	18,64	13,91	19,67	19,41	2,42	11,78
Upper canine width	8,42	7,57	7,36	6,68	10,03	8,26	12,80	8,10
Upper canine height	20,81	17,87	16,7	16,49	25,3	19,62	15,46	7,68
Lower canine width	7,98	6,75	7,5	5,53	8,97	8,06	7,84	16,98
Lower canine height	18,26	15,98	15,74	13,23	19,62	17,8	9,04	10,85
Skull height	58,57	54,26	56,2	49,9	60,2	59,6	2,73	6,71
Mandibular height	47,00	43,25	42,63	34,72	50,03	51,18	6,97	15,87
Mandibular length	121,41	113,61	118,75	103,92	122,92	122,46	1,36	6,36



Fig. 4. Dorsal views of the of the golden jackal (*Canis aureus* L.) skulls (a) and coat (b) collected in Transcarpathian region

to its northeastern part, the upper part of the Tisza river basin (Transcarpathian region of Ukraine). In the research area, the species used floodplains of the Tisza and Latorytsia Rivers as natural corridors for its spread in the eastern direction.

In the second decade of the 21<sup>st</sup> century, the golden jackal began to settle the region in the northern

direction along the valleys of the main tributaries of the Tisza River. In the valleys of Uzh and Latorytsia rivers, the large towns, namely, Uzhhorod and Mukachevo were a restraining factor on the jackal expansion. However, detection of the golden jackal beyond these towns upstream is evidence of its further spread in the northern direction. By migrating along



the Carpathians the species had appeared in Dnister River basin (Zagorodniuk 2014) and with a slight delay spread in the Danube River basin to the north and is actively overcoming the Carpathian ridges along the tributaries of the Tisza River.

## Acknowledgements

We express our deep gratitude to the heads of hunting societies and individual hunters who provided information (sent photos) of encountered golden jackals in the Transcarpathian region.

- 
- ARNOLD, J., HUMER, A., HELTAI, M., MURARIU, D., SPASSOV, N., HACKLÄNDER, K. (2012) Current status and distribution of golden jackals *Canis aureus* in Europe. *Mammal Review*, 42 (1), 1–11. DOI: 10.1111/j.1365-2907.2011.00185.x
- BASHTA, A.-T., POTISH, L. (2018) Current state and further expansion of the Jackal (*Canis aureus*) in the Ukrainian Carpathian area. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Jackal Symposium*, 2018, Marathon Bay, Attica Greece. *Hellenic Zoological Archives*, 9, 109. DOI: 10.13140/RG.2.2.34957.59365
- NAGY, Z. B., RZEPIEL, A., SZABARA, Á., HELTAI, M., CSANYIC, S., LEHOTZKY, P., OZSVARI, L. (2013) Az aranyakál (*Canis aureus*) magyarországi előfordulása, genetikai térképezésének fontossága és génbankjának felhasználási lehetőségei. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 135, 149–158.
- POTISH, L. (2006) The golden jackal *Canis aureus* (Mammalia, Canidae) as a new representative of the fauna of Transcarpathia, Ukraine. *Vestnik zoologii*, 40(1), 80.
- PYŠKOVÁ, K., STORCH, D., HORACEK, I., KAUZÁL, O., PYŠEK, P. (2016) Golden jackal (*Canis aureus*) in the Czech Republic: the first record of a live animal and its long-term persistence in the colonized habitat. *ZooKeys*, 641, 151–163. DOI: 10.3897/zookeys.641.10946
- SPASSOV, N., ACOSTA-PANKOV, I. (2019) Dispersal history of the golden jackal (*Canis aureus moreoticus* Geoffroy, 1835) in Europe and possible causes of its recent population explosion. *Biodiversity Data Journal*, 7, e34825. DOI: 10.3897/BDJ.7.e34825
- STOYANOV, S. (2020) Cranial variability and differentiation among golden jackals (*Canis aureus*) in Europe, Asia Minor and Africa. *ZooKeys*, 917, 141–164. DOI: 10.3897/zookeys.917.39449
- URBAN, P., BUČKO, J., KUŠÍK, P. (2017) Šakal Zlatý na Slovensku – Ako ho vníma verejnosť? (Golden jackal in Slovakia – how is perceived by the public?). *Quaestiones rerum naturalium*, 4 (1), 1–31.
- VOLOKH, A., ROZENKO, N. (2016) Modern Distribution and Morphology of the Golden Jackal (*Canis aureus*) in Ukraine. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, 41, 307–318.
- ZAGORODNIUK, I. (2014) Golden Jackal (*Canis aureus*) in Ukraine: Modern Expansion and Status of Species. *Proceedings of the National Museum of Natural History*, 12, 100–105.



## ПОРУШЕННЯ У СЛИЗОВІЙ ОБОЛОНЦІ ПОРОЖНИНИ РОТА ЩУРІВ ПІСЛЯ СПОЖИВАННЯ НАДЛИШКУ ЦУКРУ І ХЛОРИДУ АЛЮМІНІЮ

Сергій СТРИЖАК<sup>1</sup>, Наталя КИРИЛЕНКО<sup>1</sup>, Ольга МАКАРЕНКО<sup>1</sup>, Людмила ЦЕВУХ<sup>2</sup>

*У роботі вивчали маркери запалення (активність еластази і кислій фосфатази), а також показник мікробної контамінації (активність уреазу) у слизовій оболонці порожнини рота щурів після споживання надлишку цукру і хлориду алюмінію. Досліджували вплив патогенних чинників на активність антиоксидантного захисту та ступінь пероксидації ліпідів у слизовій оболонці порожнини рота щурів. Результати дослідження свідчать про розвиток запальних процесів та розмноження умовно-патогенної мікробіоти у порожнині рота дослідних груп тварин, які у більшій мірі проявились при сукупному споживанні великої кількості цукру з надлишком алюмінію. Спостерігали пригнічення антиоксидантного захисту і, як наслідок – спалах перекисного окиснення ліпідів.*

**Ключові слова:** патогенні чинники, маркери запалення, мікробне обсіменіння, антиоксидантний захист.

<sup>1</sup> Кафедра фізіології, здоров'я і безпеки людини та природничої освіти, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна; e-mail: [kiril-ko@ukr.net](mailto:kiril-ko@ukr.net)

<sup>2</sup> Кафедра терапевтичної та дитячої стоматології, Одеський національний медичний університет, вул. Рішельєвська, 11, Одеса, 65026, Україна; e-mail: [tsevuh1960@gmail.com](mailto:tsevuh1960@gmail.com)

### *Disturbances in the mucous membrane of the oral cavity of rats after consumption of excess sugar and aluminum chloride*

**Stryzhak S.<sup>1</sup>, Kyrylenko N.<sup>1</sup>, Makarenko O.<sup>1</sup>, Tsevukh L.<sup>2</sup>**

*The work studied inflammation markers (elastase and acid phosphatase activity), as well as an indicator of microbial contamination (urease activity) in the mucous membrane of the oral cavity of rats after consuming excess sugar and aluminum chloride. The influence of pathogenic factors on the activity of antioxidant protection and the degree of lipid peroxidation in the mucous membrane of the oral cavity of rats was studied. The results of the study indicate the development of inflammatory processes and the reproduction of opportunistic microbiota in the oral cavity of experimental groups of animals, which were more pronounced with the combined consumption of a large amount of sugar with an excess of aluminum. Suppression of antioxidant protection and, as a result, an outbreak of lipid peroxidation were observed.*

**Key words:** pathogenic factors, markers of inflammation, microbial insemination, antioxidant protection.

<sup>1</sup> Odesa National University named after I. AND. Mechnikova; Department of Physiology, Human Health and Safety and Science Education, st. Dvoryanska, 2, 65082, Ukraine, e-mail: [kiril-ko@ukr.net](mailto:kiril-ko@ukr.net)

<sup>2</sup> Odesa National Medical University, Department of Therapeutic and Pediatric Dentistry, str. Ryshelievskaya, 11, Odesa, 65026, Ukraine, e-mail: [tsevuh1960@gmail.com](mailto:tsevuh1960@gmail.com)

### Вступ

Дослідження впливу на організм людини чинників навколишнього середовища, серед яких важливе місце займає їжа та хімічні сполуки антропогенного і природного походження, на сьогодні вимагає особливої уваги. За сучасних умов існування все більшої актуальності набуває проблема, пов'язана з стрімким забрудненням довкілля різними екзогенними агентами, основними серед яких є важкі метали (Rahimzadeh et al. 2022). Рівень останніх у зв'язку з війною в Україні перевищує допустимі норми в багатьох регіонах.

Одним з таких токсичних елементів є алюміній. Даний мікроелемент виконує важливі функції

в нашому організмі, але при надмірному накопиченні має токсичний вплив на такі органи і системи, як опорно-м'язова, шлунково-кишковий тракт, легені, печінка, нирки та головний мозок. Він має вплив на роботу ендокринної системи, зокрема на рівень гормонів, внаслідок чого спостерігаються порушення репродуктивної функції (Lukiw et al. 2019).

Багато нинішніх продуктів харчування можна розцінювати як джерело можливих захворювань, що виникають у разі їх надмірного споживання. Це зокрема, надлишок цукрів, які надходять в організм людини (Hlukh et al. 2016). Цукор не тільки не несе в собі ніяких поживних речовин, але й збільшує

ризик розвитку серцево-судинних захворювань, викликає порушення роботи імунної системи, процес ожиріння, діабет. Так, основними проявами цукрового діабету у порожнині рота є множинний карієс зубів, пародонтит, стоматит, кандидоз, трофічні розлади слизової оболонки порожнини рота (Son et al. 2021; Haghdoost et al. 2023).

Метою нашої роботи було оцінити порушення у слизовій оболонці порожнини рота щурів після споживання надлишку цукру і хлориду алюмінію.

### Матеріали і методики

Експеримент був проведений на 40 одномісячних самцях лабораторних щурів масою від 50 до 60 г. Щури знаходилися в стандартних умовах віварію, мали вільний доступ до корму та питної води. Тварини були розділені на чотири групи, по 10 щурів у кожній: 1 – інтактна на стандартному раціоні віварію; 2 – високосахарозна дієта; 3 – пероральне введення розчину хлориду алюмінію у дозі 26,7 мг Al/кг; 4 – поєднаний вплив високосахарозної дієти та хлориду алюмінію. Склад високосахарозної дієти наступний: 57 % цукру, 18,5 % сиру, 18,5 % сухарів із пшеничного хліба, 5 % соняшникової олії, 1 % солі, 5 драже «Ундевіта»/кг корма (Khodakov et al. 2023).

Інтоксикацію алюмінієм створювали тваринам 2-ї та 4-ї груп шляхом щоденного перорального введення 12%-го розчину хлориду алюмінію  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  об'ємом 0,2 мл на 100 г маси тіла щурів, що забезпечило надходження цієї форми хлориду алюмінію в організм щурів у дозі 240 мг/кг маси тіла щурів, або чистого алюмінію 26,7 мг/кг на добу. У виборі дози базувалися на інформації про токсичний вплив хлориду алюмінію на формування скелету зародків щурів (Hussein, Mahmoud 2013). У нашій роботі дозу хлориду алюмінію для посилення впливу на тварин збільшили до 240 мг/кг, таку ж дозу алюмінію використовували у попередніх наших дослідженнях (Khodakov et al. 2022).

Тварин виводили з експерименту шляхом тотального кровопускання з серця під тіопенталовим наркозом (20 мг/кг). Виділяли слизову оболонку порожнини рота для приготування гомогенатів в 0,05 М трис-НСІ буфері рН 7,6 з розрахунку 20 мг тканини на 1 мл буфера. В гомогенатах визначали вміст малонового діальдегіду, активність еластази, кислотої фосфатази, уреазы та каталази. Активність кислотої та лужної фосфатази аналізували за гідролізом паранітрофенілфосфату, еластази – за гідролізом N-t-BOC-L-alanine-p-nitrophenyl ester, каталази – за реакцією перекису водню з молібдатом амонію, вміст малонового діальдегіду – за тіобарбітуровою кислотою (Makarenko et al. 2022).

### Результати та обговорення

В таблиці 1 представлені результати дослідження маркерів запалення у слизовій оболонці порожнини рота експериментальних тварин всіх дослідних груп: активності еластази і кислотої фосфатази (КФ), а також показника мікробної контамінації.

Проведений аналіз показав, що у групі щурів, які споживали високосахарозну дієту або отримували розчин хлориду алюмінію, показники досліджуваних маркерів запалення у ротовій порожнині достовірно збільшились. Так, активність еластази підвищилась у 2-ій групі на 65,1 % ( $p < 0,001$ ), у 3-ій – на 61,3 % ( $p < 0,001$ ) та у 4-ій – на 112,3 % ( $p < 0,001$ ,  $p_1 < 0,002$ ,  $p_2 < 0,001$ ). Тканинна еластаза – фермент нейтрофільного походження, відноситься до групи серинових протеїназ. Вважається, що рівень її активності відображає ступінь розвитку запального процесу внаслідок скупченості лейкоцитів у тканинах.

Активність кислотої фосфатази (КФ) не змінилася у слизовій оболонці порожнини рота тварин, що отримували високосахарозну дієту ( $p > 0,8$ ), але підвищилась після інтоксикації хлоридом алюмінію на 27,8 % ( $p < 0,01$ ) та після впливу обох патогенних факторів – на 35,4 % ( $p < 0,02$  і  $p_1 < 0,002$ ,  $p_2 > 0,5$ ). Фермент кисла фосфатаза, міститься у лізосомах і активується при порушенні цілісності мембран, що є ознакою запалення. Першим етапом запалення є альтерація – пошкодження тканини, а значить і мембран, і, як наслідок, вихід лізосомальних ферментів, зокрема кислотої фосфатази, у вогнище запалення.

Таким чином, активація еластази і КФ у порожнині рота дослідних груп тварин під впливом шкідливих факторів свідчить про розвиток запальних процесів, які у більшій мірі проявились за сукупного споживання великої кількості цукру з надлишком алюмінію (Табл. 1).

Активність уреазы, яку вважають маркером мікробного обсіменіння, також зросла у слизовій оболонці порожнини рота щурів внаслідок моделювання патологічних умов. Так у 2-ій групі (високосахарозна дієта) активність уреазы збільшилась на 75,6 %, у 3-ій (розчин  $AlCl_3$ ) – на 52,3 % і максимально у 4-ій групі (поєднання шкідливих факторів) – на 109,3 % ( $p < 0,001$ ,  $p_1 < 0,02$ ,  $p_2 < 0,001$ ; таблиця 1).

Отримані результати говорять про розмноження умовно-патогенної мікробіоти у порожнині рота щурів після утримання їх на високосахарозній дієті або після інтоксикації хлоридом алюмінію, а найбільший рівень мікробної контамінації зареєстровано у слизовій оболонці

Таблиця 1. Показники запалення та мікробної контамінації у слизовій оболонці порожнини рота щурів, які отримували дієту з високим вмістом цукру та хлорид алюмінію

Table 1. Indicators of inflammation and microbial contamination in the oral mucosa of rats fed a high-sugar diet and aluminum chloride

Групи щурів	Активність КФ, мккат/кг	Активність еластази, мккат/кг	Активність уреазы, мккат/кг
Дієта віварію	22,46 ± 1,43	72,93 ± 4,32	0,86 ± 0,06
Високосахарозна дієта (ВД)	22,48 ± 1,35 $p > 0,8$	120,4 ± 7,15 $p < 0,001$	1,51 ± 0,09 $p < 0,001$
Розчин AlCl <sub>3</sub>	28,70 ± 1,70 $p < 0,01$ $p_1 < 0,01$	117,6 ± 8,24 $p < 0,001$ $p_1 > 0,8$	1,31 ± 0,07 $p < 0,001$ $p_1 > 0,1$
ВД + розчин AlCl <sub>3</sub>	30,42 ± 2,15 $p < 0,002$ $p_1 < 0,002$ $p_2 > 0,5$	154,8 ± 6,32 $p < 0,001$ $p_1 < 0,002$ $p_2 < 0,001$	1,80 ± 0,08 $p < 0,001$ $p_1 < 0,02$ $p_2 < 0,001$

Примітка:  $p$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Дієта віварію»;  $p_1$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Високосахарозна дієта»;  $p_2$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Розчин AlCl<sub>3</sub>»

порожнини рота тварин з поєднанням шкідливих факторів.

На наступному етапі досліджували вплив патогенних чинників на активність антиоксидантного захисту та ступінь пероксидації ліпідів у слизовій оболонці порожнини рота щурів. Результати цього аналізу наведені у таблиці 2.

Активність каталази в слизовій оболонці порожнини рота тварин 2-ої групи, яких утримували на високосахарозному раціоні і у щурів 3-ої групи, яким вводили розчин хлориду алюмінію, знизилася приблизно однаково – на 24,2 % і 26,6 %, відповідно. А поєднання шкідливих чинників призвело до більш суттєвого зменшення активності каталази у слизовій оболонці щурів, а саме – на 33,9 % ( $p < 0,001$ ,  $p_1 < 0,002$ ,  $p_2 < 0,05$ , таблиця 2). Каталаза є представником антиокси-

дантної системи і приймає участь у нейтралізації перекису водню до кисню і води. Тому зниження активності цього ферменту може говорити про виснаження антиоксидантного захисту слизової оболонки.

Ослаблення антиоксидантної системи у слизовій оболонці порожнини рота щурів під впливом високого вмісту цукру у дієті, надходження надлишку хлориду алюмінію або сукупність цих факторів викликало інтенсифікацію перекисного окиснення ліпідів, про що свідчило збільшення вмісту кінцевого продукту цього процесу – малонового діальдегіду (МДА). Так, у слизовій оболонці щурів 2-ої групи цей показник зріс на 35,9 % ( $p < 0,002$ ), у 3-ій групі – на 46,6 % ( $p < 0,002$ ) і у 4-ій – на 73,9 % ( $p < 0,001$ ; таблиця 2).

Таблиця 2. Стан антиоксидантно-прооксидантної системи у слизовій оболонці порожнини рота щурів, які отримували дієту з високим вмістом цукру та хлорид алюмінію

Table 2. The state of the antioxidant-prooxidant system in the mucous membrane of the oral cavity of rats that received a diet with a high content of sugar and aluminum chloride

Групи щурів	Активність каталази, мккат/кг	Вміст МДА, ммоль/кг	Індекс АПІ
Дієта віварію	9,20 ± 0,34	14,39 ± 1,0	6,39
Високосахарозна дієта (ВД)	6,97 ± 0,18 $p < 0,001$	19,55 ± 1,1 $p < 0,002$	3,56
Розчин AlCl <sub>3</sub>	6,75 ± 0,21 $p < 0,001$ $p_1 > 0,4$	21,09 ± 1,5 $p < 0,002$ $p_1 > 0,4$	3,20
ВД + розчин AlCl <sub>3</sub>	6,08 ± 0,22 $p < 0,001$ $p_1 < 0,002$ $p_2 < 0,05$	25,03 ± 1,4 $p < 0,001$ $p_1 < 0,002$ $0,05 < p_2 < 0,1$	2,42

Примітки:  $p$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Дієта віварію»;  $p_1$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Високосахарозна дієта»;  $p_2$  – вірогідність відмінностей до показника у групі «Розчин AlCl<sub>3</sub>»

Розрахунок антиоксидантно-прооксидантного індексу (АПІ) більш наочно демонструє встановлені порушення. Якщо у слизовій оболонці щурів 2-ої і 3-ої груп показник АПІ зменшився у 1,8–2,0 рази, то у тварин 4-ої групи під впливом двох шкідливих факторів АПІ знизився у 2,6 рази. Отримані результати свідчать про зрушення балансу у антиоксидантно-прооксидантній системі у бік активації процесів пероксидації.

Таким чином, можна констатувати про негативний вплив як надлишку цукру у дієті, так і алюмінію, а у більшій мірі, сукупності цих чинників, на антиоксидантно-прооксидантну систему слизової оболонці ротової порожнини тварин, а саме – пригнічення антиоксидантного захисту і, як наслідок, спалах перекисного окиснення ліпідів. Останній процес є дуже небезпечним, оскільки є лавиноподібним та руйнує усі структурні компоненти клітин та тканини, що може бути підставою для розвитку запальних і деструктивних явищ у слизовій оболонці ротової порожнини.

## Висновки

У слизовій оболонці порожнини рота щурів, які вживали високосахарозну дієту або отримували розчин хлориду алюмінію, достовірно збільшилися маркери запалення: активність еластази – на 61,3–112,3 %, а кислото фосфатази – на 27,8–35,4 %. Також під впливом патологічних умов зріс і маркер мікробного обміненія (активність уреаз) у порожнині рота щурів на 52,3–109,3 %. Максимальне збільшення показників запалення і мікробної контамінації зареєстровано після сукупного впливу шкідливих факторів на тварин.

Встановлено пригнічення антиоксидантного захисту (активності каталази), і як наслідок – спалах перекисного окиснення ліпідів (вміст малнового діальдегіду) у слизовій оболонці ротової порожнини тварин під впливом дієти, також при введенні надлишку алюмінію, а у більшій мірі – сукупності цих чинників. Активність каталази була зниженою на 24,2–33,9 %, а вміст малнового діальдегіду зріс на 35,9–73,9 %.

- HAGHDOOST, A., BAKHSHANDEH, S., TOHIDI, S., GHORBANI, Z., NAMDARI, M. (2023) Improvement of oral health knowledge and behavior of diabetic patients: an interventional study using the social media. *BMC Oral Health*, 23(1), 359–362.
- HLUKH, O. S., SYMKANYCH, O. I., BESKID, A. M., MOLNAR, D. I. (2016) Bezpeka vykorystannya alyuminiyevoho posudu pid chas pryhotovannya kharchovykh produktiv [Safety of using aluminum utensils during food preparation]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: Khimiia*, 35(1), 84–86. (in Ukrainian).
- HUSSEINH, H., MAHMOUD, M. (2013) Effects of maternal administration of aluminum chloride on the development of the skeletal system of albino rat fetuses-protective role of saffron. *European Journal of Anatomy*, 17(2), 63–71.
- KHODAKOV, I. V., KHROMAGINA, L. M., MAKARENKO, O. A., MUDRYK, L. M. (2023) Modyfikatsiya kazeyino-sakharoznoyi diyety M. S. Buhayovoyi ta S.A.Nikitina (1954) dlya modelyuvannya kariyesu zubiv u shchuriv [Modification of casein-sucrose diet M.S.Bugaiova and S.A.Nikitin (1954) for modeling dental caries in rats]. *Visnyk stomatolohii*, 1 (122), 47, 71–76. (in Ukrainian).
- KHODAKOV, I. V., MAKARENKO, O. A., KOLOMIYCHUK, T. V., SOKOLOV, D. V., BATURIN, D. S. (2022) Doslidzhennya mozhlivosti profilaktyky Minerolom toksychnoho efektu yoniv alyuminiyu na kistkovu tkanynu shchuriv [Research on the possibility of prevention of the toxic effect of aluminum ions on the bone tissue of rats by Mineralom]. *Visnyk ONU, Biolohiya*, 2(51), 88–101. (in Ukrainian).
- LUKIW, W. J., KRUCK, T. R., PERCY, M. E., POGUE, A. I., ALEXANDROV, P. N., WALSH, W. J., SHARFMAN, N. M., JABER, V. R., ZHAO, Y., LI, W., BERGERON, C., CULICCHIA, F., FANG, Z., MCLACHLAN, D. R. C. (2019) Aluminum in neurological disease – a 36 year multicenter study. *Journal Alzheimer's Disease. Parkinsonism*, 8(6), 457–459.
- MAKARENKO, O. A., KHROMAGINA, L. M., KHO-DAKOV, I. V., MAIKOVA, H. V., MUDRYK, L. M., KIKI, V. V., MOHILEVSKA, T. V. (2022) *Metody doslidzhennia stanu kyshechnyku ta kistok u laboratornykh shchuriv. Dovidnyk* [Methods of researching the state of intestines and bones in laboratory rats. Handbook]. Publisher S.L.Nazarchuk, Odesa. (in Ukrainian).
- RAHIMZADEH, M. R., RAHIMZADEH, M. R., KAZEMI, S., AMIRI, R. J., PIRZADEH, M., MOGHADAMNIA, A. A. (2022) Aluminum Poisoning with Emphasis on Its Mechanism and Treatment of Intoxication. *Emergency Medicine International*, 11, 480–553.
- SON, Y. B., KANG, Y. H., LEE, H. J., JANG, S. J., BHARTI, D., LEE, S. L., JEON, B. G., PARK, B. W., RHO, G.J. (2021) Evaluation of odonto/osteogenic differentiation potential from different regions derived dental tissue stem cells and effect of 17β-estradiol on efficiency. *BMC Oral Health*, 21(1), 15–18.



## ОРНІТОЛОГІЧНІ ЗБОРИ З ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ У КОЛЕКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВО-ПРИРОДНИЧОГО МУЗЕЮ НАН УКРАЇНИ

Світлана ТАЙКОВА

У статті представлено результати комплексного наукового опрацювання орнітологічної колекції з території Закарпатської області, яка зберігається у фондах ННПМ НАН України. Дослідження охоплює 651 колекційний екземпляр, що представляє 125 видів із 14 рядів, зібраних у період з 1906 по 1998 рік (з переважною активністю у 1946–1972 рр.), що дозволяє здійснити ретроспективний аналіз змін орнітофауни регіону упродовж другої половини ХХ ст. Зібрані матеріали стали національним надбанням завдяки організованим науковим експедиціям співробітників музею, а також внеску інших орнітологів, місцевих натуралістів і мисливців, які активно сприяли збору орнітологічних матеріалів. Видовий склад колекції охоплює представників різних середовищ існування, від типових високогірних видів до синантропних птахів, що пристосувалися до антропогенних ландшафтів. Серед екземплярів є види птахів, занесені до Червоної книги України, зокрема *Falco naumanni* (8), *Dendrocopos leucotos* (7), *Regulus ignicapilla* (4), *Picoides tridactylus* (3), *Coracias garrulus* (2), *Strix uralensis* (2), *Lyrurus tetrrix* (2), *Tetrastes bonasia* (2), *Tyto alba* (2), *Aquila chrysaetos* (1), *Ciconia nigra* (1), *Columba oenas* (1), *Milvus migrans* (1), *Monticola saxatilis* (1), *Picus viridis* (1), *Prunella collaris* (1), *Sternula albifrons* (1). Особлива увага приділена висвітленню ролі колекторів, серед яких фігурують видатні науковці-орнітологи, такі як О. О. Грабар, О. Б. Кістяківський, В. М. Зубаровський, Д. В. Владишевський, М. Я. Кучеренко, В. М. Лоскот, О. М. Пекло та інші, чий зусилля сприяли формуванню багатой музейної колекції, що сьогодні є національним надбанням ННПМ НАН України. Аналіз даних музейних колекцій дозволяє простежити період, у якому почав проявлятися вплив на Карпатський регіон таких факторів, як кліматичні зміни, деградація природних середовищ та антропогенний тиск, що позначилося на стані популяцій.

**Ключові слова:** зоологічні колекції, Закарпаття, біорізноманіття, історія орнітології.

Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, 01054, Україна; e-mail: [tajkovaveta@gmail.com](mailto:tajkovaveta@gmail.com)

### ***Ornithological collections from the Transcarpathian Oblast in the holdings of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine***

**Tajkova S.**

This article presents the results of a comprehensive scientific study of the ornithological collection from the territory of Transcarpathian Oblast, preserved in the holdings of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine. The study covers 651 specimens representing 125 species from 14 orders, collected between 1906 and 1998, with the majority of specimens gathered between 1946 and 1972. These materials enable a retrospective analysis of changes in the region's avifauna during the second half of the 20th century. The collection has become a national treasure due to organized scientific expeditions conducted by museum staff, as well as the contributions of other ornithologists, local naturalists, and hunters who actively participated in collecting ornithological material. The species composition includes representatives of various habitats, ranging from typical highland species to synanthropic birds adapted to anthropogenic landscapes. Among the specimens are bird species listed in the Red Data Book of Ukraine, including *Falco naumanni* (8), *Dendrocopos leucotos* (7), *Regulus ignicapilla* (4), *Picoides tridactylus* (3), *Coracias garrulus* (2), *Strix uralensis* (2), *Lyrurus tetrrix* (2), *Tetrastes bonasia* (2), *Tyto alba* (2), *Aquila chrysaetos* (1), *Ciconia nigra* (1), *Columba oenas* (1), *Milvus migrans* (1), *Monticola saxatilis* (1), *Picus viridis* (1), *Prunella collaris* (1), *Sternula albifrons* (1). Special attention is given to the role of collectors, including renowned ornithologists such as O. O. Hrabar; O. B. Kistiakivskyi, V. M. Zubarovskiy, D. V. Vladyshevskiy, M. Y. Kucherenko, V. M. Loskot, O. M. Peklo, and others, whose efforts helped form a rich museum collection that now represents part of the national heritage of the NMNH, NAS of Ukraine. The analysis of the museum collection data enables researchers to identify the period during which factors such as climate change, habitat degradation, and anthropogenic pressure began to affect the Carpathian region, impacting local bird populations.

**Key words:** zoological collection, Transcarpathian Oblast, biodiversity, history of ornithology.

National Museum of Natural History, NAS of Ukraine, 15, Bohdan Khmelnytsky Str., Kyiv, 01054, Ukraine; e-mail: [tajkovaveta@gmail.com](mailto:tajkovaveta@gmail.com)

## Вступ

Закарпатська область є одним із найцінніших регіонів України з точки зору біорізноманіття, зокрема орнітофауни. Її виняткове географічне розташування на межі Східної, Центральної та Південної Європи, у поєднанні з великою різноманітністю ландшафтів – від рівнинних ділянок до високогірних екосистем – створює сприятливі умови для існування широкого спектра видів птахів. Цей регіон виступає своєрідним «біо-географічним перехрестям», де зустрічаються представники різних фауністичних комплексів, що робить його надзвичайно привабливим для орнітологічних досліджень – як сучасних, так і ретроспективних.

Кліматичні умови Закарпаття є вкрай мозаїчними і змінюються залежно від висоти, рельєфу та впливу повітряних мас. Регіон охоплює кілька природно-кліматичних зон: Закарпатська низовина характеризується відносно теплим і вологим кліматом; передгір'я й середньогір'я – прохолоднішими умовами з помірним зволоженням; а високогір'я характеризуються підвищеною вологістю та суворими зимами. Така різноманітність середовищ формує різнотипні орнітокомплекси, що включають як низинні, так і альпійські види птахів (Hrabar 1932; Strautman 1948; Kucherenko 1953).

У фондах Національного науково-природничого музею НАН України (ННПМ) зберігається значна за обсягом та видовим складом колекція орнітологічних матеріалів, серед яких помітну частину становлять зразки, зібрані на території Закарпаття. Ці матеріали охоплюють період від середини ХХ ст. до кінця 1990-х років, що дає змогу не лише простежити видовий склад орнітофауни регіону в певні історичні відрізки, але й оцінити зміни у структурі орнітокомплексів під впливом природних і антропогенних факторів. Аналіз таких колекцій відкриває перспективи для дослідження динаміки біорізноманіття, трансформацій ландшафтів та довгострокових тенденцій у поширенні окремих видів.

Також важливим аспектом дослідження є можливість зіставлення колекційних матеріалів з літературними джерелами колекторів, адже в 1950–1980-х роках науковці після кожної експедиції мали зобов'язання не лише поповнювати музейні фонди, а й публікувати статті за їх підсумками (Kistiakovskiy 1950; Sokur 1952; Vladyshevskiy 1960; Zubarovskiy 1977). Ця традиція сприяла систематичному накопиченню даних про орнітофауну регіону, що нині дає змогу аналізувати історичні зміни у видовому складі (Potish 2009).

Особлива увага приділяється видовому складу, географії зборів та хронології цих матеріалів. Аналіз колекції також дає змогу висвітлити внесок окремих дослідників – орнітологів та теріологів (Zagorodniuk 2024) у формуванні фондів надходжень та окреслити перспективи подальших досліджень, пов'язаних із вивченням історичних змін орнітофауни Карпатського регіону. Ця стаття започатковує серію наукових праць, присвячених вивченню орнітологічної колекції ННПМ. У центрі уваги – зразки з різних регіонів країни, які мають як природоохоронну, так і історико-культурну цінність, і є невід'ємною частиною Національної наукової спадщини України.

Метою цієї публікації є систематизація та науковий аналіз орнітологічних зразків, зібраних у різні роки в межах Закарпатської області та збережених у фондах ННПМ.

## Матеріали

У межах планової інвентаризації фондової колекції ННПМ опрацьовано 651 колекційні екземпляри птахів, зібраних на території Закарпатської області у різні історичні періоди. Для дослідження використовували різночасові джерела, які забезпечують комплексний підхід аналізу матеріалів: архівні, історичні журнали (1919, 1948–1949 рр.), що містять інформацію про польові збори та первинні описові характеристики орнітологічних знахідок; сучасні інвентарні книги допоміжного фонду, в яких зафіксовано оновлені дані про збережені музейні зразки та їх систематичну належність; історична картотека фондової колекції, яка включає архівні записи про надходження матеріалів у різні періоди, а також відомості про колекторів та географію зборів; фондова колекція, що є основним джерелом для систематичного аналізу видової та кількісної структури регіональної орнітофауни.

Усі отримані дані були впорядковані відповідно до місця та часу збору зразків із фіксацією їхньої географічної прив'язки, видової належності та інформації про колекторів. Адміністративну належність зазначено за даними етикеток і картотеки, відповідно до адміністративно-територіального поділу, чинного на момент збору матеріалу, а також згідно з літературними даними колекторів.

Для забезпечення порівняльного аналізу, матеріали були розділені на часові періоди, кожен з яких прив'язаний до конкретних етапів польових досліджень та відповідних літературних джерел. У цій роботі ми цитуємо лише публікації, які безпосередньо пов'язані з фондовою колекцією ННПМ або містять на неї посилання.

Видовий перелік подано в алфавітному порядку; латинські назви видів птахів у статті наведено відповідно до сучасної орнітологічної систематики (Gill et al. 2021), а список із наявними числовими даними – за спаданням. Повні етикеткові дані наведені лише для видів, занесених до Червоної книги України. У тексті терміни «одиниця зберігання» (од. зб.), «колекційний екземпляр» (екз.) та зразок вживаються як взаємозамінні.

### **Довідка з історії орнітологічної колекції ННПМ**

Орнітологічна колекція ННПМ є найбільшою за обсягом та науковим значенням в Україні. Її формування розпочалося ще від часу заснування музею, і сьогодні вона налічує понад 40 000 зразків, що репрезентують широке різноманіття орнітофауни. До складу колекції входять тушки птахів (36 528 од. зб.), кладки яєць (2 998 од. зб.) та експозиційні зразки (1 449 од. зб.). Загалом у фондах представлено понад 950 видів птахів. Завдяки значному обсягу та репрезентативності зразків ця колекція є унікальним джерелом для вивчення біорізноманіття та змін у природних середовищах.

Музей пройшов складний і тернистий шлях становлення, що супроводжувався змінами місцезнаходження, численними реорганізаціями, зміною керівників і напрямів діяльності. Впродовж своєї історії він набував різних статусів і підпорядковувався різним науковим та державним установам. Проте, попри всі виклики та труднощі, музей не лише зберіг свою унікальну спадщину, а й невпинно розширював фонди, укріплював науковий авторитет і відіграв ключову роль у розвитку природничої науки в Україні (Zagorodniuk, Ocheretna 2019).

Формування фондів відбувалося завдяки науковій та польовій діяльності провідних українських орнітологів. Найбільший внесок зробили: Ю. В. Костін (2505 екз.), М. І. Головушкін (2500 екз.), О. Б. Кістяківський (2043 екз.), О. М. Пекло (1750 екз.), М. О. Бурчак-Абрамович (1221 екз.), П. К. Верещак (1093 екз.), В. М. Лоскот (1076 екз.), В. Ю. Герхнер (1011 екз.) та інші. Їхня наукова діяльність суттєво збагатила колекцію, яка сьогодні є важливою платформою для досліджень у галузі систематики, зоогеографії та охорони птахів (Barabanova et al. 2019).

Значна частина фондів складається зі зразків, зібраних на території України, серед яких найбільш широко представлені регіони мішаних і листяних лісів, лісостепової зони, Азово-Чорноморського регіону, а також Карпатський і Притисянський райони. Під час планової інвентаризації було досліджено 651 колекційний екземпляр птахів із

Закарпатської області, що є одним із ключових біогеографічних регіонів України.

Аналіз цих матеріалів засвідчив високий рівень збереженості зразків – із загальної кількості лише 14 екземплярів мали частково втрачені або неповні етикетки, тоді як 637 супроводжувало повне маркуваннями, що дає змогу чітко ідентифікувати їх за видом, місцем, часом збору та колектором.

### **Результати**

#### **Внески дослідників**

Аналіз колекції птахів, зібраних у різних районах Закарпаття, дав змогу простежити внесок окремих дослідників. У підсумку узагальнено відомості про 18 колекторів, які проводили збори на території 12 районів області, чинних на час здійснення зборів (Табл. 1).

Хронологічний аналіз показує, що найбільш інтенсивні орнітологічні дослідження в Закарпатті проводили у період з 1946 по 1983 рік, коли було здійснено найбільше надходжень до музейних фондів. Однак серед матеріалів зберігається унікальний, винятковий зразок, датований ще 1906 р. – це екземпляр *Buteo buteo*, здобутий у жовтні 1906 р. в околицях Ужгорода (№ 21652/121, О. О. Грабар). Сам зразок має не лише наукову, а й історичну цінність (рис. 1).

Систематичне накопичення колекційних матеріалів у музеї створило унікальну базу для ретроспективного аналізу змін у видовому складі птахів Закарпаття. Завдяки внеску багатьох дослідників ці зразки є важливим джерелом для оцінки впливу екологічних факторів та антропогенних змін на орнітофауну регіону.

#### **Експедиційні дослідження у 1946 році**

Повоєнний період ознаменувався активними орнітологічними дослідженнями на території Закарпаття, що сприяло значному поповненню музейних фондів. Однією з таких наукових ініціатив стала експедиція-розвідка О. Б. Кістяківського, І. Т. Сокура та Г. В. Модіна, проведена влітку 1946 р. Зокрема, у серпні та вересні вони працювали в Берегівському районі, де вдалося зібрати *Ciconia nigra*, *Astur gentilis* та *Coccothraustes coccothraustes*.

Під час тієї ж експедиції в Свалявському районі було зібрано: 3 екземпляри *Cinclus cinclus*, а також по одному зразку *Dendrocopos leucotos*, *Motacilla cinerea*, *Picus canus*, *Picus viridis*, *Sylvia atricapilla*, *Turdus merula* і *Turdus philomelos*.

Важливе наукове значення мають дані про червонокнижних птахів, зокрема згадки у роботі О. Б. Кістяківського (Kistiakovskiy 1950) про

Таблиця 1. Зведені дані про колекторів, які проводили збори в межах адміністративних районів області, чинних на час здійснення зборів

Table 1. Summary data on collectors who conducted collections within the administrative districts of the region, valid at the time of collection

Колектор	Адміністративні райони													
	Берегівський	Великобрезнянський	Виноградівський	Іршавський	Міжгірський	Мукачівський	Перечинський	Рахівський	Свалявський	Тячівський	Ужгородський	Хустський	Немає даних	Разом
Кістяківський О. Б.	200		23				39	160		23	42		9	496
Владишевський Д. В.								57					1	58
Лоскот В. М.		2		8	1	12	3	1						27
Модін Г. В.	4								2				4	10
Пекло О. М.	3					7								10
Теребков В. П.	8												1	9
Зубаровський В. М.								7						7
Воїнственський М. А.					3			2						5
Тягунов О. С.					5									5
Антонович В. А.							2			1				3
Кобаль Ю. І.								3						3
Крижанівський В. І.					2									2
Сокур І. Т.	1							1						2
Абелєнцев В. І.											1			1
Гера Г. П.								1						1
Грабар О. О.											1			1
Кучеренко М. Я.										1				1
Орлов П. П.													1	1
Колектор невідомий	1	1						1		2		1	3	9
Разом	217	3	23	8	11	19	44	233	2	27	44	1	19	651



Рис. 1. Колекційний екземпляр *Buteo buteo* № 21652/121, кол. О. О. Грабар

Fig. 1. Collection specimen *Buteo buteo* No. 21652/121, coll. O. O. Grabar

*Ciconia nigra*, здобутого під час цієї експедиції, птах був у ювенільному вбранні. Зразок і досі зберігається в музеї під інвентарним номером 16730/3 (ур. Оток, І. Т. Сокур) (Рис. 2).

Також до фондової колекції входять *Dendrocopos leucotos* (№ 15305/54, ♂, 23.08.1946, верхів'я р. Боржава, Г. В. Модін) та *Picus viridis* (№ 21087/48, ♂, 05.09.1946, ур. Оток, Г. В. Модін).



Рис. 2. Колекційний екземпляр *Ciconia nigra* № 16730/3, ур. Оток, кол. І. Т. Сокур

Fig. 2. Collection specimen *Ciconia nigra* No. 16730/3, loc. Otok, coll. I. T. Sokur

#### Експедиційні дослідження 1947–1948 років

Колекційні матеріали, зібрані у цей період, мають значну наукову цінність, адже саме на їх основі була підготовлена та опублікована праця О. Б. Кістяківського «Птахи Закарпатської області» (Kistiakovskiy 1950), що стала вагомим внеском



у вивчення орнітофауни регіону. Значна частина зібраного колекційного матеріалу була детально описана в цьому дослідженні, що дозволило науковцям отримати цілісне уявлення про видовий склад птахів Закарпаття середини ХХ ст.

За спогадами самого О. Б. Кістяківського, під час експедиції 1947 р. було зібрано 303 екз. птахів, а у 1948 р. – ще 260 екз. До складу експедиційної групи входили вчені І. Т. Сокур, В. І. Абеленцев, В. О. Антонович та В. П. Тербков (Рис. 3).



Рис. 3. Учасники експедиції 1947 року в Карпатах (Фото з архіву І. Т. Сокура, люб'язно надане І. В. Загороднюком для цієї публікації)

Fig. 3. Participants of the 1947 expedition in the Carpathians (Photo from the archive of I. T. Sokur, kindly provided by I. V. Zagorodniuk for this publication)

Дослідження розпочалися 2 травня 1947 р. на Бахтинській дослідній станції. З 3 до 23 травня активний збір матеріалу тривав в ур. Оток, яке, згідно з описом О. Б. Кістяківського, являло собою 100-річний дубовий ліс, розташований на заплавному острові р. Боржава.

24–25 травня здійснювалися обстеження Рафайлівського дубового лісу та болотистого узбережжя р. Мала Боржава. З 26 травня до 4 червня роботи проводили у високогірному районі Карпат, біля с. Богдан, на території з переважанням ялиново-смерекових лісів з домішками бука. 4–6 червня учасники експедиції досліджували масив г. Говерли та прилеглі полонини, зокрема підніжжя гори, субальпійську зону її південного схилу із заростями гірської сосни та вільхи, а також полонини Говерли і Петроса (Kistiakovskiy 1950).

У ході цих досліджень до фондової колекції Національного науково-природничого музею було внесено 295 колекційних екземплярів, зібраних у 1947 році. Вони охоплюють 93 види птахів. Важливе місце займає інформація про птахів, занесених до Червоної книги: *Falco naumanni* (№ 16721/16, ♂, 08.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16719/14, ♀, 09.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16716/11, ♂, 10.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16720/15, ♂, 10.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16715/10, ♀, 13.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16717/12, ♀, 17.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16718/13, ♂, 19.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський). *Dendrocopos leucotos* (№ 16201/88, ♀, 07.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський; № 16199/86, ♀, 29.05.1947, смт. Богдан, О. Б. Кістяківський). *Columba oenas* (№ 16734/27, ♂, 04.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський); *Coracias garrulus* (№ 16689/73, ♂, 05.05.1947, ур. Оток, О. Б. Кістяківський). *Milvus migrans* (№ 16729/52, 11.05.1947, Берегівський р-н, ур. Оток, О. Б. Кістяківський). *Prunella collaris* (№ 17678/7, ♂, 05.06.1947, г. Черногора, біля г. Говерла, О. Б. Кістяківський).

Видовий склад колекційних екземплярів, зібраних у 1947 р.: *Acrocephalus arundinaceus*, *Acrocephalus palustris*; *Aegithalos caudatus*; *Alauda arvensis*, *Anthus campestris*, *Anthus spinoletta*, *Anthus trivialis*, *Asio otus*, *Buteo buteo*, *Caprimulgus europaeus*, *Carduelis carduelis*, *Chloris chloris*, *Certhia brachydactyla*, *Certhia familiaris*, *Cinclus cinclus*, *Clanga (Aquila) pomarina*, *Coccothraustes coccothraustes*, *Columba oenas*, *Columba palumbus*, *Coracias garrulus*, *Corvus cornix*, *Corvus monedula*, *Coturnix coturnix*, *Crex crex*, *Cuculus canorus*, *Curruca (Sylvia) communis*, *Curruca (Sylvia) curruca*, *Curruca (Sylvia) nisoria*, *Cyanistes caeruleus*, *Delichon urbicum*, *Dendrocopos leucotos*, *Dendrocopos major*, *Dendrocopos medius*, *Dendrocopos minor*, *Dryocopus martius*, *Emberiza*

*calandra, Emberiza citrinella, Erithacus rubecula, Falco naumanni, Falco subbuteo, Falco tinnunculus, Ficedula albicollis, Ficedula hypoleuca, Ficedula parva, Fringilla coelebs, Garrulus glandarius, Hippolais icterina, Hirundo rustica, Jynx torquilla, Lanius collurio, Lanius minor, Locustella fluviatilis, Locustella naevia, Lophophanes cristatus, Loxia curvirostra, Luscinia luscinia, Luscinia megarhynchos, Milvus migrans, Motacilla alba, Motacilla cinerea, Motacilla flava, Muscicapa striata, Nucifraga caryocatactes, Oriolus oriolus, Parus major, Passer montanus, Periparus ater, Poecile montanus, Poecile palustris, Phoenicurus ochruros, Phoenicurus phoenicurus, Phylloscopus collybita, Phylloscopus sibilatrix, Phylloscopus trochilus, Pica pica, Picus canus, Prunella collaris, Prunella modularis, Pyrrhula pyrrhula, Saxicola rubetra, Serinus serinus, Sitta europaea, Sterna hirundo, Streptopelia turtur, Strix aluco, Sturnus vulgaris, Sylvia atricapilla, Troglodytes troglodytes, Turdus merula, Turdus philomelos, Turdus torquatus, Turdus viscivorus, Urupa epops.*

Отримані дані свідчать про значне географічне охоплення експедиційних досліджень – від заплавлених дібров до високогірних субальпійських зон.

Польові дослідження в межах масштабної орнітологічної експедиції О. Б. Кістяківського разом із групою науковців продовжили 25 квітня 1948 р. Вони охопили широкий спектр біогеографічних зон, що дало змогу зібрати представників як рівнинної, так і гірської орнітофауни.

З 26 квітня до 2 травня роботи проводили біля підніжжя Полонини Руни – гірського масиву, для якого характерні старі букові ліси середньогірського поясу. Наступний етап, що тривав з 4 по 7 травня, включав польові дослідження у долині р. Латориця, де збереглися фрагменти давніх дубових лісів, вологі луки та осокові болота, які формують мозаїку заплавлених біотопів. З 8 до 10 травня експедиційна група працювала в с. Тросник, розташованому на березі р. Тиса, що на цій ділянці зберігає гірський характер течії.

Далі, 10 травня, здійснювали збори у верхів'ях р. Велика Уголька – у передгір'ях Карпат. 15 травня дослідники працювали в околицях с. Кваси на території сучасної Рахівської громади, а 16–17 травня – в межах Лопушанського лісництва. З 18 по 21 травня польові роботи проходили біля с. Ясіня та в межах Свидовецького лісництва на р. Кевелів. Особливу увагу було приділено полонинам хребта Свидовець 17 травня, а завершальним пунктом експедиції стала г. Петрос, підйом на яку відбувся 24 травня (Kistiakovskiy 1950).

Всі зазначені локації розташовані вздовж верхів'їв річки Тиси. У долинах переважають хвойні ліси, у середньогір'ї – мішані, а на полонинах домінують зарості ялівцю, чорниці та осоки. 26 травня 1948 р. експедиція завершила свою роботу. За її результатами у фондовій колекції Національного науково-природничого музею НАН України збереглися 214 колекційних екземплярів, що представляють 86 видів птахів.

З них 13 екз. (8 видів) у Червоній книзі України: *Tetrastes bonasia Tetrastes bonasia* (№ 16755/35, ♂, 01.05.1948, с. Лумшори, В. О. Антонович; № 16757/37, ♀, 23.05.1948, р. Кевелів, О. Б. Кістяківський). *Sternula albifrons* (№ 16748/43, ♂, 08.05.1948, с. Тросник, О. Б. Кістяківський). *Strix uralensis* (№ 16710/7, пташеня, 11.05.1948, р. Велика Уголька, О. Б. Кістяківський). *Tyto alba* (№ 16711/10, ♂, 09.05.1948, с. Тросник, О. Б. Кістяківський; № 16712/11, ♀, 09.05.1948, с. Тросник, О. Б. Кістяківський). *Coracias garrulus* (№ 16688/72, ♂, 06.05.1948, с. Велика Добронь, О. Б. Кістяківський). *Picoides tridactylus* (№ 16702/3, ♂, 23.05.1948, р. Кевелів, О. Б. Кістяківський). *Dendrocopos leucotos* (№ 16200/87, ♂, 30.04.1948, с. Лумшори, О. Б. Кістяківський; № 16203/90, ♂, 23.05.1948, р. Кевелів, О. Б. Кістяківський). *Regulus ignicapilla* (№ 16471/2, ♀, 19.05.1948, с. Ясіня, О. Б. Кістяківський; № 16470/1, ♂, 20.05.1948, с. Ясіня, О. Б. Кістяківський; № 16473/4, ♀, 26.05.1948, р. Кевелів, О. Б. Кістяківський).

Серед зібраних у 1948 р. екземплярів наявні такі види: *Acrocephalus arundinaceus* (1 екз.), *Acrocephalus schoenobaenus* (3), *Actitis hypoleucos* (1), *Aegithalos caudatus* (1), *Anas platyrhynchos* (2), *Anthus spinoletta* (9), *Anthus trivialis* (3), *Apus apus* (1), *Carduelis carduelis* (1), *Certhia familiaris* (3), *Charadrius dubius* (1), *Chloris chloris* (3), *Cinclus cinclus* (4), *Coccothraustes coccothraustes* (2), *Coracias garrulus* (1), *Corvus corax* (1), *Corvus cornix* (1), *Corvus frugilegus* (1), *Cuculus canorus* (3), *Curruca communis* (2), *Curruca curruca* (1), *Curruca nisoria* (2), *Delichon urbicum* (1), *Dendrocopos leucotos* (2), *Dendrocopos major* (4), *Dryocopus martius* (2), *Emberiza citrinella* (5), *Emberiza schoeniclus* (5), *Erithacus rubecula* (3), *Falco tinnunculus* (1), *Ficedula albicollis* (2), *Ficedula parva* (2), *Fringilla coelebs* (3), *Gallinula chloropus* (2), *Garrulus glandarius* (2), *Jynx torquilla* (1), *Lanius minor* (2), *Locustella fluviatilis* (1), *Locustella naevia* (8), *Loxia curvirostra* (5), *Luscinia luscinia* (2), *Luscinia megarhynchos* (1), *Motacilla alba* (4), *Motacilla cinerea* (6), *Motacilla flava* (3), *Muscicapa striata* (1), *Nucifraga caryocatactes* (5),



*Oriolus oriolus* (2), *Periparus ater* (11), *Cyanistes caeruleus* (1), *Lophophanes cristatus* (1), *Parus major* (2), *Poecile montanus* (3), *Poecile palustris* (4), *Passer domesticus* (2), *Passer montanus* (1), *Phoenicurus ochruros* (1), *Phoenicurus phoenicurus* (1), *Phylloscopus collybita* (3), *Phylloscopus sibilatrix* (1), *Phylloscopus trochilus* (3), *Pica pica* (1), *Picoides tridactylus* (1), *Picus canus* (1), *Prunella modularis* (2), *Regulus ignicapilla* (3), *Regulus regulus* (2), *Saxicola rubicola* (1), *Scolopax rusticola* (2), *Serinus serinus* (1), *Sitta europaea* (6), *Spinus spinus* (3), *Sternula albifrons* (1), *Sterna hirundo* (1), *Strix aluco* (1), *Strix uralensis* (1), *Sylvia atricapilla* (2), *Sylvia borin* (1), *Tetrastes bonasia* (2), *Tringa glareola* (1), *Troglodytes troglodytes* (2), *Turdus merula* (1), *Turdus philomelos* (2), *Turdus torquatus* (11), *Turdus viscivorus* (7), *Tyto alba* (2).

Ці матеріали і досі становлять важливу частину фондової колекції ННПМ і є цінним джерелом для історико-орнітологічних та фауністичних досліджень.

#### **Експедиційні дослідження 1951–1960 років**

Упродовж наступного десятиліття фондова колекція Національного науково-природничого музею поповнилася 70 екз. (23 видами) завдяки зусиллям дослідників і місцевих мисливців, які передавали до музею нові зразки.

Найбільший внесок у цей період зробив Д. В. Владишевський (з 1959 по 1960 рр.), який зібрав 58 екз. В. М. Зубаровський передав до фондів 7 зразків, отриманих у 1952, 1954 та 1957 рр. Мисливець Ю. І. Кобаль поповнив колекцію 3 екз. (1955, 1956, 1960 рр.), тоді як поодинокі зразки були надані М. Я. Кучеренком (1951 р.) та П. П. Орловим (1953 р.).

При підготовці монографії «Фауна України: Хижі птахи» (Zubarovsky 1977) та досліджень підвидової систематики хижих птахів Карпат В. М. Зубаровський проводив збори в Рахівському районі. До фондів музею він передав такі види: *Aquila chrysaetos*, *Buteo buteo* (3 екз.), *Falco naumanni*, *Pernis apivorus* та *Turdus torquatus*. У своїй праці він також згадує Ю. І. Кобаля, який у селі Кваси здобув беркута (*Aquila chrysaetos*) (№ 38631/15), використовуючи пастку для вовків із принадою (Zubarovsky 1977). Матеріали, отримані Ю. І. Кобалем у Рахівському районі, представлені у фондовій колекції видами: *Lyrurus tetrrix*, *Astur gentilis* та *Strix uralensis*.

Найбільш різноманітний за видовим складом матеріал у цей період зібрав Д. В. Владишевський, працюючи в межах Рахівського району. До фондів музею ним було передано: *Aegithalos caudatus* (4 екз.), *Alauda arvensis*, *Anthus spinoletta* (3), *Buteo*

*buteo*, *Cinclus cinclus* (6), *Dendrocopos leucotos*, *Ficedula albicollis*, *Loxia curvirostra* (4), *Nucifraga caryocatactes*, *Picoides tridactylus* (2), *Periparus ater* (3), *Poecile montanus* (6), *Poecile palustris* (8), *Pyrrhula pyrrhula* (2), *Sitta europaea* (10), *Spinus spinus* (2), *Tetrao tetrax* та *Turdus torquatus* (2).

Окрім того, у 1951 році М. Я. Кучеренко передав до музею один екз. *Buteo buteo* з Тячівського району. А у 1953 році П. П. Орлов поповнив колекцію єдиним зразком *Periparus ater*, хоча точне місце збору не було вказане – лише загальна територіальна приналежність до області.

З усіх здобутих екземплярів до Червоної книги належать: *Aquila chrysaetos* (№ 38631/15, ♂, 04.11.1954, біля с. Кваси, В. М. Зубаровський). *Dendrocopos leucotos* (№ 20798/68, ♂, 21.04.1959, г. Чорногора, Д. В. Владишевський). *Falco naumanni* (№ 39344/41, ♀, 07.06.1954, г. Свидовець, полонина біля г. Близниця, В. М. Зубаровський). *Lyrurus tetrrix* (№ 29902/36, ♂, 09.05.1960, біля с. Кваси, Ю. І. Кобаль; № 10490/12, ♀, 12.03.1960, Рахівський р-н, Д. В. Владишевський). *Strix uralensis* (№ 37757/11, ♂, 12.01.1956, біля с. Кваси, ур. Васкул, Ю. І. Кобаль). *Picoides tridactylus* (№ 20796/6, ♂, 10.09.1959, г. Чорногора, Д. В. Владишевський; № 20797/7, ♀, 29.11.1959, г. Чорногора, Д. В. Владишевський).

Таким чином, з 1951 до 1960 рр. фондова орнітологічна колекція музею поповнилась завдяки збору матеріалів у різних частинах Карпат, передусім у межах Рахівського району. Це дало змогу більш детально охопити орнітофауну регіону та доповнити багаторічні дослідження актуальними на той час даними про видовий склад птахів.

#### **Експедиційні дослідження 1965–1972 років**

У зазначений період польові дослідження Закарпаття продовжували як співробітники музею, так і окремі науковці. Зокрема, матеріали було зібрано М. А. Воїнственським (1965 р.) – 5 екз., В. І. Крижанівським (1965 р.) – 2, В. М. Лоскотом (1965, 1967, 1972 рр.) – 23, а також О. С. Тягуновим (1965 р.) – 5, а також ще 5 без зазначення колектора (1966, 1972 рр.).

Зразки, передані до фондової колекції В. М. Лоскотом, були зібрані під час його експедиції не лише для дисертаційного дослідження по трав'янкам та кам'янкам, а й для вивчення географічної мінливості інших видів. Збори у Великоберезнянському, Іршавському, Міжгірському, Мукачівському, Перечинському та Рахівському районах охопили такі види: *Anthus spinoletta* (2 екз.), *Luscinia megarhynchos* (10), *Oenanthe oenanthe* (8), *Monticola saxatilis* (1), *Saxicola rubicola* (1).

Інші колекційні екземпляри надходили внаслідок спільної або паралельної діяльності М. А. Воїнственського, В. І. Крижанівського та О. С. Тягунова, які здійснювали збори в межах Міжгірського та Рахівського районів. Серед переданих ними видів: *Anthus spinoletta*, *Anthus trivialis* (2 екз.), *Ficedula parva*, *Fringilla coelebs*, *Nucifraga caryocatactes* (2), *Periparus ater*, *Regulus ignicapillus*, *Regulus regulus*, *Sitta europaea* та *Turdus torquatus*. Ще 5 не мають даних про колектора: *Scolopax rusticola* (1), *Luscinia megarhynchos* (4).

Серед зібраних зразків два належать до Червоної книги: *Monticola saxatilis* (№ 24394/39, ♂, 22.06.1967, г. Полонина Руна, В. М. Лоскот); *Regulus ignicapilla* (№ 24155/5, ♂, 14.06.1965, г. Говерла, М. А. Воїнственський).

У межах експедиційних досліджень Закарпаття в період 1965–1972 рр. зібрано 40 екз., що належать до 16 видів.

#### **Експедиційні дослідження 1980–1998 років**

У 1980-х роках і пізніше фондова колекція музею продовжувала поповнюватися новими орнітологічними зразками. У 1980 та 1983 рр. збори матеріалів здійснював О. М. Пекло, а у 1998 р. – Г. П. Гера. Під час досліджень у Берегівському та Мукачівському районах О. М. Пекло зібрав такі види: *Cinclus cinclus* (3 екз.), *Motacilla cinerea* (4), *Carduelis carduelis*, *Phasianus colchicus*, *Perdix perdix* (1 екз.). У 1998 році Г. П. Гера поповнив фондову колекцію музею одним зразком *Periparus ater* із Рахівського району.

Таким чином, у другій половині ХХ ст. польові дослідження птахів у Карпатах здійснювали нерівномірно, але охоплювали широкий видовий спектр та географічну різноманітність. Це суттєво збагатило наукову цінність фондової колекції Національного науково-природничого музею.

#### **Обговорення**

Формування орнітологічних досліджень Закарпаття бере початок із фундаментальної праці О. О. Грабаря (Hrabar 1932), що стала першою спробою систематичного опису орнітофауни регіону. У цьому дослідженні він зафіксував 278 видів птахів, заклавши основу для подальших наукових робіт, присвячених регіональній орнітофауні. Наступні дослідження лише доповнювали, та підтверджували його знахідки, водночас вказуючи на відсутність окремих видів, що, пов'язано зі змінами у природному середовищі. Важливим аспектом стало уточнення видового складу орнітофауни Закарпаття, яке зазнало значних трансформацій унаслідок господарської діяльності людини.

Праця О. О. Грабаря описує Закарпаття, якого вже не існує регіон, яким він був до масштабних меліоративних робіт, інтенсивної вирубки лісів та активного розвитку сільського господарства. Тодішній ландшафт зберігав високу природну мозаїчність, що сприяло існуванню різноманітних екологічних ніш для птахів. Яскравим прикладом такого природного стану є згадка О. О. Грабаря про *Pelecanus onocrotalus*, якого було добуто на болотах поблизу с. Серне у 1903 р. (Hrabar 1932; Lugovoy 1993). Цей факт свідчить про присутність великих водно-болотних птахів у регіоні до зміни гідрологічного режиму та зменшення площі природних водно-болотних угідь.

Колекція О. О. Грабаря нині зберігається у Зоологічному музеї Ужгородського національного університету (УжНУ). Свого часу Національний науково-природничий музей (ННПМ) здійснив спробу придбання цієї колекції, проте передача так і не відбулася (Lugovoy 1993). Водночас у фондах ННПМ зберігається два колекційних екземпляри *Buteo buteo*, О. О. Грабаря один із яких походить з м. Ужгород, а інший – із території Угорщини (без дати та географічної прив'язки).

Активне вивчення орнітофауни Закарпаття відновили у післявоєнний період, з 1946 року, коли орнітологічні дослідження набули системного характеру. Як зазначалося раніше, у той час кожна наукова експедиція мала завершуватися офіційною публікацією результатів та поповненням фондової колекції музею. Ця практика була важливою з точки зору збереження наукових даних, оскільки дозволяла не лише документувати видовий склад орнітофауни регіону, але й забезпечувати його ретроспективний аналіз у наступні десятиліття.

Таким чином, експедиційні збори стали одним із ключових джерел для вивчення динаміки змін у популяціях птахів та оцінки впливу природних і антропогенних факторів на регіональну авіфауну. Завдяки проведеним експедиційним дослідженням орнітологічні фонди ННПМ значно розширилися. До колекції внесено 651 колекційний екземпляр, що представляють 125 видів птахів, серед яких є рідкісні та зникаючі види, занесені до Червоної книги України.

Особливу цінність становлять такі види, як: *Falco naumanni* (8), *Dendrocopos leucotos* (7), *Regulus ignicapilla* (4), *Picoides tridactylus* (3), *Coracias garrulus* (2), *Strix uralensis* (2), *Lyrurus tetrix* (2), *Tetrastes bonasia* (2), *Tyto alba* (2), *Aquila chrysaetos* (1), *Ciconia nigra* (1), *Columba oenas* (1), *Milvus migrans* (1), *Monticola saxatilis* (1), *Picus viridis* (1), *Prunella collaris* (1), *Sternula albifrons* (1).



Зібрані матеріали не лише стали важливою частиною музейного фонду, але й слугували основою для подальших наукових досліджень. Зібрані під час експедицій зразки послужили фундаментом для наукових праць провідних орнітологів – О.Б.Кістяківського, В.М.Зубаровського, М.Я.Кучеренка, Д.В.Владишевського, В.М.Лоскота, О.М.Пекла та ін. Їхні дослідження дали змогу глибше зрозуміти видовий склад орнітофауни Закарпаття (рис. 4).

Наразі фондова колекція ННПМ поповнюється лише поодинокими надходженнями, що зумовлено більш гуманним ставленням до тварин і змінами у природоохоронному законодавстві, а також необхідністю систематизації та детального вивчення вже наявних зразків. Цією публікацією ми розпочинаємо серію матеріалів про фондову колекцію ННПМ, а також про науковців, які її заснували та наповнювали, зберігаючи для майбутніх поколінь безцінні наукові дані.



Рис. 4. Колекційні екземпляри *Cinclus cinclus*, здобуті в різні роки різними науковцями під час експедиційних виїздів у Закарпаття: № 16667, 1948 р., р. Велика Уголька, кол. О.Б.Кістяківський; № 16672/9, 1947 р., с. Богдан, кол. О.Б.Кістяківський; № 37786/57, 1983 р., с. Чинадійово, кол. О.М.Пекло; № 20846/21, 1960 р., с. Кваси, кол. Д.В.Владишевський

Fig. 4. Specimens of *Cinclus cinclus* collected over different years by various scientists during expedition trips in the Transcarpathian Region: No. 16667, 1948, Velyka Uholka River, leg. O. V. Kistiakovskiy; No. 16672/9, 1947, Bohdan village, leg. O. V. Kistiakovskiy; No. 37786/57, 1983, Chynadiyovo village, leg. O. M. Peklo; No. 20846/21, 1960, Kvasy village, leg. D. V. Vladyshhevskiy

## Висновки

У результаті систематизації та аналізу фондової орнітологічної колекції ННПМ вдалося детально охарактеризувати зразки, зібрані на території Закарпаття у період з 1947 по 1998 рр.

Колекція охоплює широкий спектр біотопів – від рівнинних територій до високогірних субальпійських екосистем Карпат, що дозволяє простежити історичні зміни у видовому складі орнітофауни. Основним джерелом поповнення музейних фондів стали наукові експедиції, організовані співробітниками музею, а також внесок інших орнітологів, місцевих натуралістів і мисливців.

Наймасштабні збори здійснив О.Б.Кістяківський, який передав 496 екземплярів – майже 75 % усіх зразків регіону. Значний внесок зробили також Д.В.Владишевський (58 екз.), В.М.Лоскот (23), Г.В.Модін (10), О.М.Пекло (10), В.М.Зубаровський (7), М.А.Воїнственський (5), О.С.Тягунов (5) та інші дослідники.

Хронологічний аналіз свідчить про нерівномірність зборів – найбільша активність припадала на період з 1946 по 1972 рр., тоді як у наступні десятиліття темпи збору матеріалів значно зменшилися, що може бути пов'язано із загальними змінами у наукових підходах та екологічними факторами.

Аналіз музейних матеріалів дозволив оцінити екологічні фактори, що впливали на стан орнітофауни Закарпаття, включаючи кліматичні зміни, деградацію природних середовищ та антропогенний вплив. Отримані результати відкривають перспективи для подальших досліджень, зокрема у сфері екологічної реконструкції, оцінки антропогенних змін у природному середовищі Карпатського регіону.

## Подяки

Автор висловлює глибоку повагу та вдячність усім науковцям, які своєю невтомною працею протягом багатьох десятиліть закладали основу, поповнювали та зберігали фондову колекцію ННПМ, сприяючи її розвитку та науковому значенню. Окрему щирю подяку автор висловлює І.В.Загороднюку за цінні зауваження, всебічну підтримку та численні консультації, які суттєво сприяли створенню цієї публікації, а також рецензентам за їхні корисні коментарі та рекомендації.

## Декларації

Фінансування. Дослідження проведено в рамках планової наукової теми ННПМ НАН України з номером держреєстрації №: 0125U000218 (розділ 7: «Інвентаризація, каталогізація, реставрація і збереження експозицій, фондів колекцій та нових надходжень до відділу зоології ННПМ НАН України»).

- 
- BARABANOVA, V. V., KLOCHKO, H. V., MALIUK, A. Y. (2019) A brief review on the history of formation and composition of scientific collections of the Department of Zoology of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine. *Proceedings of the Zoological Museum*, 50, 50–69.
- GILL, F., DONSKER, D., RASMUSSEN, P. (2021) *IOS World Bird List (version 11.2)*. International Ornithologists' Union.
- HRABAR, A. (1932) Ptactvo na Podkarpatské Rusi. *Sborník Zemské muzejní společnosti v Užhorodě*. Užhorod. pp. 59–86.
- KISTIAKOVSKYI, O. B. (1950) Ptakhy Zakarpats'koi oblasti. *Vydavnytstvo Akademii Nauk Ukraïns'koi RSR*, 4, pp. 3–76.
- KUCHERENKO, M. (1953) Novi dani pro ptakhiv Zakarpattia. *Naukovi zapysky Uzhhorods'koho derzhavnoho universytetu*, 8, 159–170.
- LUGOVOY, A. E. (1993) Pioneer of Scientific Ornithology in Transcarpathia: O. O. Hrabar. *Berkut*, 2, 42–44.
- POTISH, L. A. (2009) Birds of the Transcarpathian region of Ukraine (annotated list). *Lviv*, 1–124.
- SOKUR, I. T. (1952) Zviri Radians'kykh Karpat i yikh hospodarske znachennia. *Kyiv*, 1–68.
- STRAUTMAN, T. I. (1948) Do vyvchennia ornitofauny Skhidnykh Karpat. *Naukovi zapysky Lvivskoho derzhuniversitytetu*, 8 (4), 27–40.
- VLADYSHEVSKYI, D. V. (1960) Dynamika chyselnosti ptakhiv v raioni Chornohory. *Konferentsiia z vyvchennia flory i fauny Karpat ta prylehlykh terytorii*, 239–241.
- ZAGORODNIUK, I., OCHERETNA, K. (2019) The Zoological Museum of the Ukrainian Academy of Sciences for 100 years: statuses, subordinations, and leaders. *Natural History Museology*, 5, 45–52.
- ZAGORODNIUK, I. (2024) Prominent collectors of mammalogical collections in museums of Kyiv in the context of the history of zoological ollections. *GEO&BIO*, 26, 183–200.
- ZUBAROVSKY, V. M. (1977) *Fauna Ukrainy. Khyzhi ptakhy*. Vol. 5 (2). Naukova dumka, Kyiv, 1–322.

## MICROCLONAL PROPAGATION OF THE SPECIES FROM THE COLLECTION OF THE BOTANICAL GARDEN: *ACER PLATANOIDES* L. “CRIMSON KING” (ACERACEAE JUSS.)

Khanifabonu JURAEVA<sup>1</sup>, Vazira AKHMEDOVA<sup>1</sup>, Abbos KHAZRATOV<sup>1</sup>, Maxim KVITKO<sup>2,3</sup>,  
Feruz MUSTAFINA<sup>1</sup>, Sodikjon ABDINAZAROV<sup>1</sup>, Larysa BRONNIKOVA<sup>2,4</sup>

*Acer platanoides* L. is widely used in ornamental landscaping throughout the steppe zone of Ukraine and in Uzbekistan with a temperate continental climate. Due to its striking dark purple foliage, it creates a striking contrast in gardens, parks and urban green spaces. As a shade tree, it provides aesthetic appeal and excellent canopy cover, where it affects cooling, regulating the microclimate, making it a popular choice for streets, residential yards and public spaces. Its resistance to pollution, compacted soil and urban conditions makes it particularly suitable for urban environments, where it is often planted along roads and in public parks. Microclonal propagation of the ornamental species *Acer platanoides* L. “Crimson King” was achieved through indirect organogenesis and microcutting. Indirect organogenesis was induced on leaf petioles using DKW medium with 2.4D (0.5 mg/l) + Kin (0.5 mg/l) or 2.4D (0.5 mg/l) + BAP (0.5 mg/l), followed by subculturing onto BAP-supplemented medium (0.01–1.0 mg/l). Microcutting was performed on hormone-free WPM medium with 20 % sucrose, then subcultured onto BAP (0.01–1.0 mg/l) before transferring to a medium containing NAA (2 mg/l) + BAP (0.5 mg/l) + TDZ (0.5 mg/l).

**Key words:** *Acer platanoides* L., in vitro, arid climatic conditions, steppe zone, microclonal culture.

<sup>1</sup> Tashkent Botanical garden named after Academic F. N. Rusanov of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan; e-mail: [mustafinaferuza@yahoo.com](mailto:mustafinaferuza@yahoo.com)

<sup>2</sup> Department of Physiology and Plant Introduction, Faculty of Biology and Ecology, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Nauki Ave., Dnipro, 49010, Ukraine; e-mail: [zlenko\\_lora@ukr.net](mailto:zlenko_lora@ukr.net); [Zlenkolora@gmail.com](mailto:Zlenkolora@gmail.com)

<sup>3</sup> Kryvyi Rih State Pedagogical University, 54, University Ave., Kryvyi Rih, 50086, Ukraine

<sup>4</sup> Institute of Plant Physiology and Genetics NAS Ukraine, 31/17, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: [kvitko.max@gmail.com](mailto:kvitko.max@gmail.com)

### Мікроклональне розмноження видів з колекції ботанічного саду: *Acer platanoides* f. “Crimson King” (Aceraceae Juss.)

Жураєва Х.<sup>1</sup>, Ахмедова В.<sup>1</sup>, Хазратов А.<sup>1</sup>, Квітко М.<sup>2,3</sup>, Мустафіна Ф.<sup>1</sup>, Абдіназаров С.<sup>1</sup>, Броннікова Л.<sup>2,4</sup>

*Acer platanoides* L. широко використовується в декоративному озелененні по всій степовій зоні України та в Узбекистані з помірно-континентальним кліматом. Завдяки яскравому темно-пурпуровому листю створює різкий контраст у садах, парках та міських зелених насадженнях. Як тіньове дерево, воно забезпечує естетичну привабливість і чудове покриття для навісу, де впливає на охолодження, регулюючи мікроклімат, що робить його популярним вибором для вулиць, житлових дворів і громадських просторів. Стійкість до забруднення, ущільненого ґрунту та міських умов робить його особливо придатним для міського середовища, де його часто висаджують уздовж доріг і в громадських парках. Мікроклональне розмноження декоративного виду *Acer platanoides* L. «Crimson King» було досягнуто шляхом непрямого органогенезу та мікроживцювання. Непрямий органогенез індукували на черешках листків за допомогою середовища DKW з 2,4D (0,5 мг/л) + Kin (0,5 мг/л) або 2,4D (0,5 мг/л) + BAP (0,5 мг/л) з наступним пересівом на середовище з додаванням BAP (0,01–1,0 мг/л). Мікропрепарування проводили на безгормональному середовищі WPM з 20 % сахарози, потім субкультивували на БАП (0,01–1,0 мг/л) перед перенесенням на середовище, що містить NAA (2 мг/л) + БАП (0,5 мг/л) + TDZ (0,5 мг/л).

**Ключові слова:** *Acer platanoides* L., in vitro, посушливі кліматичні умови, степова зона, мікроклональна культура.

<sup>1</sup> Ташкентський ботанічний сад імені Академіка Ф. Н. Русанова Інституту ботаніки Академії наук Республіки Узбекистан; e-mail: [mustafinaferuza@yahoo.com](mailto:mustafinaferuza@yahoo.com)

<sup>2</sup> Кафедра фізіології та інтродукції рослин, факультет біології та екології, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, проспект Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна; e-mail: [zlenko\\_lora@ukr.net](mailto:zlenko_lora@ukr.net); [Zlenkolora@gmail.com](mailto:Zlenkolora@gmail.com)

<sup>3</sup> Криворізький державний педагогічний університет, проспект Університетський, 54, Кривий Ріг, 50086, Україна

<sup>4</sup> Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна; e-mail: kvitko.max@gmail.com

## Introduction

Woody plantations play an important role in creating comfortable living conditions for the population, as they stabilize the microclimate, neutralize industrial emissions. However, in the presence of climate change in technogenically polluted regions, woody plants are exposed to high temperatures, frequent droughts on the one hand and anthropogenic load on the other, which leads to various disorders in the functioning of the plant organism (Miller 2002; Bobrova et al. 2010; Harfouche et al. 2014; Suslova et al. 2025). As a result of disorders in the growth and development of trees, they weaken, are damaged by pests, diseases, premature aging and withering (Savosko et al. 2018; Kvitko et al. 2021; Kvitko et al. 2022; Kulbachko 2024; Ivanchenko et al. 2016; Lykholat et al. 2024).

*Acer platanoides* L. is a species widely distributed in Europe and southwestern Asia. It grows in deciduous and mixed forests, one of the edificators of broad-leaved forests. The crown is oval, in adult trees in single plantings it is sprawling and dense. The wood is distinguished by its strength and elasticity, which allows branches to grow horizontally and occupy space around the trunk. In pure plantings it creates a strong shading effect, preventing the development of vegetation of the lower tiers. Only young trees are shade-tolerant. The tree is very decorative with its crown and foliage, used in single, group, alley plantings (Diduch et al. 2000; Suslova et al. 2024; Manko 2015; Manko et al. 2016). *Acer platanoides* is generally resistant to pests, but is often affected by fungi (maple leaf spot), which cause leaf spot. Also, this type of woody plant is not susceptible to hybridization with other species of the genus *Acer* L., and has clearly pronounced specific characteristics, which helps to easily distinguish it from other members of the genus.

Species of the genus *Acer* occupy one of the leading places in landscaping urbanized areas of the steppe zone of Ukraine because they are fast-growing, wind- and drought-resistant, undemanding to soil fertility, and resistant to industrial pollution. This gives them a significant advantage in creating park dendrocenoses in settlements of industrial regions of the steppe zone. It is also widely used to create artificial woody plantations in technogenic ecotopes (Savosko et al. 2018; Kvitko et al. 2022; Kulbachko et al. 2024, Driver, Kuniyuki 1984; Chu et al. 1975).

*Acer platanoides* L. is one of the ornamental species cultivated in the Tashkent Botanical Garden. In this regard, the Biotechnology Laboratory of the F.N. Rusanov Tashkent Botanical Garden of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan is conducting research on its *in vitro* propagation and adaptation to garden conditions. Botanical gardens and arboreturns are vital for the preservation of plant biodiversity. *Ex situ* conservation not only preserves species, but also increases their populations and expands their natural range.

A separate sign of the impact of pollutants on the assimilation apparatus is a decrease in the area of the leaf blade. Due to the peculiarities of the pigment apparatus, leaves adapted to intense lighting usually have a higher photosynthetic potential, are able to dissipate most of the light energy and are resistant to photoinhibition (Murchie, Horton 1997; Meir et al. 2002; Lichtenthaler et al. 2007; Chu 1978; Bobrova et al. 2010). This is ensured by the operation of the xanthophyll cycle, localized in the light-harvesting complex (SHC) of photosystem II (PS II) (Modiga et al. 2019; Varga et al. 2025). The light regime significantly affects the content and ratio of chlorophylls (Chl) *a/b* and carotenoids (Car), which reflects a change in the biosynthesis and accumulation of SHC II. It should be noted that the leaf blade is the most sensitive and informative organ of the plant organism, therefore its parameters are often used for bioindication of environmental pollution. In plants that accumulate pollutants, the growth and development of leaf blades is disrupted.

Purpose of the work: to improve understanding of the adaptation processes of the *Acer platanoides* species in technogenic ecotopes of the steppe zone, a pigment analysis of leaf blades of representatives of the species was carried out for use in studies of microclonal propagation of the ornamental species *Acer platanoides* “Crimson King” in the arid conditions of the in tracontinental climate of the city of Tashkent.

## Materials and methods

The object and material of the study were representatives of the genus *Acer* L. species *Acer platanoides*, and the decorative form *A. platanoides* “Crimson King”, sharp-leaved plane maple. Deciduous, slow-growing tree, up to 15 m tall. The crown is spherical, smooth. The leaves of large currents, purple, do not change color during the



growing season. The trunk is straight, dark brown, with well-pronounced longitudinal grooves. Also, the materials of the study were leaf plates of woody plants of the genus *A. platanoides* for pigment analysis.

Microclonal propagation of the ornamental species *A. platanoides* “Crimson King” was achieved by indirect organogenesis and microcuttings on the basis of the Biotechnology Laboratory of the F.N.Rusanov Tashkent Botanical Garden of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, where research on *in vitro* propagation and adaptation is carried out.

**Sterilization.** Various sterilization agents were tested, including sodium hypochlorite (4–6 %), hydrogen peroxide (2–15 %), silver nitrate (0.01 %), ethanol (70 %), and fungicides like propiconazole (Agrotilt, 25 % v/v) and fludioxonil (Maxim, 9.3 % v/v). Over 30 protocols were evaluated to minimize fungal and bacterial contamination. The most effective method achieved  $90 \pm 2$  % sterility for *A. platanoides* using gentamicin (0.6 % v/v) and streptomycin (0.2 % v/v), respectively. Media (50 ml) were sterilized at 2 atm., 126 °C for 20 minutes.

**Nutrient Media Selection.** Ready-made nutrient media of DuchefaBiochemie B.V (<https://www.duchefa-biochemie.com>) production were used in accordance with the protocols by Murashige and Skoog (1962) (MS), Chu et al. (1975) (N<sub>6</sub>), Gamborg and Eveleing (1968) (B5), McCown Woody Plant Medium (Lloyd, McCown 1980) (WPM) (Lloyd, McCown 1980), and DKW Medium (Driver, Kuniyuki 1984; McGranahan et al. 1987; Chu 1978). Antibiotics were used only at the initial micropropagation stage. Sucrose concentration optimization showed 20 % as optimal for *A. platanoides*. Nutrient media contained essential micro- and macroelements, phytohormones, sucrose, and 7 g/l agar.

**Phytohormone Selection.** Auxins 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4D), indolylacetic acid (IAA),  $\alpha$ -naphthylacetic acid (NAA), indolylbutyric acid (IBA), cytokinins kinetin (Kin), 6-benzylaminopurine (BAP), thidiazuron (TDZ), and Zeatin (Zea) were tested. Callusogenesis was induced on DKW, MS, and WPM media using 2,4D (0.5 mg/l) + Kin (0.5 mg/l) or 2,4D (0.5 mg/l) + BAP (0.5 mg/l).

**Adaptation to Soil.** Plants were acclimated in a vermicompost : peat : sand (1:1:1) mix at  $22 \pm 2$  °C, 90 % RH, and a 16/8 photoperiod for 1–2 weeks, gradually reducing RH to 40%. Adapted plants were transferred to greenhouse conditions.

For pigment analysis of the leaf blade of *A. platanoides*, leaves were collected on the territory of the Dovhyntsev Arboretum in the vicinity of Kryvyi

Rih within the maple-ash woody plantations of the abandoned *ex situ* botanical arboretum (Didukh et al. 2000) in the summer of 2024. Pigments from the leaves were extracted with acetone with the addition of CaO<sub>3</sub> and separated by paper chromatography using a mixture of hexane and ethanol (16: 1 by volume). Pigment bands (lutein, violaxanthin, neoxanthin) were extracted from the chromatograms with 100 % ethanol,  $\beta$ -carotene and chlorophylls – with 100 % acetone. The total chlorophyll (Chl) and carotenoid (Car) contents were determined in acetone extract of leaves on a SF-46 spectrophotometer as described previously (Arkus et al. 2005; Fomishyna et al. 2009; Banas et al. 2011; Nikolopoulos et al. 2008; Mund et al. 2010), using the extinction coefficients given in Lichtenthaler (1987). The pigment contents were expressed per unit dry mass.

The research was conducted in 3–4-fold replication, the results were statistically processed, the standard deviations did not exceed 5 %. Statistical data processing was performed using Microsoft Office Excel and Statistica 6.0.

## Results and discussion

Despite the available information about the successful propagation of a number *Acer* L. species by using seeds, obtaining a large amount of planting material for *A. platanoides* “Crimson King” was extremely difficult. As a result of a series of experiments, we have developed protocol for microclonal propagation of *A. platanoides* “Crimson King”. Two micropropagation pathways have been identified: propagation with microcuttings and indirect organogenesis.

### **Protocol 1: Micropropagation via Microcuttings**

Micropropagation of *A. platanoides* “Crimson King” involved sterilization, *in vitro* culture induction, growth, rooting, and soil adaptation. Annual shoots were stored at +5 °C for 1–7 days, segmented (7–10 cm), and sterilized in two stages: (I) washing (6–15 h), soap treatment (10–15 min), and distilled water rinse; (II) disinfection in a laminar flow hood using “Belizna” (30 %) + Tween 20 (7 min), fungicides (5 min), silver nitrate (2–3 min), and ethanol (70 %, 60 sec).

Explants were placed on WPM medium with 20% sucrose. Gentamicin (0.6 %) was used initially but omitted in later stages. Subculturing onto WPM with BAP (0.01–1.0 mg/l) and a hormone-free medium promoted lateral shoot growth (2–4 cm). After two subcultures, growth accelerated by 30 % on WPM with NAA (2 mg/l) + BAP (0.5 mg/l) + TDZ (0.5 mg/l). Shoots (2–5 cm) were transferred to WPM with sucrose (20 g/l) and IAA (0.5 mg/l)

for rooting, developing within a month. Greenhouse incubation ensured 90–100 % regeneration, though soil adaptation success was limited ( $10 \pm 3$  %).

### Protocol 2: Indirect Organogenesis

Indirect organogenesis occurred in sterilized leaf petioles, leaf blades, and stems, with the highest callusogenesis on petioles ( $90 \pm 2$  %). Callus formation was most intense on DKW, MS, and WPM media. Callus turned dark red with morphogenic structures after multiple subcultures. Seedling development was induced on DKW medium with BAP (0.01–1.0 mg/l), with optimal results after 2–3 subcultures over six months.

Rooting was achieved on DKW medium with IAA (0.5 mg/l), followed by gradual acclimation in a phytotron (90 % to 40 % RH,  $24 \pm 2$  C, 1,000–1,300 lux). After closed soil adaptation, 60 % of seedlings survived in open soil.

A number of enzymes are involved in the dynamic regulation of pigment content during adaptation to external conditions, including chlorophyllase (Chlaze, CLH; chlorophyll – chlorophyllide – hydrolase 3.1.1.14), whose function is to catalyze the initial stage of degradation of Chl0 from Ar0 (Todorov et al. 2023; Harfouche et al. 2014). Despite the fact that the hydrolytic properties of Chlaza have been widely studied *in vitro*, its role and activity *in vivo* remain unclear.

The established indicators of *A. platanoides* leaves in different climatic conditions have not been studied sufficiently (Todorov et al. 2003; Sytykiewicz et al. 2013). To date, the dependence of Chlaza activity on plant lighting conditions remains poorly studied. The results of pigment analysis of *A. platanoides* leaf blades in conditions of industrial pollution of the steppe zone are given in Table 1.

Comparative study of Chlaza activity, content and ratio of pigments in *A. platanoides* plants from different regions of the study requires further in-depth research to clarify the vital state and degree of adaptation of the species in arid conditions (Ivanchenko et al. 2016; Varga et al. 2025; Modiga et al. 2019; Kvitko et al. 2024; Miller et al. 2002).

### Conclusion

Microclonal propagation of the decorative and marketable species *A. platanoides* “Crimson King”

by microcuttings showed low results of adaptation of the regenerated plants to soil conditions ( $10 \pm 2$  %), while microcloning of this species by indirect organogenesis showed high results of the adaptability of the seedlings to open soil conditions ( $60 \pm 2$  %). Regenerated plants obtained by microcuttings are morphologically different from seedlings developed by indirect organogenesis. For *A. platanoides* “Crimson King”, microcuttings were introduced to *in vitro* culture on a hormone-free nutrient medium WPM with sucrose 20 % and subculture to a nutrient medium WPM containing BAP (0.01–1.0 mg/l) and further to NAA (2 mg/l) + BAP (0.5 mg/l) + TDZ (0.5 mg/l). Rhizogenesis was induced on a nutrient medium WPM with IAA (0.5 mg/l). Indirect organogenesis was induced on leaf petioles on DKW nutrient medium with phytohormones 2.4D (0.5 mg/l) + Kin (0.5 mg/l), as well as 2.4D (0.5 mg/l) + BAP (0.5 mg/l). A well-formed callus with distinct morphological structures were subcultured to the DKW nutrient medium with BAP (0.01–1.0 mg/l) to induce organogenesis and obtain branching seedlings; rhizogenesis was induced with the phytohormone IAA (0.5 mg/l).

Based on this, it is relevant to study the vital state of woody plants of park dendrocenoses under modern conditions of existence in an urban-technogenic environment in order to optimize the use of park-forming species of woody plants.

### Acknowledgments

This research was conducted within the framework of the state program of the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan: “Development of Scientific Foundations for the Sustainable Propagation of Valuable Specimens of the Botanical Garden in *in Vitro* Culture” (2023–2024). Additionally, it was carried out within the framework of the state program “Establishment and Digital Documentation of the *in Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnology Methods”, scheduled for implementation from 2025 to 2029.

Acknowledgements The Laboratory Ecology Photosynthesis of Institute of Plant Physiology and Genetics NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Table 1. Indicators of pigment content (mg/g dry mass), their ratio and Chlaza activity (mg Chl/g dry mass) in *A. platanoides* leaves (15.05–06.06.2024)

Number of experimental plots	Chl a	Chl b	C Chla+b	Kar	Chl a/b	Car/Chl
Plot 1 ( <i>in vitro</i> )	$7.27 \pm 0,06$	$2.78 \pm 0,08$	$10.05 \pm 0,85$	$6.53 \pm 0,05$	$2.60 \pm 0,79$	$0.12 \pm 0,98$
Plot 2	$4.34 \pm 0,04$	$1.83 \pm 0,59$	$6.17 \pm 0,63$	$3.35 \pm 0,23$	$2.36 \pm 0,41$	$0.10 \pm 0,85$
Plot 3	$4.49 \pm 0,16$	$1.93 \pm 0,58$	$6.42 \pm 0,75$	$3.51 \pm 0,51$	$2.32 \pm 0,02$	$0.10 \pm 0,39$

Acknowledgements Laboratory of Plant Physiology and Molecular Biology, Scientific Research Institute Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine.

Acknowledgements Department of Chemistry and Life Safety, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine.

- ARCUS, K. A. J., CAHOON, E. B., JEZ, J. M. (2005) Mechanistic analysis of wheat chlorophyllase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 438, 146–155. DOI: 10.1016/j.abb.2005.04.019
- BANAS, A. K., JABUZ, J., SZTATELMAN, O., GABRYS, H., FIEDOR, L. (2001) Expression of enzyme involved in chlorophyll catabolism in *Arabidopsis* is light controlled. *Plant Physiology*, 157, 1497–1504. DOI: 10.1104/pp.111.185504
- BOBROVA, O. M., LYKHOLAT, Y. V., HRYHORYUK, I. P., SERGA, A. I., YAVOROVSKY, P. P. (2010) Activity of antioxidant enzymes in leaves of different species of barberry plants (*Berberis* L.) under the influence of heavy metals. *Scientific Report of the National University of Biochemistry*, 5 (10), 1–10. (in Ukrainian).
- CHU, C. C., WANG, C. C., SUN, C. C., Hsu C, YIN, K. C., CHU, C. Y., BI, F-YU. (1975) Establishment of an efficient medium for culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *Scientia Sinica*, 18(5), 659–668. DOI: 10.1360/ya1975-18-5-659
- CHU, C. C. (1978) The  $N_6$  medium and its application to culture of cereal crops. *Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture*, 25-30.05.1978. Science Press, Peking, pp. 45–50.
- DIDUKH, Ya. P., YERMOLENKO, V. M., KRYZHANIVSKA, O. T., POPOVYCH, S. Yu., SEREBRIKOV, V. V., TKACHENKO, V. S., GELIUTA, V. P., PARCHUK, G. V., RODINA, V. V., FITSAILO, T. V. (2000) *Ecological trail (methodology, organization, characteristics of the model trail "Foresters")*. Phytosociocentr, Kyiv. (in Ukrainian).
- DRIVER, J. A., KUNIYUKI, A. H. (1984) *In vitro* propagation of *Paradox* walnut rootstock. *Hort Science*, 9(4), 507–509. DOI: 10.21273/HORTSCI.19.4.507
- FOMISHYNA, R. M., SYVASH, O. O., ZACHAROVA, T. O., ZOLOTAREVA, O. K. (2009) The role of chlorophyllase in adaptation of plants to light regimes. *Ukrainian Botanical Journal*, 66(1), 94–102. (in Ukrainian).
- GAMBORG, O. L., EVELEING, D. E. (1968) Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley. *Canada Journal Biochemical*, 46, 417–421. DOI: 10.1139/067-063
- HARFOUCHE, A., MEILAN, R., ALMAN, A. (2014) Molecular and physiological responses to abiotic stresses in forest trees and their relevance to tree improvement. *Tree Physiology*, 34(11), 1181–1198. DOI: 10.18524/2077-1746.2024.2(55).320487
- IVANCHENKO, O. E., BESSONOVA, V. P. (2016) Indication of the vital state of woody plant saplings of Dnipropetrovsk by morphophysiological indicators. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 24(1), 109–118. (in Ukrainian).
- KULBACHKO, Y. L., BORODAY, Y. S., LYKHOLAT, T. Y., LYKHOLAT, O. A., KVITKO, M. O., MAREN-
- KOV, O. M., LYKHOLAT, Y. V. (2024) Accumulation of heavy metals by different representatives of biota in the operation zone of the Prydniprovsk thermal power plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1415(1), 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/1415/1/012005
- KVITKO, M. O., LYKHOLAT, T. YU., LYKHOLAT, O. A., MARENKOV, O. M., LYKHOLAT YU. V. (2024) Assessment of changes in the structure of the forest ecosystems for example sanitary woody plantations in the Steppe Dnipro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 14159(1), 012048. DOI: 10.1088/1755-1315/1415/1/012048
- KVITKO, M. O., SAVOSKO, V. M., LYKHOLAT, Y. V., HOLUBIEV, M. I., HRYGORUK, I. P., LYKHOLAT, O. A., OVCHINNIKOVA, Y. Y. (2022) Assessment of the ecological hybrid threat to industrial area in connection with the vital state of artificial woody plantations in Kryvyi Rih District (Ukraine). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049(1), 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/1049/1/012046
- KVITKO, M. SAVOSKO, A., KOZLOVSKA, I., LYKHOLAT, YU., PODOLYAK, O., HRYGORUK, I., KARPENKO, O. (2021) Woody artificial plantations as a significant factor of the sustainable development at mining and metallurgical area. *Proceedings of the Second International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*, 280, 06005. DOI: 10.1051/e3sconf/202128006005
- LICHTENTHALER, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 1987, 148, 350–382. DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
- LICHTENTHALER, H. K., AČ, A., MAREK, M. V., KALINA, J., URBAN, O. (2007) Difference in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 577–588. DOI: 10.1016/j.plaphy.2007.04.006
- LLOYD, G., McCOWN, B. H. (1980) Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *International Plant Propagators' Society*, 30, 421–427.
- LYKHOLAT, Yu. V., LYKHOLAT, T. Yu., KVITKO, M. O., BORODAY, E. S., GALCHENKO, V. M. (2024) State and prospects of reforestation of vegetation cover in technogenic territories. International Science Group, Rotterdam, Netherlands. (in Ukrainian).
- MANKO, M. V., OLEKSIYCHENKO, N. O., KITAEV, O. I. (2016) Some Peculiarities of Chlorophyll Fluorescence Induction in Leaves of *Acer platanoides* L. Cultivars under Conditions of Kyiv City. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26, 102–109. DOI: 110.15421/40260515



- MANKO, M. V. (2015) Intraspecific diversity of *Acer platanoides* L. in landscaping of Kyiv and botanical institutions of Ukraine. *Scientific Bulletin of the NLTU of Ukraine: collection of scientific and technical works*, 25 (8), 118–123. (in Ukrainian)
- McGRANAHAN, G. H., DRIVER, J. A., TULECKE, W. (1987) Tissue Culture of Juglans. In: J. M. Bonga, D. J. Durzan (Eds.) *Cell and Tissue Culture in Forestry, Forestry Sciences*, 24–26, Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-94-017-0992-7\_19
- MEIR, P., KRUIJT, B., BROADMEADOW, M., BARBOSA, E., KULL, O., CARSWELL, F., NOBRE, A., JARVIS, P. G. (2002) Acclimation of photosynthetic capacity to irradiance in tree canopies in relation to leaf nitrogen concentration and leaf mass per unit area. *Plant Cell Environmental*, 25, 343–357. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00811.x
- MILLER, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Science*, 7, 405–409. DOI: 10.1016/s1360-1385(02)02312-9
- MODIGA, B. A., JIȚĂREANU, C. D., SLABU, C., MARTA, A. E., COVAȘĂ, M. (2019) Dynamics of the foliar pigments content in some bean genotypes, from North-East Romania, under salt stress. *Bulletin UASVM Agriculture*, 76(1), 54–60.
- MURCHIE, E. H., HORTON, P. (1997) Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: Chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. *Plant Cell Environmental*, 20, 438–448. DOI: 10.1046/j.1365-3040.1997.d01-95.x
- MUND, M., KUTSCH, W.L., WIRTH, C., KAHL, T., KNOHL, A., SKOMARKOVA, M. V., SCHULZE, E. D. (2010) The influence of climate and fructification on the inter-annual variability of stem growth and net primary productivity in an old growth, mixed beech forest. *Tree Physiology*, 30(6), 689–704. DOI: 10.1093/treephys/tpq027
- MURASHIGE, I., SKOOG, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15 (3), 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb0852.x
- NIKOLOPOULOS, D., KORGIOPOULOU, Ch., MAVROPOULOS, K., LIAKOPOULOS, G., KARABOURNIOTIS, G., (2008) Leaf anatomy affects the extraction of photosynthetic pigments by DMSO. *Talanta*, 76 (5), 1265–1268. DOI: 10.1016/j.talanta.2008.05.037
- SAVOSKO, V. M., KVIKTO, M. O., GRYGORYK, I. P., SERGA, O. I., LYKHOLAT, Y. W., ANDRITSO, M. O. (2018) Heterogeneity of biometric characteristics of cultivated forest communities in environmental conditions at Kryvorizhzhia [Heterogeneity of biometric characteristics of cultivated forest communities in environmental conditions at Kryvorizhzhia]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia [Biological Resources and Nature Management]*, 10(1-2), 14–23. (in Ukrainian). DOI: 10.31548/bio2018.01.002
- SYTYKIEWICZ, H., SPRAWKA, I., CZERNIEWICZ, P., SEMPRUCH, C., LESZCZYCKI, B., SIKORA, M. (2013) Biochemical characterization of chlorophyllase from leaves of selected *Prunus species* – A comparative study. *Acta Biochimistry Poloniya*, 60(3), 457–465.
- SUSLOVA, O. P., BOYKO, L. I. (2025) Longevity of *Acer* L. species in street plantations of industrial cities of the steppe zone of Ukraine. *Scientific Bulletin of the National Forestry and Park Gardening of Ukraine*, 35(2), 80–88. (in Ukrainian). DOI: 10.36930/40350209
- SUSLOVA, O. P., BOYKO, L. I. (2024) Analysis of some taxonomic indicators of trunks of parkland fast-growing tree species of Pokrovsk park plantations. *Scientific Bulletin UNLTU*, 34(6), 3–18. (in Ukrainian)
- TODOROV, D. T., KARANOV, E. N., SMITH, A. R., HALL, M. A. (2003) Chlorophyllase activity and chlorophyll content in wild and mutant *Arabidopsis thaliana*. *Biologycum Plantarum*, 46, 125–127. DOI: 10.1023/A:1022355525907
- VARGA, I., POSPIŠIL, M., ILJKIĆ, D., KULUNDŽIĆ, A. M., KOJIĆ M. T., ANTUNOVIĆ, M. (2025) Dynamic of SPAD index, leaf pigment, and macronutrient relationships in sugar beet leaves under spring nitrogen fertilization. *Journal Nitrogen*, 6(1), 10. DOI: 10.3390/nitrogen6010010



## УГРУПОВАННЯ ЕПІГЕОБІОНТНИХ ПАВУКІВ (ARACHNIDA, ARANEAE) ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО СХИЛУ Г. ПІКУЙ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Василь ЯНУЛЬ

Проведено дослідження угруповань епігеобіонтних павуків екосистем північно-східного схилу г. Пікуй (Вододільно-Верховинський Хребет): старовікового яворово-букового лісу (у межах висот 890–900 м), приполонниного старовікового яворово-букового лісу (1090–1100 м), та букового рідколісся на межі з вторинними субальпійськими луками (1126 м). Виявлено 38 видів павуків які належать до 10 родин. Найкраще представлена родина Linyphiidae (26 видів, 68,4 % загального видового складу, Agelenidae налічує 3 види (7,9 %), інші 8 родин – один–два види. Найбагатішою за кількістю видів є екосистема букового рідколісся (25 видів), менше видів знайдено у яворово-букових лісах – 18 на вищих гіпсометричних рівнях і 16 на нижчих. До складу домінантного ядра угруповань належить 8 видів павуків: *Cybaeus angustiarum*, *Tenuiphantes tenebricola*, *Coelotes pickardi carpathensis*, *Callobius claustrarius*, *Diplocephalus picinus*, *Inermocoelotes inermis*, *Palliduphantes milleri*, *Microneta viaria*. Їхня сумарна частка становить 95,5 % від загальної кількості усіх особин в угрупованнях. Основні відмінності у видовому складі обумовлюють види-субрецентни, склад яких специфічний для кожної з екосистем. Значення показників видового різноманіття та вирівненості угруповань зменшуються у ряді: рідколісся – приполонниний старовіковий ліс – старовіковий ліс нижчих гіпсометричних рівнів. За результатами дисперсійного аналізу ANOVA та апостеріорного тесту Тюки, різниця значень індексів між екосистемами є статистично значущою ( $p < 0,05$ ). За NMDS аналізом, більша спорідненість спостерігається між угрупованнями павуків рідколісся та приполонниного старовікового лісу, натомість угруповання старовікового лісу нижчих гіпсометричних рівнів відокремлюється

**Ключові слова:** членистоногі, павуки, синекологія, старовікові ліси, Українські Карпати.

Інститут екології Карпат Національної академії наук України, вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна; e-mail: [vasilyanul2298@gmail.com](mailto:vasilyanul2298@gmail.com)

### *Communities of epigeic spiders (Arachnida, Araneae) in forest ecosystems of the northeastern slope of Mt. Pikui (Ukrainian Carpathians)*

*Yanul V.*

A study was conducted on the assemblages of epigeic spiders in forest ecosystems on the northeastern slope of Mt. Pikui (Vododilno-Verkhovyna Range). The surveyed habitats are: (1) an old-growth sycamore–beech forest at 890–900 m a.s.l., (2) an old-growth sycamore–beech forest in proximity of secondary subalpine meadow (1090–1100 m a.s.l.), and (3) a beech–rowan sparse woodland at the upper forest limit adjoining secondary subalpine meadows (1126 m a.s.l.). A total of 38 spider species belonging to 10 families were identified. The majority of species belonged to Linyphiidae (26 species; 68.4 %) and Agelenidae (3 species; 7.9 %), while the remaining eight families were represented by one or two species each. The species richness was highest in the beech–rowan sparse woodland (25 species), followed by the upper-elevation old-growth forest (18 species) and the lower-elevation old-growth forest (16 species). The core of the dominant assemblage comprised eight species: *Cybaeus angustiarum*, *Tenuiphantes tenebricola*, *Coelotes pickardi carpathensis*, *Callobius claustrarius*, *Diplocephalus picinus*, *Inermocoelotes inermis*, *Palliduphantes milleri*, and *Microneta viaria*. These eight species together accounted for 95.5 % of all individuals. The most pronounced differences in species composition among habitats were driven by subrecedent species, whose presence was specific to each ecosystem. Taxonomic diversity and evenness indices showed a declining trend along the elevational gradient: beech–rowan sparse woodland – upper-elevation old-growth forest – lower-elevation old-growth forest. According to ANOVA followed by Tukey's HSD post hoc test, the differences in diversity index values among the three forest ecosystems were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Non-metric multidimensional scaling (NMDS) based on Bray–Curtis dissimilarity revealed closer affinities between the assemblages of the sparse woodland and the upper old-growth forest, while the assemblage of the lower-elevation old-growth forest formed a distinctly separate group.

**Key words:** arthropods, spiders, synecology, old-growth forests, Ukrainian Carpathians.

Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine, 4, Kozelnytska Str., Lviv, 79026, Ukraine; e-mail: [vasilyanul2298@gmail.com](mailto:vasilyanul2298@gmail.com)

## Вступ

Незважаючи на тривалий період вивчення аранеофауни Українських Карпат, лише незначна частина праць стосується угруповань павуків старовікових лісів та пралісових екосистем. Найкраще, порівняно з рештою території Українських Карпат, досліджені праліси Угольсько-Широколужанського масиву та Буковини. Однак і тут стан вивченості видового складу та екологічних особливостей угруповань павуків, як і аранеофауни загалом, далекий від вичерпного (Yanul 2023a).

Вже кілька років тривають моніторингові дослідження флори та фауни НПП “Бойківщина”, що проводяться в межах постійної пробної площі №1, розташованої у приполонинному старовіковому яворово-буковому лісі Либохорівського лісництва (Bashta et al. 2023, Shpakivska et al. 2023).

Попередні наукові публікації стосувалися коротких нарисів про видовий склад на основі матеріалу, зібраного в одній з екосистем (старовіковий яворово-буковий ліс). Ці роботи також не відображали тривалий період досліджень (Yanul 2023a, 2023b).

Знахідки низки видів ендемічних та вузькоареальних комах і членистоногих тварин загалом (серед яких типові для Карпат *Polydesmus montanus* Daday, *Carabus zawadzki* Kraatz, *Pterostichus burmeisteri* Heer, та ін.) свідчить про високу природоохорону цінність старовікових і приполонинних екосистем Вододільно-Верховинського хребта та потребу у проведенні подальших моніторингових та інвентаризаційних досліджень (Heriak et al. 2022).

Мета роботи – з’ясувати особливості структури угруповань павуків трьох лісових екосистем північно-східного схилу г. Пікуй та порівняти їх між собою за індексами біотичного різноманіття, результатами неметричного багатовимірного шкалювання (NMDS) та складом домінантних видів павуків.

## Матеріал та методики

Верховинський середньогірний вододільний хребет вузькою звивистою смугою простягається від Ужоцького (889 м) до Торунського (931 м) перевалу уздовж межі Львівської та Закарпатської областей. Південно-західні схили, до долини Жданівки круті, місцями урвищні, північно-східні – порівняно полого зливаються з прилеглим низькогір’ям Стрийсько-Сянської верховини. На ділянці Верховинсько-Вододільного хребта від г. Пікуй до Вишківського перевалу навпаки, крутішими і короткими є схили північної та північно-східної експозиції. Абсолютна висота Вододільно-Верховинського хребта є дещо біль-

шою, ніж 1200 м, найвища вершина (г. Пікуй) сягає 1406 м.н.р. м. Силікатний субстрат, сформований на фліші, сприяє формуванню кислих ґрунтів і ацидофільних біотичних угруповань (Pryroda Lvivskoi oblasti ... 1972; Kruhlov 2008; Kravchuk 2017).

Основні площі старовікових лісів Вододільно-Верховинського хребта, що зосереджені у морфогенному екорегіоні Полонина Буковець, представлені буковими та яворово-буковими деревостанами, у домішці яких трапляється ялиця біла, зрідка ялина європейська. Корінні екосистеми подекуди збереглися у смугах приполонинних лісів. Кліматичні умови екорегіону з висотою поступово змінюються від помірно теплих до прохолодних (Prots, Kahalo 2012).

Збір матеріалу проводили на південно-західних околицях с. Верхнє Гусне (Львівська область, Старосамбірський район) на північно-східному схилі г. Пікуй. Дослідження здійснювали в межах трьох пробних площ методом ґрунтових пасток Барбера впродовж травня-жовтня 2023 року. На кожній пробній площі розташовували 18 пасток ємністю 250 мл, яких перевіряли приблизно раз на три тижні-один місяць.

У якості наповнювача для ґрунтових пасток використано 10 % розчин оцтової кислоти з додаванням солі. Відібраний матеріал зберігається у 70 % спирті. Визначення видів здійснювалося за допомогою онлайн-визначника “Павуки Європи” (Nentwig et al. 2025). Назви таксонів наведені за Каталогом павуків світу (World Spider Catalog 2025).

Дослідні ділянки (Пробні площі).

ПП-№1. Географічні координати: 48.841263° N, 22.997723° E. Висота: 1090 м.н.р.м., приполонинний старовіковий яворово-буковий ліс. Експозиція пасток: 24.05. – 24.10.2023. зібрано та визначено до видового рівня 917 статевозрілих особин павуків, опрацьовано 2736 пастко-діб.

ПП-№2. Географічні координати: 48.862934° N, 23.002509° E. Висота: 890 м.н.р. м, Старовіковий яворово-буковий ліс на нижчих гіпсометричних рівнях. Експозиція пасток: 24.05. – 29.10.2023. Зібрано та ідентифіковано до виду 680 статевозрілих особин павуків, опрацьовано 2150 пастко-діб.

ПП-№3. Географічні координати: 48.840131° N, 22.995800° E. Висота: 1126 м. Буково-горобинове рідколісся (на верхній межі лісу). Експозиція пасток: 24.05. – 24.10.2023, а також 12.05. – 21.09.2024, зібрано та ідентифіковано до виду 701 статевозрілу особину павуків, опрацьовано 2592 пастко-доби.

Для визначення домінантних класів павуків окремо для кожної екосистеми застосовано шкалу за Штеккером-Бергманом, згідно якої 31,7–100 % –

становлять види-еудомінанти, 10,1–31,6 – домі- нанти, 3,2–10,0 – субдомінанти, 1,1–3,1 – реце- денти, 0,1–1,0 субрециденти (Stöcker, Bergmann 1977). Динамічну щільність павуків розраховали як кількість особин на 100 пастко-діб. Загалом у лісових екосистемах за період досліджень опрацьовано матеріал 7400 пастко-діб, зібрано та визначено до видового рівня 2298 статево-зрі- лих особин павуків. Оцінювання різноманіття, вирівненості та видового багатства угруповань здійснювали за допомогою індексів Шенона, Маргалефа, Бергера-Паркера. З метою порівняння угруповань павуків трьох лісових екосистем за індексами біорізноманіття застосовано диспер- сійний аналіз (oneway ANOVA) із подальшим проведенням апостеріорного тесту Тюкі (Tukey's Honestly Significant Difference test) для встанов- лення вірогідності відмінностей (McHugh 2011). Для оцінки відмінностей у видовому складі паву- ків між трьома лісовими ділянками (на основі кіль- кості особин кожного виду) застосовано диспер- сійний аналіз perMANOVA (one-way permutational multivariate Analysis of Variance) із використанням функції adonis2 пакету vegan (Oksanen et al. 2022). Для побудови матриці відстаней видового складу використано індекс Брей-Кертиса (Bray-Curtis), який застосовується для оцінювання відміннос- тей видового складу у екологічних дослідженнях (McNaughton et al. 2025).

Статистичне опрацювання отриманих резуль- татів проведено в середовищі RStudio (R Core Team 2023) із застосуванням спеціалізованих про- грамних пакетів: dplyr (Wickham 2023), agricolae (De Mendiburu 2020), ggplot2 (Wickham 2016), vegan (Oksanen et al. 2022).

## Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень вияв- лено 38 видів павуків, що належать до 10 родин. Найбільшою кількістю видів представлена родина Linyphidae (26 видів; 68,4 % від усіх виявлених). Agelenidae у наших зборах налічує 3 види (7,9 %), решта вісім родин (Amaurobiidae, Cybaeidae, Clubionidae, Lycosidae, Salticidae, Segestriidae, Miturgidae, Theridiidae) представлені одним-двома видами. Найбільше видів – 25 з чотирьох родин, зареєстровано на ділянці буково-горобинового рід- колісся (ПП-3), у приполонинному старовіковому лісі (ПП-1) – 18 видів з чотирьох родин, найменше різноманіття (проте найбільше родин) зафіксовано на ділянці старовікового лісу (ПП-2), де виявлено 16 видів із восьми родин (табл. 1).

У таксономічному складі павуків ПП-2 трапля- ються представники родин Salticidae, Miturgidae,

Segestriidae та Theridiidae, відсутні на решті проб- них площ лісових екосистем, що розташовані на висотах понад 1000 м.

До ядра домінантів (видів, частка яких в угру- пованні тримається на рівні субдомінантів, домі- нантів або еудомінантів, принаймні в одній з еко- систем) належать 8 видів павуків (табл. 2). Їхня сумарна частка становить 95,5 %.

Найбільш численним і широко розповсю- дженим у досліджених екосистемах є євритоп- ний лісовий вид *C. angustiarum*. Примітною є присутність серед ядра домінантів тих видів, які мають охоронювані категорії “Червоного списку Карпат” (Gajdoš et al. 2014), зокрема: *Coelotes pickardi carpathensis* (Agelenidae) – NT, endem; *Palliduphantes milleri* – VU, endem (Linyphiidae), *Sintula corniger* (Blackwall, 1856) – VU (Linyphiidae). Особливої уваги потребує знахідка *Theridion boesenbergi* Strand, 1904 (Theridiidae), який для Львівської області виявлений вперше. У екосистемах приполонинного старовікового лісу та рідколісся зафіксований інвазивний пів- нічноамериканський вид *Mermessus trilobatus* (Emerton, 1882), поширений у західних областях України (Закарпатська, Львівська, Тернопільська), проте частка його незначна: у обох екосистемах він виступає субрецидентом (Yanul, Hirna 2024).

Відмінності у видовому складі павуків окре- мих екосистем переважно зумовлені видами реце- дентами та субрецидентами. Так, притаманними лише для ПП-1 виявились 5 видів павуків, усі вони належать до субрецидентів: *Centromerus arcanus* (O. Pickard-Cambridge, 1873), *Ceratinella brevis* (Wider, 1834), *Nerienne emphana* (Walckenaer, 1841), *Walckenaeria atrotibialis* (O. Pickard-Cambridge, 1878), *Piratula latitans* (Blackwall, 1841). Такими, що виявлені лише на ПП-2, є 8 видів паву- ків: *Coelotes terrestris*, *Callobius claustrarius*, *Centromerus sellarius* (Simon, 1884), *Walckenaeria mitrata* (Menge, 1868), *Neon reticulatus* (Blackwall, 1853), *Segestia senoculata* (Linnaeus, 1758), *Zora spinimana* (Sundevall, 1833), *Theridion boesenbergi*. Всі перелічені для ПП-2 види, окрім перших двох, належать до субрецидентів. Найбільше видів, що не траплялися на інших пробних пло- щах, виявлено у складі буково-горобинового рідколісся (ПП-3): *Clubiona comta* C.L. Koch, 1839, *Diplostyla concolor* (Wider, 1834), *Gonatium rubellum* (Blackwall, 1841), *Mughiphantes mughii* (Fickert, 1875), *Oedothorax retusus* (Westring, 1851), *Sintula corniger* (Blackwall, 1856), *Stemonyphantes lineatus* (Linnaeus, 1758), *Tenuiphantes cristatus* (Menge, 1866), *Walckenaeria antica* (Wider, 1834), *Walckenaeria furcillata* (Menge, 1869).



Таблиця 1. Видовий склад та динамічна щільність павуків (особини на 100 пастко-днів) лісових екосистем північно-східного схилу г. Пікуй (символ «–» позначає відсутність виду в угрупованні)

Table 1. Species composition and dynamic density of spiders (individuals per 100 trap-days) in forest ecosystems of the north-eastern slope of Pikuy mt (symbol “–” means absence of species)

Родини Families	Види Species	Пробні площі Study plot		
		ПП-1	ПП-2	ПП-3
Agelenidae (3)	<i>Coelotes pickardi carpathensis</i> Ovtchinnikov, 1999	1,72	–	11,00
	<i>Coelotes terrestris</i> (Wider, 1834)	–	4,08	–
	<i>Inermocoelotes inermis</i> (L. Koch, 1855)	0,11	23,47	0,08
Amaurobiidae (1)	<i>Callobius claustrarius</i> (Hahn, 1833)	–	36,65	–
Clubionidae (1)	<i>Clubiona compta</i> C. L. Koch, 1839	–	–	0,11
Cybaeidae (2)	<i>Cryphoea silvicola</i> (C. L. Koch, 1834)	0,04	–	0,18
	<i>Cybaeus angustiarum</i> L. Koch, 1868	10,60	63,73	8,02
Linyphiidae (26)	<i>Centromerus arcanus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1873)	0,04	–	–
	<i>Centromerus sellarius</i> (Simon, 1884)	–	1,17	–
	<i>Centromerus silvicola</i> (Kulczyński, 1887)	–	0,26	0,04
	<i>Ceratinella brevis</i> (Wider, 1834)	0,04	–	–
	<i>Diplocephalus latifrons</i> (O. Pickard-Cambridge, 1863)	0,15	–	0,07
	<i>Diplocephalus picinus</i> (Blackwall, 1841)	6,47	2,65	1,11
	<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)	–	–	0,12
	<i>Gonatium rubellum</i> (Blackwall, 1841)	–	–	0,04
	<i>Macrargus rufus</i> (Wider, 1834)	–	0,85	0,08
	<i>Mermessus trilobatus</i> (Emerton, 1882)	0,07	–	0,12
	<i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	1,02	–	1,09
	<i>Mughiphantes mughi</i> (Fickert, 1875)	–	–	0,08
	<i>Nerience emphana</i> (Walckenaer, 1841)	0,04	–	–
	<i>Oedothorax retusus</i> (Westring, 1851)	–	–	0,04
	<i>Palliduphantes milleri</i> (Starega, 1972)	1,94	0,26	0,81
	<i>Saloca kulczynskii</i> Miller & Kratochvíl, 1939	0,15	0,53	0,04
	<i>Sintula corniger</i> (Blackwall, 1856)	–	–	0,04
	<i>Stemonyphantes lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	0,12
	<i>Tenuiphantes alacris</i> (Blackwall, 1853)	0,44	–	0,75
	<i>Tenuiphantes cristatus</i> (Menge, 1866)	–	–	0,04
	<i>Tenuiphantes tenebricola</i> (Wider, 1834)	10,45	4,50	3,15
	<i>Walckenaeria alticeps</i> (Denis, 1952)	0,18	–	0,08
	<i>Walckenaeria antica</i> (Wider, 1834)	–	–	0,04
<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. Pickard-Cambridge, 1878)	0,04	–	–	
<i>Walckenaeria furcillata</i> (Menge, 1869)	–	–	0,04	
<i>Walckenaeria mitrata</i> (Menge, 1868)	–	0,26	–	
Lycosidae (1)	<i>Piratula latitans</i> (Blackwall, 1841)	0,04	–	–
Salticidae (1)	<i>Neon reticulatus</i> (Blackwall, 1853)	–	0,29	–
Segestriidae (1)	<i>Segestria senoculata</i> (Linnaeus, 1758)	–	0,26	–
Miturgidae (1)	<i>Zora spinimana</i> (Sundevall, 1833)	–	0,26	–
Theridiidae (1)	<i>Theridion boesenbergi</i> Strand, 1904	–	0,29	–

Для оцінки відмінностей у видовому складі павуків між трьома лісовими ділянками було застосовано perMANOVA (adonis2) на основі матриці відстаней Bray–Curtis. Отримані результати вказують на істотні відмінності у складі видів між ділянками ( $F = 5,29$ ;  $p = 0,001$ ). Просторовий фактор пояснив 41,4 % загальної дисперсії видового складу ( $R^2 = 0,414$ ), а залишковий компонент –

58,6 %. Такі результати засвідчують чітку просторову неоднорідність структури угруповань павуків у досліджених лісових екосистемах, вказуючи на важливу роль типу лісових екосистем та висотної диференціації у формуванні видового складу угруповань павуків північно-східного схилу г. Пікуй.

Індекс Шеннона вказує на істотно вищий рівень видового різноманіття на ділянках ПП-1



Таблиця 2. Структура домінування павуків лісових екосистем північно-східного макросхилу г. Пікуй  
 Table 2. Dominance structure of spider communities in forest ecosystems of the eastern slope of Pikui Mt

Родини Families	Види Species	Пробні площі Study plot		
		ПП-1	ПП-2	ПП-3
Agelenidae	<i>Coelotes pickardi carpathensis</i> Ovtchinnikov, 1999	SD	–	ED
Agelenidae	<i>Inermocoelotes inermis</i> (L. Koch, 1855)	SR	D	SR
Amaurobiidae	<i>Callobius claustrarius</i> (Hahn, 1833)	–	ED	–
Cybaeidae	<i>Cybaeus angustiarum</i> L. Koch, 1868	D	ED	D
Linyphiidae	<i>Diplocephalus picinus</i> (Blackwall, 1841)	D	R	SD
Linyphiidae	<i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	R	–	SD
Linyphiidae	<i>Palliduphantes milleri</i> (Starega, 1972)	SD	SR	R
Linyphiidae	<i>Tenuiphantes tenebricola</i> (Wider, 1834)	D	R	D

Примітка: ED – еудомінант, SD – субдомінант, D – домінант, SR – субрецент, R – рецент, «–» – вид, відсутній в угрупованні.

Note: ED – eudominant, SD – subdominant, D – dominant, SR – subrecedent, R – recedent; “–” – absence of species

( $1,59 \pm 0,13$ ) та ПП-3 ( $1,60 \pm 0,23$ ) порівняно із ділянкою ПП-2 ( $1,16 \pm 0,24$ ;  $p < 0,01$ ). Таким чином, старовіковий ліс, розташований на ниж-

чих висотах, характеризується менш рівномірним розподілом видів. На підтвердження цього, індекс домінування Бергера–Паркера вказує,

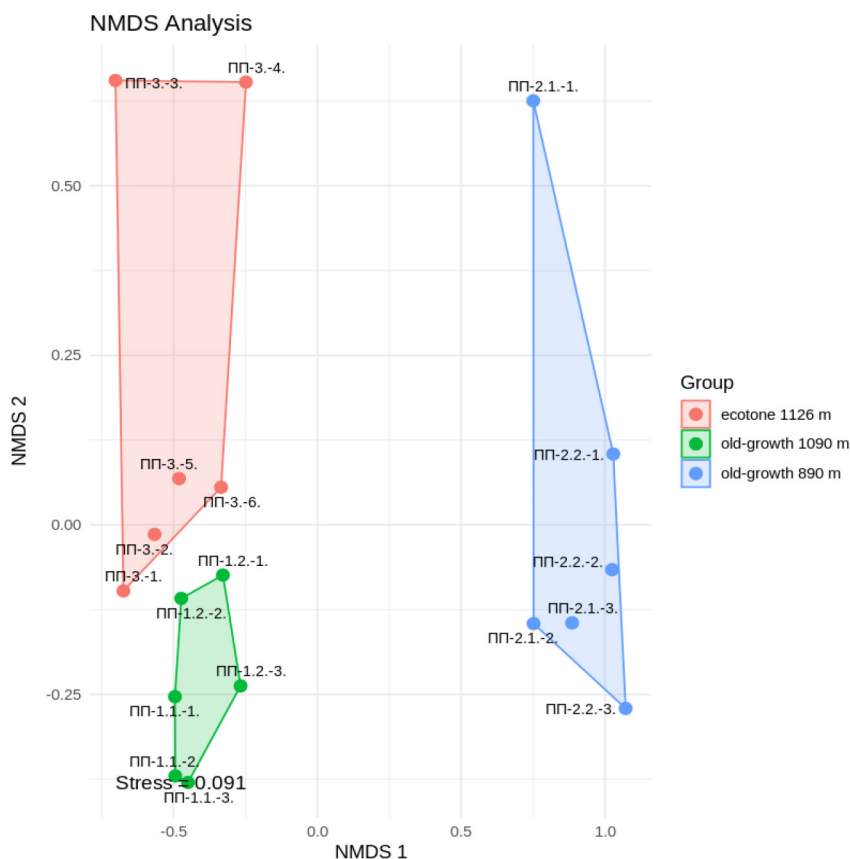


Рис. 1. Неметричне шкалювання (nMDS; Bray-Curtis index, stress = 0.091) для визначення подібності між угрупованнями павуків трьох досліджуваних лісових екосистем (за видовим складом та кількістю особин, old-growth 1090 m – Пробна площа (ПП) № 1, old-growth 890 – ПП № 2, woodland 1126 – ПП № 3. Кожна точка на графіку позначає серію з трьох пасток

Fig. 1. Non-metric multidimensional scaling (nMDS; Bray-Curtis index, stress = 0.091) for determining similarity between communities of spiders in three forest ecosystems (by species composition and number of individuals, old-growth 1090 – study plot № 1, old-growth 890 – study plot № 2, woodland 1126 – study plot № 3. Every point on the graph displays an arrow of three pitfall traps

що на ПП-2 відзначаються вищі рівні домінування одного виду, а саме *Cybaeus angustiarum* ( $0,57 \pm 0,13$ ) порівняно із ділянками ПП-1 ( $0,36 \pm 0,05$ ) та ПП-3 ( $0,42 \pm 0,09$ ), при рівні значущості  $p < 0,01$ .

Індекс Маргалефа засвідчує вищий рівень видового багатства на ділянці ПП-3 ( $2,24 \pm 0,68$ ) порівняно із ділянками старовікових лісів ( $1,59 \pm 0,48$  для ПП-1,  $1,34 \pm 0,42$  для ПП-2) при статистично значущій відмінності  $p < 0,05$ .

Таким чином, отримані результати свідчать про сприятливі умови для формування вищого видового багатства на рідколіссі, тоді як старовіковий ліс на нижчому гіпсометричному рівні характеризується більш високим рівнем домінування окремого виду (*C. angustiarum*). Це може бути пов'язано з мікрокліматичними умовами та структурою мікрооселищ, які формуються у лісових екосистемах на різних висотах.

Застосування NMDS-аналізу відстані дозволило оцінити подібність видового складу павуків між ділянками лісових екосистем. Значення стресу ( $\text{Stress} = 0.091$ ) вказує на високу відповідність двовимірної проєкції даних і дає змогу коректно інтерпретувати положення точок на графіку (рис. 1).

Приполюнний старовіковий ліс і рідколісся розташовані ближче один до одного за віссю NMDS1, ніж до старовікового лісу нижнього поясу. У той час як рідколісся та буковий ліс нижчого гіпсометричного рівня мають доволі близь-

кий розмах точок за віссю NMDS2, але є віддаленими між собою за віссю NMDS1. Це вказує на вплив висотного градієнта на видовий склад та структуру угруповань павуків у різних типах лісових екосистем.

## Висновки

У лісових екосистемах північно-східного схилу г. Пікуй виявлено 38 видів епігеобіонтних павуків, що належать до 10 родин. Найбільш різноманітною є родина Linyphiidae (26 видів). Agelenidae налічує 3 види, решта родин представлені одним або двома видами. До домінантного ядра (субдомінанти, донімінанти, еудомінанти) належать 8 видів павуків, з яких лише *Cybaeus angustiarum* поширений на всіх ділянках. Угруповання павуків буково-горобинового рідколісся є найбагатшим за кількістю видів, а найбіднішим – старовікового лісу на нижчих гіпсометричних рівнях. За значеннями індексів, що оцінюють біотичне різноманіття, показники видового багатства та вирівненості зменшуються у ряді рідколісся  $\Rightarrow$  приполюнний старовіковий ліс  $\Rightarrow$  старовіковий ліс нижчого гіпсометричного рівня. Попри це, старовіковому лісу нижчих гіпсометричних рівнів властива низка родин павуків, відсутніх у інших екосистемах, а також відмінний склад видів-домінантів. Це свідчить про істотний вплив висоти (гіпсометричного положення) на формування угруповань павуків старовікових яворово-букових лісів.

BASHTA, A.-T., HIRNA, A., KANARSKYI, Yu., LENEVYCH, O., TSARYK, I., SHPAKIVSKA, I., YAVORNYTSKYI, V., YANUL, V., YASHCHENKO, P. (2023) Doslidzhennia na postiiinii probnii ploshchi. In: *Litopys NPP "Boikivshchyny"*. T. 3. 2023 r. Borynia, pp. 105–114. (in Ukrainian).

DE MENDIBURU, F. (2020) *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research*. R package version 1.3-3. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae> (assessed June 2025).

GAJDOŠ, P., MOSCALIUC, L. A., ROZWAŁKA, R., HIRNA, A., MAJKUS, Z., GUBÁNYI, A., GÁBOR, M., SVATOŇ, J. (2014) Red list of spiders (Araneae) of the Carpathian Mts. Carpathian Red List of Forest Habitats and Species. *The State Nature Conservancy of the Slovak Republic*.

HERIAK, Yu. M., MARYSKEVYCH, O. H., YAVORNSKYI, I. Ye. (2022) Rarytetna komponenta fauny bezkhrbetnykh NPP Boikivshchyna. *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodnavchoho muzeiu*, 38, 147–158. (in Ukrainian).

SHPAKIVSKA, I., MARYSKEVYCH, O., BASHTA, A.-T., HIRNA, A., KANARSKYI, Yu., LELEKA, D., LENE-

VYCH, O., PYZHUK, I., TSARYK, I., YAVORNYTSKIY, V., YANUL, V., YASHCHENKO, P. (2023) Teoretyko-metodolohichni zasady ta pilotni doslidzhennia starovikovykh lisiv na terytorii natsionalnoho pryrodnoho parku "Boikivshchyna". *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii z nahody 55-richcia orhanizatsii Karpatskoho zapovidnyka ta 30-richchia zatverdzhennia v Ukraini biosfernykh terytorii dlia realizatsii v Ukraini stratehii staloho rozvytku*". Rakhiv, 21 November 2023, pp. 334–340. (in Ukrainian).

KRAVCHUK, Ya. (2017) Morfostrukturno-morphoskulpturnyi analiz reliefu Vododilno-Verkhovynskykh Karpat. In: *Problemy heomorfolohii I paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylyehlykh terytorii*. T. 7(1), 26–49. (in Ukrainian).

KRUHLOV, I. (2008) Delimitizatsiia, metryzatsiia ta klasyfikatsiia morfohenykh ekorehioniv Ukrainy Karpat. *Ukrainskyi heohrafichny zhurnal*, 3, 59–68. (in Ukrainian).

MCHUGH, M. L. (2011) Multiple comparison analysis: The post hoc test approach. *Biochemia Medica*. 21(3), 203–209. DOI: 10.11613/BM.2011.029

- McNAUGHTON, L. K., BARRAT, B. I., HEEZIK, Y. Van (2025) Invertebrate richness and diversity in parks situated along a gradient of urbanization, *Urban Ecosystems*, 28(3), 1–15. DOI: 10.1007/s1152-024-01475-9
- NENTWIG, W., BLICK, T., BOSMANS, R., GLOOR, D., H HÄNGGIA., KROPFC. (2025) Spiders of Europe. Version (4.2025). Available from: <https://www.araneae.nmbe.ch> (accessed April 2025) DOI: 10.24436/1
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLIN, D., MINOR, D., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., HENRY, M., STEVENS, H. (2022) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (accessed June 2025).
- PRYRODA LVIVSKOI OBLASTI (1972) K. I. Herenchuk (Ed.). Vydavnytstvo Lvivskoho universytetu, Lviv.
- PROTS, B., KAHALO, O. (2012) *Kataloh typiv oselyshch Ukrainskykh Karpat ta Zakarpatskoi nyzovyny*. Merkator, Lviv.
- R CORE TEAM (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org> (accessed June 2025).
- STÖCKER, G., BERGMANN, A. (1977) Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. 1. Modellbildung. Modellrealisierung, Dominanzklassen. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, 17(1), 1–26.
- WICKHAM, H. (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, New York. DOI: 10.1007/978-3-319-24277-4
- WICKHAM, H. (2023) Dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.3. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr> (accessed June 2025).
- WORLD SPIDER CATALOG (2025) *World Spider Catalog*. Version 26. Natural History Museum Bern. Available from: <http://wsc.nmbe.ch> accessed on (Apr. 2025). DOI: 10.24436/2
- YANUL, V. (2023a) Stan vyvchenosti ta perspektyvy doslidzhen uhrupovan pavukiv starovikovykh lisiv Ukrainskykh Karpat. *Mizhnarodna naukova konferentsiia studentiv ta aspirantiv "Molod i postup biolohii"*. Lviv, 26–28 April 2023, p. 115.
- YANUL, V. (2023b) Uhrupovannia pavukiv (Arachnida, Araneae) starovikovooho yavorovo-bukovooho lisu (Vododilno-Verkhovynskyi khrebet, Ukrainski Karpaty). *Materialy V(XVI) Mizhnarodnoi naukovo konferentsii molodykh uchenykh "Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti"*, Lviv, 18 October 2023, pp. 54–55.
- YANUL, V., HIRNA, A. (2024) Znakhidky adventyvnnykh pavukiv-linyfiid *Mermesus trilobatus* ta *Mermesus denticulatus* (Araneae: Linyphiidae) v Ukraini. In: *Aktualni problemy vyvchennia entomofauny zakhidnoho rehionu Ukrainy: zbirnyk tez naukovopraktychnoi konferentsii*. Ivano-Frankivsk – Stara Huta, 14–16 June 2024. Derzhavnyi pryrodoznavchyi muzei NAN Ukrainy, Lviv.

## ЕПОХА ВЕЛИКИХ ГЕНОМНИХ ВІДКРИТТІВ: КОРОТКИЙ НАРИС ІСТОРІЇ НАУКИ ПРО ГЕНОМНЕ РІЗНОМАНІТТЯ

Тарас ОЛЕКСИК<sup>1</sup>, Владислав МІРУТЕНКО<sup>2</sup>, Ярослава ГАСИНЕЦЬ<sup>1</sup>, Роман КІШ<sup>1</sup>, Андрій ВОШЧЕПИНЕЦЬ<sup>3</sup>

*У динамічному світі сучасної біології, надзвичайно стрімкий розвиток нової науки геноміки, що поєднала у собі методи біології та комп'ютерні технології, відкриває безмежні можливості для розуміння таємниць живих організмів, від найпростіших бактерій до людини. Незважаючи на безліч відкриттів у царині структури та функції геномів, ми все ще знаходимося на початкових стадіях зародження і розвитку цього напрямку. Глобальні ініціативи секвенування починаючи від Проєкту Геном Людин (HGP), НарМар та Проєкту 1000 геномів та інших подібних проєктів розширили наше розуміння генетичної різноманітності людей у контексті популяційної історії та еволюції нашого виду. Геномні методи революціонізували медицину, дозволяючи розробляти персоналізовані лікувальні стратегії з урахуванням генетичних особливостей кожної людини. Сучасні технології, такі як CRISPR-Cas9 та одноклітинне секвенування, відкривають нові можливості для геномних досліджень, але також ставлять перед нами нові, раніше невідомі, етичні, правові та соціальні виклики. Геноміка значно вплинула на зростання сучасної наукомісткої економіки, особливо додаючи до розвитку біоінформатики, біомедицини, та біотехнології, пропонуючи нові терапії та діагностичні інструменти, а також сприяючи розвитку точної медицини. Перехід до технологій секвенування нового покоління (NGS) та вдосконалення в обчислювальній техніці зробили геномну інформацію дешевішою та доступнішою. Майбутнє геноміки обіцяє радикальні зміни в охороні здоров'я, сільському господарстві та збереженні біорізноманіття, пропонуючи точнішу діагностику та персоналізоване лікування. Прогрес у цій галузі є наслідком роботи великої когорти науковців в усьому світі та міжнародної співпраці між ними, що відкрила і продовжує відкривати нові горизонти для покращення життя людства.*

**Ключові слова:** геноміка, геном людини, біоінформатика, філогенетика, бази даних, секвенування, генетичні проєкти.

<sup>1</sup> Кафедра ботаніки, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: taras.oleksyk@uzhnu.edu.ua; yaroslava.hasynets@uzhnu.edu.ua; roman.kish@uzhnu.edu.ua

<sup>2</sup> Кафедра ентомології та збереження біорізноманіття, Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua

<sup>3</sup> Кафедра системного аналізу і теорії оптимізації, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: andrii.voshchepynets@uzhnu.edu.ua

### ***The era of great genomic discoveries: a brief outline of the history of genome diversity science***

***Oleksyk T.<sup>1</sup>, Mirutenko V.<sup>2</sup>, Hasynets Ya.<sup>1</sup>, Kish R.<sup>1</sup>, Voshchepynets A.<sup>3</sup>***

*In the dynamic world of modern biology, the rapid development of the new science of genomics – which merges biological methods with computer technologies – has opened up vast possibilities for understanding the mysteries of living organisms, from the simplest bacteria to humans. Despite numerous discoveries in the field of genome structure and function, we are still at the early stages of the emergence and development of this discipline. Global sequencing initiatives such as the Human Genome Project (HGP), HapMap, the 1000 Genomes Project, and others have expanded our understanding of human genetic diversity in the context of population history and the evolution of our species. Genomic methods have revolutionized medicine by enabling the development of personalized treatment strategies tailored to the genetic characteristics of each individual. Modern technologies such as CRISPR-Cas9 and single-cell sequencing are opening new frontiers for genomic research, while also presenting novel ethical, legal, and social challenges previously unknown. Genomics has significantly contributed to the growth of today's knowledge-based economy, particularly by advancing bioinformatics, biomedicine, and biotechnology. It offers new therapies and diagnostic tools and facilitates the rise of precision medicine. The shift to next-generation sequencing (NGS) technologies and advancements in computing have made genomic information more affordable and accessible. The future of genomics promises radical changes in healthcare, agriculture, and biodiversity conservation, offering more accurate diagnostics and personalized treatments. Progress in this field is the result*



of the dedicated work of a large cohort of scientists worldwide and the international collaboration among them, which has opened – and continues to open – new horizons for improving human life.

**Key words:** genomics, human genome, bioinformatics, phylogenetics, databases, sequencing, genetic projects.

<sup>1</sup> Department of Botany, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: taras.oleksyk@uzhnu.edu.ua; yaroslava.hasynets@uzhnu.edu.ua; roman.kish@uzhnu.edu.ua

<sup>2</sup> Department of Entomology and Biodiversity Conservation, Uzhhorod National University, 32, Voloshyna Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: vladyslav.mirutenko@uzhnu.edu.ua

<sup>3</sup> Department of Systems Analysis and Optimization Theory, Uzhhorod National University, 14, Universytetska Str., Uzhhorod, 88000, Ukraine; e-mail: andrii.voshchepynets@uzhnu.edu.ua

## Дослідження у світі геноміки

У широкому та постійно змінюваному світі біології, геноміка змушує нас переосмислити традиційні поняття здоров'я та хвороби, розширюючи горизонти можливого в медичній науці. Ця, відносно новий науковий напрямок зміцнив містки між різними науковими галузями, такими як біотехнологія, біомедицина і біоінформатика. сприяючи міждисциплінарним дослідженням та відкриттям. Геном є сукупністю всієї генетичної інформації організму, закодованої у дезоксирибонуклеїновій кислоті (ДНК) (у випадку більшості організмів) або рибонуклеїновій кислоті (РНК – для деяких вірусів). Він включає як гени, які містять інструкції для синтезу білків та інших молекул, так і некодуючі послідовності, які регулюють активність генів та виконують інші важливі функції. Геном визначає унікальний набір характеристик організму та є ключем до розуміння його розвитку, функціонування та еволюції.

Геномні дані змушують нас переосмислити традиційні поняття здоров'я та хвороби, розширюючи горизонти можливого у медичній науці. Дослідження геномного різноманіття прискорює відкриття в області еволюційної біології, дозволяючи нам краще зрозуміти історію життя на Землі. У свою чергу, це обіцяє революцію в області збереження біорізноманіття, надаючи нам інструменти для захисту та відновлення унікальних генетичних ресурсів, започатковує нову еру в селекції рослин та тварин, відкриваючи шлях до створення більш стійких та продуктивних сортів. У той же час це ставить перед нами нові етичні, правові та соціальні виклики, які потребують глибокого розуміння та відповідального підходу. Щоб зрозуміти розвиток науки за останні три десятиліття, потрібно мати уявлення про історичний контекст технологічного прогресу та історію епохи великих геномних відкриттів, від ранніх днів секвенування одного геному, до новітніх ініціатив які готують підґрунтя для майбутнього.

Наука про геноми трансформувала наше розуміння людської генетики та заклала основу для багатьох інших відкриттів. Технологічний про-

грес відіграв ключову роль в її розвитку – від ранніх днів секвенування методом Сенгера до більш передових технологій наступного покоління (NGS) (International Human ... 2001; Venter et al. 2001; Mardis 2008; Shendure et al. 2008). Такі технологічні стрибки зробили геномні дані більш доступними, спричинивши зростання популярності і кількості геномних досліджень. Проекти на кшталт HGP (Проект Геном Людини) разом з іншими, такими як *HapMap* та Проект 1000 геномів, значно розширили наші знання про різноманіття генетики людини (International ... 2001; Nurk et al. 2022; The 1000 ... 2015). Національні геномні проекти у різних країнах продовжують поглиблювати і поширювати світові зусилля з вивчення генетичного різноманіття та його впливу на здоров'я та хвороби (Cavalli-Sforza 2003; UK10K ... 2015; Oleksyk et al. 2021; Oleksyk et al. 2022).

З огляду на майбутнє, ми стоїмо на порозі ще більш захоплюючих відкриттів. Нові технології обіцяють розширити межі можливого у охороні здоров'я, сільському господарстві та збереженні біорізноманіття (Doudna, Charpentier 2014; Human Cell ... 2017; Topol 2014; Church 2005). Однак зі швидким прогресом виникає необхідність розглядати етичні, правові та соціальні наслідки технологічного прогресу спричиненого доступністю інформації (Caulfield, McGuire 2012; Lander 2011; Knoppers, Chadwick 2005).

Мета цієї історично-оглядової роботи – не тільки констатація досягнень геноміки в минулому та її поточного стану, це також погляд у багатообіцяюче майбутнє, про те, як ці відкриття можуть покращити наше життя та світ навколо нас.

## Секвенування геному людини

Проект Геном Людини (HGP) став віхою в історії біологічних наук, відкривши двері до нової ери генетичних досліджень. Започаткований у кінці 20-го століття, цей амбітний проект мав за мету не лише картографувати, але й послідовно визначити всю послідовність ДНК у людському геномі, що є фундаментальним кроком для глибшого розуміння генетичних основ життя. Основна мета HGP полягала в тому, щоб зрозуміти функції,

закодовані в нашій ДНК, від механізмів розвитку та функціонування організму до генетичних складових захворювань людини.

Ідея Проєкту Геном Людини виникла в середині 1980-х років і стала одним з найамбітніших викликів у світі науки. Вчені прагнули не просто розшифрувати послідовність 3 мільярдів хімічних пар основ, які утворюють ДНК людини, але й ідентифікувати всі гени, закодовані в ній, що становить приблизно 20 000–25 000 генів. Ця масштабна задача вимагала не лише новітніх технологій та методологій, але й глибокого розуміння етичних, правових та соціальних аспектів, пов'язаних з доступом та використанням генетичної інформації. Впровадження програми *ELSI (Ethical, Legal, and Social Implications)* в рамках HGP стало важливим кроком у вирішенні цих питань, забезпечуючи, щоб наукові відкриття йшли рука об руку з етичними міркуваннями.

Два роки потому, використовуючи найкращі доступні технології для секвенування ДНК та доводячи їх до абсолютних меж, проєкт представив надзвичайно високоякісну послідовність людського геному, яка була майже повною, охоплюючи більше, ніж 90 % людського геному.

Однією з фундаментальних цілей HGP було також створення культури відкритості та співпраці в науковому співтоваристві, що передбачало безперешкодний обмін даними та результатами досліджень. Проєкт стикався з викликами, такими як дебати щодо методів секвенування геному, занепокоєння щодо патентування генетичної інформації та етичні наслідки доступу до генетичних даних. Нарешті, у 2001 році HGP та альтернативний приватний Проєкт Крега Вентера (Venter et al. 2001) і компанії *Celera Genomics* кожен оголосили про створення «чорновиків» послідовності людського геному.

HGP був глобальним зусиллям з великими внесками від США, Великобританії та інших країн. Джеймс Вотсон один з вчених, які відкрили структуру ДНК (Watson, Crick 1953), відіграв ключову роль у запуску Проєкту та встановленні його цілей. Доктор Френсіс Коллінз, який змінив Вотсона, відіграв вирішальну роль у організації Проєкту та виступав за вільний доступ до даних для всіх дослідників.

Цей підхід не тільки сприяв прогресу в геномних дослідженнях, але й заклав основу для майбутніх міжнародних проєктів у різних галузях науки. Під керівництвом доктора Коллінза команда HGP досягла своєї мети до 2003 року, опублікувавши так званий «чорновик» повної послідовності люд-

ського геному – високоякісну послідовність людського геному, яка була майже повною, охоплюючи більше, ніж 90 % довжини хромосом (Collins et al. 2003).

Врешті решт, «чистовик» геному був опублікований майже два десятиліття потому – у 2022 році. Повний геном людини включає безпрогалинну збірку від теломери до теломери (T2T) для всіх 22 людських аутосом та хромосоми X, що складаються з 3 054 815 472 нуклеотидів ДНК, а також мітохондріальний геном довжиною 16 569 нуклеотидів. Ця публікація усунула перешкоди для подальшого аналізу всіх 100 % людського геному, включаючи всі центромерні та теломерні регіони хромосом.

### **Розвиток нових технологій секвенування ДНК**

Завершення HGP стало переломним моментом для технологій секвенування ДНК. Потреба отримувати великі обсяги інформації цілих геномів призвела до розробки швидших, доступніших та більш точних методів секвенування ДНК. Таким чином, десятиліття після HGP відзначилося значними змінами у підходах, зокрема переходом від секвенування за методом Сенгера, яке використовувалося до цього часу включно з HGP і потребувало значних коштів, до секвенування нового покоління (NGS), яке повністю трансформувало галузь геноміки, зробивши секвенування набагато дешевшим і швидшим.

Традиційно секвенування ДНК було тісно пов'язане з розумінням структури ДНК. Ранні методи, такі як техніка Максама-Гілберта та секвенування за Сенгером. Останнє набуло популярності у 1970-х роках як основний метод і «золотий стандарт» якості даних на початкових етапах HGP. Цей метод і досі використовується як стандарт для верифікації результатів отриманих за допомогою інших технологій. Однак метод Сенгера був занадто повільним, відносно дорогим і не підходив для нових великих проєктів, таких як секвенування повних геномів.

Розробка методу піросеквенування Полом Нюреном (Ronaghi 2000) позначило початок ери секвенування нового покоління (NGS) – ери швидших і ефективніших технологій. Піросеквенування – це метод секвенування ДНК, який вимірює випромінювання світла при додаванні нуклеотиду до синтезованого ДНК ланцюга. Цей метод дозволяє секвенувати одразу повний геном, порізаний на мільярди фрагментів однакової довжини. Це означає що дані секвенування потрібно впорядкувати у геномні карти вздовж лінійних координат хро-

мосом. Цей процес збірки (асемблювання), вимагає інтенсивних біоінформатичних обчислювань для яких потрібні швидкі сервери, великі кластери і об'ємні блоки пам'яті. Ранні NGS методи, такі як піросеквенування мали кілька важливих недоліків, зокрема обмежену довжину зчитування фрагментів ДНК, що ускладнювала асемблювання геному, та труднощі з точним визначенням гомополімерних регіонів, де один і той самий нуклеотид повторювався багато разів підряд.

У 2010-х роках більш сучасні, дешеві і доступні підходи були розвинуті компаніями *Ion Torrent* та *Illumina*, поставши новими стандартами у галузі NGS. Платформа *Illumina* заснована на принципі секвенування синтезом з використанням реверсних термінаторів, що забезпечує високу пропускну здатність та точність. На противагу цьому *Ion Torrent* використав напівпровідникові сенсори для безпосереднього виявлення потоку атомів водню під час синтезу ДНК, що дозволило швидко та ефективно читати послідовність нуклеотидів без використання флуоресцентних міток, зменшуючи вартість та складність процесу. Обидві технології в змозі одночасно секвенувати мільйони фрагментів ДНК, забезпечуючи глибину покриття та можливість детального аналізу геномів. Перехід до нових платформ NGS значно збільшив швидкість та знизив вартість секвенування, роблячи геномні дослідження більш доступними для широкого кола дослідників.

Технології NGS дозволили проводити секвенування ДНК у величезних масштабах. У цю епоху були зроблені внески такими вченими як Джордж Черч та Крейг Вентер, які відіграли ключові ролі у підвищенні швидкості та доступності геномних досліджень, і внесли великий вклад у розуміння геноміки. Черч зробив значний внесок у розробку методів секвенування наступного покоління, а Вентер був одним з перших, хто використав ці технології для секвенування повного людського геному, відкриваючи нові можливості для генетичних досліджень. Ці досягнення мали глибокий вплив на геноміку, створивши умови до прогресу в персоналізованій медицині (Church 2005; Topol 2014), генетичних дослідженнях та розумінні генетичної складової складних і комплексних захворювань.

У 2020-х роках NGS стає центральним інструментом у різних наукових галузях, з тенденціями до розвитку ще більш передових технологій. Секвенування широко використовується у різних областях, включаючи клінічну діагностику, геноміку раку та еволюційну біологію. Інновації, такі

як секвенування окремих клітин та секвенування з довгими зчитуваннями, набувають поширення. Інтеграція великих даних, штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних зростає, вимагаючи все більших знань і можливостей у сфері біоінформатики.

### **Вирішальна роль біоінформатики у геноміці**

У контексті сучасних біологічних досліджень біоінформатика відіграє ключову роль у розшифруванні та аналізі масивних наборів даних, отриманих у результаті вивчення фундаментальних структур життя, зокрема ДНК і РНК. У сфері геноміки, яка зосереджена на всебічному дослідженні генетичного матеріалу організмів, значення біоінформатики неможливо переоцінити. Ця дисципліна надає дослідникам необхідні інструменти та методології для структурування та інтерпретації генетичної інформації, дозволяючи інтегрувати різноманітні дані в єдину когерентну картину геному (Mount 2007; Pevzner 2000). Через це вчені можуть визначати функціональність різних сегментів ДНК, розкриваючи механізми, що лежать в основі генетичних процесів та їх вплив на фенотип організму.

Біоінформатика є сумішшю біології, комп'ютерних наук та математики, і цей напрямок наразі активно розвивається. Першопочатково біоінформатика в основному займалася читанням та порівнянням послідовностей ДНК. HGP надав особливо сильного поштовху для розвитку цієї науки, тому що вченим потрібен був спосіб впоратися з усіма даними людського геному. Одне з ключових завдань у біоінформатиці – вирівнювання послідовностей ДНК, щоб знайти схожості та відмінності (Altschul et al. 1990). Це допомагає скласти геном з багатьох маленьких фрагментів ДНК та зрозуміти, як пов'язані різні гени між собою. Біоінформатики з HGP мусили створити спеціальні алгоритми для вирівнювання послідовностей або бази даних, які зберігають усю цю генетичну інформацію. Ці інструменти використовуються не тільки в академічних дослідженнях, вони також застосовуються у медицині для допомоги у розумінні захворювань та в інших галузях науки.

На сьогодні сфера біоінформатики стосується обробки та розуміння величезних обсягів різноманітних геномних даних, а завдяки прогресу в технологіях, таких як хмарні обчислення та машинне навчання, вона стала ще більш потужною. Зі збільшенням кількості генетичних даних біоінформатика стикається з великими викликами, такими як спосіб зберігання всієї цієї інформації та продовження вдосконалення інструментів,

щоб вони були доступні для всіх. Але з постійним прогресом у технологіях, біоінформатика готова відігравати ще більшу роль у допомозі розуміння життя на генетичному рівні та надавати поради щодо генетичних проблеми зі здоров'ям з великою точністю.

Швидкий розвиток технологій секвенування, особливо секвенування нового покоління (NGS), сприяв реалізації масштабних проєктів, значно прискорив процес секвенування та водночас знизив їхню вартість. Ціна секвенування людського геному значно зменшилася протягом останнього десятиліття, що часто ілюструється на графіку «вартість за геном», демонструючи стрімке падіння цін з появою технологій NGS. Таке зниження вартості відбувається значно швидше, ніж темпи технологічного розвитку в інших сферах, що часто порівнюють із законом Мура, роблячи секвенування геному більш доступним і широко використовуваним. З'явилися бази даних, які містять терабайти інформації про геноми, які поповнюються і зростають щодня. В результаті, наявність величезної кількості геномних даних перетворила аналіз цих даних, а саме біоінформатику, на критичну ділянку в науці про геноми. Проблема полягає не стільки в генерації даних, скільки в їх інтерпретації та аналізі і вимагає розширення можливостей та розвитку інструментів у галузі біоінформатики.

#### **Бази даних геномного різноманіття**

Бази даних геномів подібні до величезних бібліотек, які зберігають інформацію про послідовність генетичного матеріалу у цифровому форматі. Вони містять цілі геноми, окремі гени та варіанти, такі як SNP (одно-нуклеотидні поліморфізми), делеції (вирізки), інсерції (вставки), транслокації (переміщення фрагментів) та інші зміни в нашій ДНК, які роблять кожний організм унікальним. Ці бази даних полегшують доступ та використання величезної кількості генетичної інформації дослідникам по всьому світу і є важливими ресурсами для вчених, які намагаються зрозуміти генетичні відмінності між людьми та їх вплив на здоров'я носіїв, ризик захворювань та індивідуальну реакцію на ліки.

Одним з перших великих геномних проєктів у цій галузі був Міжнародний Проєкт Карти Гаплотипів (*International HapMap*) започаткований у 2002 році. Основна ідея проєкту полягала в тому, щоб зробити каталог SNP, та визначити, як ці варіації групуються разом у різних популяціях людей по всьому світу. У першій стадії HapMap було включено зразки від 269 осіб, які представ-

ляли чотири популяції з різних частин світу: по 30 тріо (дитина та обое батьків) з Африки (YRI) і США (CEU), а також 44 зразки з Японії (JPT) та 45 з Китаю (CHB). Це дозволило зібрати важливу інформацію про генетичну різноманітність в різних етнічних групах та визначити комбінації генетичних варіацій розташовані у локусах вздовж хромосоми, тобто гаплотипи, що успадковуються разом у людському геномі. Гаплотипна мапа дозволила вченим краще розуміти зчеплення між генетичними маркерами в різних популяціях, щоб більш ефективно ідентифікувати локуси генів, асоційовані з конкретними захворюваннями, а також допомогла зрозуміти, як генетичні відмінності між людьми з різним походженням впливають на здоров'я. В той же час популяційні дані повних геномів дозволили виявити генетичні варіації під впливом природнього добору, які сприяли адаптації до специфічних умов середовища, вивчати еволюційні зміни в часі та аналізувати зв'язок між генетикою та фенотипами.

Розширення етнічної різноманітності включених в HapMap зразків дало можливість краще зрозуміти генетичну структуру та історію різних популяцій, а також сприяло виявленню нових генетичних варіацій, які можуть бути пов'язані з певними захворюваннями або фенотиповими ознаками. Остання, третя фаза HapMap аналізувала зразки від 1184 осіб, які представляли 11 популяцій з різних частин світу, включаючи нові популяції з Африки, Азії, Європи та Америки, які не були представлені у попередніх публікаціях. Після завершення HapMap, який зосереджувався на вивченні генетичних варіацій у різних популяціях та створенні гаплотипної карти людського геному, наукова спільнота прагнула отримати щонайбільш повну картину генетичного різноманіття людства.

Проєкт 1000 геномів (*1000 Genomes Project*), що був розпочатий у 2008 році з метою створення найбільш детальної карти генетичних варіацій людини, можна розглядати як логічне продовження та розширення HapMap. Проєкт прагнув каталогізувати всі генетичні варіації, що зустрічаються хоча б у 1 % у одній з популяцій. Проєкт зібрав і проаналізував геноми більш ніж 2500 осіб з різних етнічних груп, значно розширивши розуміння генетичної структури людських популяцій та генетичної варіабельності порівняно з HapMap.

Проєкт 1000 геномів зробив великий крок вперед, секвенуючи ДНК людей з усього світу, багато з яких ніколи раніше не були включені у геномні дослідження. Він був прикладом успішної міжнародної співпраці в галузі геноміки, де різні групи



ділилися даними, ресурсами та експертизою для досягнення спільної мети. Популяції включалися з метою забезпечення широкого географічного та етнічного охоплення, щоб створити детальну карту генетичних варіацій всього людського виду. По перше, в проєкт включили популяції з різних частин світу, щоб забезпечити глобальне представництво генетичної різноманітності. По друге, важливо було вибрати популяції, які добре представляють генетичну структуру відповідних регіонів, уникаючи надмірного зосередження на дуже специфічних або ізольованих групах, щоб результати були максимально репрезентативними. Практичність збору та аналізу зразків також відіграла роль. Популяції, з яких було легше отримати зразки з достатньою кількістю інформації про походження та здоров'я учасників, мали більшу ймовірність включення. Карлос Д. Бустаманте, вчений венесуельського походження наполіг на включенні в Проєкт 1000 геномів генетично змішані популяції з Центральної та Південної Америки, висвітлюючи, як різні групи людей еволюціонували та адаптувалися з часом. Ці підходи і принципи допомогли забезпечити Проєкт 1000 геномів широким та різноманітним представництвом генетичних варіантів, що є критично важливим для розуміння генетичної структури людського виду та взаємозв'язків між генетикою та захворюваннями.

Паралельно великий крок у розбудові картини нашої генетичної різноманітності був зроблений завдяки Проєкту різноманітності людського геному (HGDP), який базувався на попередній роботі Луїджі Лука Каваллі-Сфорца зі Стенфордського університету (Cavalli-Sforza, Feldman 2003), який був одним з ініціаторів проєкту, піонером у галузі генетики людини та зробив значний внесок у його розвиток. Він був одним з перших, хто використовував генетичні дані для відстеження історії та переміщень людських популяцій. Зразки для HGDP були зібрані різними дослідницькими групами та індивідуальними вченими протягом кількох років. Каваллі-Сфорца та його колеги працювали над збором зразків з різних куточків світу, особливо зосереджуючись на ендемічних, аборигенних та ізольованих популяціях. HGDP мав на меті створити детальну карту генетичної різноманітності корінних народів світу і зумів секвенувати повні геноми 1 043 осіб приблизно з 52 різних популяцій, значно збагативши наші знання про людську генетичну різноманітність на Землі.

Міжнародні геномні проєкти, такі як Проєкт 1000 геномів (G1K) та Проєкт різноманітності

людського геному (HGDP), стали переломними моментами у розумінні широкого спектру людської генетичної різноманітності. Вони допомогли вченим виявити генетичні корені захворювань, які можуть значно відрізнятися серед різних етнічних груп, пролили світло на еволюцію і міграції людей. Розуміння повної картини геномного різноманіття має вирішальне значення для розвитку персоналізованої медицини, гарантуючи ефективність підходів для людей з різних популяцій.

#### **Глобальні та національні геномні проєкти: подолання генетичної прірви**

При всіх можливостях 1000 геномів та Проєкт різноманітності людського геному не могли представити кожен популяцію світу. Нерівномірність зібраних зразків призвела до появи «геномних пустель», де генетичні дані про місцеве населення не представлені у геномних базах даних, а тому недоступні для дослідників. Щоб заповнити ці пробіли, з'явилися національні геномні проєкти, які зосередилися на генетичній різноманітності конкретних країн. Ці ініціативи є ключовими для створення каталогів унікального генетичного профілю місцевого населення. Такі проєкти як *Genome England* та *UK Biobank* у Великобританії та програма *All of Us* у Сполучених Штатах Америки, очолюють цей напрям, секвенуючи геноми десятків тисяч осіб у своїх країнах.

Національні геномні проєкти відкрили нові можливості для розуміння людської генетичної різноманітності, зосереджуючись на конкретних популяціях, які не були повністю представлені у попередніх міжнародних дослідженнях. Знаковим прикладом може слугувати Проєкт *deCODE* в Ісландії, де дослідники використовували детальні генетичні та медичні записи країни для вивчення генетичних основ різних захворювань, таких як рак та хвороба Альцгеймера. Цей проєкт не тільки просунув наше розуміння цих захворювань, але й відіграв роль у відповіді Ісландії на виклики пандемії COVID-19. Незважаючи на деякі етичні занепокоєння щодо конфіденційності, *deCODE* став прецедентом для майбутніх національних геномних проєктів.

У Великобританії Проєкт *UK10K* мав на меті секвенувати геноми 10 000 осіб для виявлення рідкісних генетичних варіантів, пов'язаних з захворюваннями та іншими фенотипами (*UK10K... 2015*). Аналогічно Проєкт 100 000 геномів, також у Великобританії, став одним з найбільших національних зусиль у світі, інтегруючи геномну інформацію в національну систему охорони здоров'я. Водночас, оскільки генетичні дані стають більш

доступними, забезпечення конфіденційності та безпеки цієї чутливої інформації є надзвичайно важливим.

Національні проекти доповнюють глобальні зусилля, заповнюючи прогалини в нашому генетичному знанні, особливо щодо рідкісних та регіон-специфічних генетичних варіантів. Незважаючи на всі зусилля, все ще існує значний дисбаланс у генетичних дослідженнях між різними регіонами. Багато країн, що розвиваються, особливо в Африці та Південній Америці, відстають через обмежені ресурси та брак наукового досвіду. Хоча по всьому світу триває багато геномних проєктів, як міжнародних, так і національних, досить значна частина світового населення залишається недостатньо представленою в генетичних дослідженнях і повна картина геномного різноманіття людства залишається недосяжною. Це залишає значну частину людства поза межами генетичних досліджень.

### **Секвенування давніх геномів**

Секвенування давніх геномів відкриває нові горизонти для розуміння нашого минулого та впливу історичних подій на сучасну генетичну структуру, дозволяючи глибше зрозуміти, як минуле формує наше генетичне різноманіття. За останні 30 років, підходи до древньої ДНК пройшли через кілька значних етапів розвитку, які кардинально змінили наше розуміння людської еволюції, міграції та історії хвороб. Поєднання генетичних даних з археологічними та антропологічними знахідками дозволяє створювати більш повну картину історії та міграцій давніх людських популяцій (Krause, Trappe 2016; Reich 2018; Roberts 2015; Willerslev, Davison 2021).

Ранні спроби секвенування ДНК з давніх зразків у 1990-і роки часто були обмежені короткими фрагментами мітохондріальної ДНК. Це було пов'язано з технічними обмеженнями секвенування методом Сенгера та високим рівнем забруднення зразків сучасною ДНК. Завдяки секвенуванню нового покоління (NGS) стало можливим проводити більш широкомасштабні та детальні дослідження давніх геномів, включаючи секвенування повних геномів з невеликої кількості збереженої ДНК. Завдяки вдосконаленню методів екстракції ДНК, розробці стратегій для боротьби з забрудненням (контамінацією) зразка та появи секвенування NGS, стало можливим отримувати довші послідовності кращої якості ДНК з давніх зразків. Розвиток палеомікробіоміки дозволив досліджувати мікробіоми давніх зразків, надаючи інформацію про дієту, хвороби

та взаємодію між мікробами та їхніми носіями в далеку давнину.

Однією з ключових подій стало часткове секвенування геному неандертальця у 2010 році під керівництвом німецького вченого шведського походження Сванте Паабо (Paabo 2014). Це дозволило вперше порівняти геноми неандертальців із геномами сучасних людей, виявивши спільні генетичні елементи. Визнанням цієї роботи була Нобелівська премія, яку Паабо отримав у 2022 році. Це дослідження виявило, що сучасне населення за межами Африки має невеликий відсоток неандертальської ДНК, що свідчить про історичне змішування між двома видами.

Крім того, С. Паабо у співробітництві з Девідом Рейхом з Гарвардського Університету відіграли ключову роль у відкритті та аналізі геному денісовців – групи давніх людей, про існування яких стало відомо лише завдяки генетичним дослідженням. Денісовці – це група давніх людей, ідентифікованих виключно за їхнім генетичним матеріалом, отриманим з кількох невеликих фрагментів кісток та зубів, знайдених у печері Денісова на Алтаї. Аналіз ДНК показав, що денісовці були відокремленою групою, близькою до неандертальців, але зі своєю унікальною генетичною ідентичністю. Це відкриття вказало на складніші взаємодії між різними групами давніх людей, ніж вважалося раніше. Що найцікавіше, денісовська ДНК була виявлена не тільки у рештках, знайдених у Сибіру, але й у геномах сучасних людей, особливо у популяціях Меланезії та деяких інших азійських та океанських груп. Це свідчить про історичні змішування між денісовцями та анатомічно сучасними людьми.

### **Секвенування пангеномів**

Пангеном описує повний набір генів усіх штамів, видів або індивідів у певній групі організмів, включаючи ядерний геном зі спільними генами та додатковий геном з унікальними генами для окремих індивідів або штамів. Він складається з двох основних компонентів. Ядерний геном (Core Genome) – набір генів, які є спільними для всіх індивідів або штамів у групі. Ці гени зазвичай відповідають за основні життєві функції організму. Додатковий геном (Accessory Genome) – набір генів, які присутні тільки в деяких індивідах або штаммах. Ці гени можуть надавати специфічні адаптації або властивості, такі як стійкість до антибіотиків у мікроорганізмів або спеціалізовані метаболічні здібності.

Активні пангеномні проєкти, як-от Проєкт пангеному людини та Проєкт пангеному мікро-

біому, прагнуть створити більш комплексні та репрезентативні довідкові геноми, що відображають генетичну різноманітність та сприяють розумінню функціональної біології організмів (McInerney et al. 2017; Liao et al. 2023). Пангеномні аналізи можуть виявити раніше невідомі гени та метаболічні шляхи, що відкриває нові можливості для біотехнологічних застосувань. Пангеномні проекти дозволяють вченим досліджувати генетичну різноманітність на рівні виду або популяції, що є ключовим для розуміння еволюційних процесів, адаптацій та взаємодій між різними групами організмів. У медицині пангеномні проекти можуть допомогти ідентифікувати генетичні фактори, які пов'язані з хворобами, розумінням мікробіому людини та розробкою нових лікарських препаратів. У сільському господарстві пангеномні дані можуть сприяти відбору та розробці культур з покращеними властивостями, такими як стійкість до шкідників та хвороб, а також адаптація до змін клімату. Пангеномні проекти надають цінну інформацію для збереження біорізноманіття, дозволяючи оцінити генетичну варіабельність та стійкість популяцій до зовнішніх впливів.

#### **Системна біологія**

Під кінець 2010-х і на початок 2020-х років інтеграція великих наборів даних з різних омівних платформ (геноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка) за допомогою найсучасніших біоінформатичних інструментів та алгоритмів стала ключовою для розуміння складних біологічних систем на системному рівні. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання в функціональній геноміці почало відкривати нові шляхи для аналізу та інтерпретації складних генетичних даних, сприяючи відкриттю нових біологічних механізмів та потенційних терапевтичних мішеней.

**Системна біологія** інтегрує дані з різних біологічних дисциплін для побудови та аналізу комплексних біологічних систем (Kitano 2002; Alon 2020).

**Функціональна геноміка** включає аналіз експресії генів на рівні транскриптомів (РНК) за допомогою таких методів, як секвенування РНК (*RNA-seq*). Це дозволяє визначити, які гени активуються або пригнічуються в певних умовах або тканинах. Аналізуючи, як різні генетичні варіації впливають на фенотипи, функціональна геноміка допомагає з'ясувати молекулярні механізми, що лежать в основі розвитку захворювань, та ідентифікувати потенційні мішені для лікування.

**Транскриптоміка** займається вивченням всіх транскриптів (РНК молекул), включаючи інформаційну РНК (іРНК), рибосомну РНК (рРНК),

транспортну РНК (тРНК) та некодуючі РНК в клітині або організмі в певний момент часу. Транскриптоміка дає змогу аналізувати експресію генів та їх регуляцію, що допомагає зрозуміти функціональні аспекти клітинної активності та відповідь на різні зовнішні стимули. У свою чергу, протеоміка досліджує весь набір білків, які виробляються або модифікуються клітиною або організмом.

**Протеоміка** допомагає зрозуміти, як зміни на рівні геному впливають на функції білків та їх взаємодії, як гени та білки взаємодіють між собою та з іншими компонентами клітини, формуючи складні мережі, які регулюють функції на рівні клітин та організмів.

Функціональна геноміка і протеоміка є ключовою складовою системної біології, яка прагне інтегрувати різні типи даних (геномні, транскриптомні, протеомні та інші) для створення всеосяжної моделі живих систем.

На початок 2000-х років розвиток технології дозволив одночасно аналізувати експресію тисяч генів, що відкрило шлях для масштабних досліджень транскриптомів. Поява NGS технологій радикально змінила функціональну геноміку і транскриптоміку, зробивши секвенування геномів, транскриптомів та епігеномів швидшим і більш доступним. Розвиток *CRISPR-Cas9* та інших систем редагування геномів відкрив нові можливості для функціональних досліджень, дозволяючи вченим цілеспрямовано модифікувати геноми для вивчення функцій конкретних генів.

**Одноклітинне секвенування** стало новою віхою в революції біомедичних досліджень, надаючи глибоке розуміння біологічної гетерогенності та механізмів захворювань на рівні транскриптомів окремих клітин. Цей метод дозволяє виявляти варіації експресії генів на клітинному рівні, що є критично важливим для розуміння клітинної гетерогенності за нормальних та патологічних станів. Одноклітинне секвенування допомагає відстежувати шляхи розвитку та диференціації клітин, виявляючи, як генетичні та епігенетичні зміни впливають на долю окремих клітин.

**Метаболоміка** є важливою складовою системної біології, оскільки вона забезпечує глибоке розуміння метаболічних процесів у живих організмах. Ця дисципліна займається вивченням метаболітів – невеликих молекул, які є продуктами або проміжними речовинами метаболічних реакцій у клітинах, тканинах, організмах і біологічних рідинах. Метаболоміка відіграє ключову роль у системній біології, надаючи інструменти для глибокого аналізу метаболічних процесів та

їх впливу на функціонування організму на молекулярному рівні. Метаболоміка доповнює інші «омічні» дослідження, такі як геноміка, транскриптоміка та протеоміка, забезпечуючи комплексне розуміння біологічних систем. Така інтеграція дозволяє створити комплексне розуміння біологічних систем, їх регуляції та адаптації до змінних умов середовища.

Ключову роль у системній біології відіграє також **епігенетика**, наука про механізми, які регулюють активність генів без змін у послідовності ДНК. Епігенетика розширює наше розуміння генетики, показуючи, що фенотип організму визначається не тільки генами, але й регуляцією їх експресії, що відкриває нові перспективи для вивчення біології та лікування захворювань. Епігенетичні зміни можуть бути успадковані під час клітинного поділу та навіть передатися між поколіннями, але не впливають на первинну послідовність нуклеотидів у ДНК. Епігенетичні механізми включають ДНК-метилування, модифікації гістонів та некодуючі РНК, які разом впливають на структуру хроматину та доступ генів до транскрипційних процесів у клітині. Зростання інтересу до епігеноміки та вивчення пост-транскрипційних та пост-трансляційних модифікацій розширило розуміння регуляції генної експресії та її впливу на фенотип. Багато захворювань, включаючи рак, неврологічні розлади та метаболічні синдроми, пов'язані з епігенетичними змінами, що вказує на потенціал для розробки нових лікувальних стратегій.

#### **Порівняльна геноміка та філогенетика**

Початок порівняльної геноміки можна віднести до моменту, коли стало можливим секвенування ДНК. Геном *Haemophilus influenzae* став першим повністю просеквенованим геномом вільно живучого організму в 1995 році. Перші проекти з секвенування, такі як Проект геному людини та геноми модельних організмів (наприклад, шимпанзе, собаки, щура, миші, дрозофіли, нематоди, дріжджів, рижійки), забезпечили основу для порівняльних аналізів. Ці модельні організми були обрані для секвенування з різних причин, включаючи їх відносну простоту, короткі життєві цикли, легкість утримання в лабораторних умовах та велику кількість наявної генетичної інформації. Секвенування їхніх геномів відкрило нові можливості для генетичних та біологічних досліджень, забезпечивши фундаментальну інформацію для розуміння біологічних процесів на молекулярному рівні. Поглиблене вивчення геномних варіацій між різними видами дозволяє краще зрозуміти механізми еволюції, такі як горизонтальний пере-

нос генів, дуплікації генів, та їхній вплив на адаптацію та спеціалізацію.

Проект «Genome 10K» (G10K) та «Vertebrate Genomes Project» (VGP) значно розширили обсяг порівняльної геноміки, маючи на меті секвенування та аналіз геномів 10 000 та більше видів хребетних відповідно. Ці проекти покликані забезпечити глибоке розуміння еволюційних процесів та біорізноманіття. Такі ініціативи, як «Insect 10 000 Genomes» (i10K), проекти з геноміки птахів та збереження геноміки, розширюють межі порівняльної геноміки на інші групи організмів, включаючи комах та види, що знаходяться під загрозою зникнення. Це допомагає виявити ключові генетичні фактори, пов'язані з адаптацією, виживанням та збереженням видів.

Використовуючи нову інформацію про різноманітність між біологічними популяціями й видами, порівняльна геноміка стала потужним інструментом у вивченні генетичного коду, дозволяючи ідентифікувати генетичні варіанти, пов'язані з фенотипами притаманними людині у порівнянні з іншими видами. Порівняння геномів дозволяє виявити специфічні генетичні варіанти, які корелюють з певними фенотипами. Ці варіанти можуть включати *SNP*, інсерції, делеції та інші структурні варіації. Аналіз різноманіття геномів дозволяє не тільки ідентифікувати генетичні варіанти, але й досліджувати, як ці варіанти впливають на біологічні шляхи та процеси на молекулярному рівні. Це може включати вивчення впливу мутацій на експресію генів, білкову функцію та взаємодії між білками, що допомагає розкрити механізми розвитку захворювань.

Аналіз геномних послідовностей допомагає ідентифікувати ключові генетичні варіанти, які можуть впливати на адаптацію та виживання видів. Це включає варіанти, пов'язані зі стійкістю до хвороб, змінами в дієті, толерантністю до екстремальних умов середовища та іншими адаптивними рисами. Геномний аналіз дозволяє оцінити рівень генетичного різноманіття в межах та між популяціями видів. Високий рівень генетичного різноманіття зазвичай асоціюється з більшою стійкістю популяцій до змін у навколишньому середовищі та здатністю адаптуватися до нових умов. Визначення генетичних «вузьких місць» або зниження різноманіття може вказувати на популяції, які потребують негайних заходів зі збереження. На основі геномних даних можна розробляти цільові стратегії збереження, які враховують генетичну структуру популяцій, рівень різноманіття та потенційні адаптивні риси. Це може включати



в себе заходи зі збереження та відновлення середовища існування, створення генетичних резерватів, програми розведення з метою збереження генетичного різноманіття та інші заходи.

Порівняльна геноміка дозволяє визначити філогенетичні зв'язки між видами та популяціями, що може виявити історичні міграції, еволюційні розділення та гібридизацію (Delsuc et al. 2005; Ellegren 2008; Koonin 2012). Це розуміння допомагає визначити еволюційно значущі групи для збереження та розробки стратегій управління біорізноманіттям. Аналізуючи геномні послідовності різних популяцій та видів, можна ідентифікувати шляхи міграції та колонізації нових територій. Це допомагає зрозуміти, як географічні та кліматичні зміни впливали на розповсюдження та адаптацію видів. Геномні дані можуть вказувати на історичні події гібридизації між видами або популяціями, які сприяли обміну генетичним матеріалом та виникненню нових генетичних комбінацій. Це розуміння допомагає виявити механізми, за допомогою яких види адаптуються до умов середовища, які змінюються. Філогенетична інформація може слугувати основою для розробки стратегій збереження та управління біорізноманіттям, забезпечуючи збереження генетичного різноманіття та адаптивного потенціалу видів у світі, що швидко змінюється.

## Висновки

Геноміка сприяла значному економічному зростанню, зокрема швидкому розширенню біотехнологічного сектору. Вона призвела до розробки нових терапій, діагностичних інструментів і стала рушійною силою в точній медицині. Перехід від секвенування за Сенгером до технологій секвенування нового покоління революціонував геноміку, зробивши її швидшою та більш економічно вигідною. Хмарні обчислення та вдосконалення у галузі біоінформатики також були вирішальними у керуванні та аналізі величезних наборів даних. Найбільш помітний вплив спостерігається у сфері охорони здоров'я, зокрема в персоналізованій медицині, а також у нашому розумінні людської еволюції та генетичної різноманітності.

Водночас цей швидкий розвиток породжує багато суперечливих питань, які потрібно вирішити, щоб повністю зрозуміти вплив геноміки на наше життя. Будуть тривати дебати про суспільні наслідки геномних технологій, включаючи їх вплив на медичне страхування, зайнятість та суспільні нерівності. Права інтелектуальної власності в геноміці, особливо що стосується патентів на гени, продовжуватимуть бути предметом

правових суперечок. Питання, такі як генетична дискримінація, згода на генетичне тестування та етичні наслідки технологій редагування геному, як-от CRISPR, будуть на передньому плані.

Вивчення геномного різноманіття людини почалося з амбітного Проєкту Геному Людини, який мав на меті картографувати весь людський геном. Це монументальне завдання, завершене у 2003 році, поклало основу сучасної геноміки, революціонувавши наше розуміння людської біології та хвороб. Ключові постаті, як-от Фредерік Сенгер, який розробив перший практичний метод секвенування ДНК, та Крейг Вентер, відомий своєю роллю в HGP та секвенуванні цілого геному, зіграли вирішальну роль у цих ранніх розробках.

Після HGP такі проєкти, як НарМар та Проєкт 1000 геномів, ще більше розширили наше розуміння людської генетичної різноманітності. Ці зусилля значною мірою були підтримані прогресом у технологіях секвенування, переходом від секвенування за Сенгером до більш ефективних методів NGS. Ця технологічна еволюція не тільки зробила секвенування швидшим та доступнішим, але й дозволила аналізувати складні генетичні дані, що призвело до відкриттів у походженні різних захворювань та розвитку персоналізованої медицини. Поява національних геномних ініціатив стала унікальною можливістю заповнити прогалини та представити популяції, які раніше були ігноровані міжнародними проєктами.

Глобальні та національні геномні проєкти, такі як Проєкт 1000 геномів та Проєкт різноманітності людського геному, зіткнулися з викликом неповного представлення всіх світових популяцій, що призвело до появи «геномних пустель». Відповіддю на це стали національні геномні проєкти, які зосереджуються на генетичній різноманітності конкретних країн, наприклад *Genome England* та *All of Us* (США). Ці ініціативи допомагають заповнити прогалини у генетичних даних, але все ще існує дисбаланс у генетичних дослідженнях між різними регіонами світу.

Секвенування давніх геномів відкриває нові можливості для розуміння історичних подій та їх впливу на сучасну генетичну структуру. Пангеномні проєкти, які описують повний набір генів усіх індивідів групи, розширюють наше розуміння генетичної різноманітності та функціональної біології. Інтеграція великих наборів даних з різних оміксних платформ за допомогою системної біології та передових біоінформатичних інструментів відкриває нові шляхи для аналізу та інтерпретації складних генетичних даних, спри-

яючи відкриттю нових біологічних механізмів та потенційних терапевтичних мішеней.

Сьогодні геноміка перебуває на захоплюючому перехресті, де нові технології, такі як редагування геному CRISPR-Cas9 та секвенування окремих клітин, відкривають нові шляхи для досліджень та терапії. Технологія CRISPR, зокрема, трансформувала генетичні дослідження, дозволяючи точно та ефективно редагувати ДНК, з потенційними застосуваннями від генної терапії до сільського господарства. Інтеграція штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) в біоінформатику – ще одна значна сучасна тенденція. Ці технології покращують нашу здатність обробляти та інтерпретувати величезні обсяги даних, отриманих у результаті геномних досліджень, що призводить до більш точного моделювання захворювань та стратегій лікування. Однак це майбутнє не позбавлене викликів. Етичні, правові та соціальні наслідки, такі як питання конфіденційності, генетична дискримінація та справедливий розподіл геномних технологій, будуть ключовими питаннями, які потрібно вирішити в наступному десятилітті.

Дивлячись у майбутнє, можна стверджувати, що потенційний вплив геноміки є величезним. У сфері охорони здоров'я вона обіцяє більш точну діагностику та персоналізоване лікування. У сільському господарстві геноміка може призвести до розробки більш стійких та продуктивних культур. Крім того, вона пропонує інструменти для збереження біорізноманіття, допомагаючи зрозуміти

та зберегти генетичну різноманітність зникаючих видів.

Майбутнє геноміки готується будуватися на своїх видатних досягненнях, де нові технології, такі як CRISPR та секвенування окремих клітин, сприятимуть подальшим проривам. Геноміка продовжить революціонізувати охорону здоров'я, дозволяючи здійснювати більш точну діагностику, цільові терапії та глибше розуміння генетичної основи захворювань. Її вплив буде глибоко відчуватися в охороні здоров'я, сільському господарстві та збереженні біорізноманіття. Однак це майбутнє також несе складні етичні, правові та соціальні виклики, які потребуватимуть уважного розгляду та проактивного управління.

Прогрес у геноміці та біоінформатиці є свідченням людського винахідництва та наполегливості. Від розшифрування геному людини до точного редагування генів ми розкрили таємниці життя, які колись здавалися непереборними. Ця подорож, відзначена неймовірними технологічними досягненнями та співпрацею між націями, не лише про наукові досягнення. Це маяк надії на здоровий, більш сталий світ. Стоячи на порозі нових відкриттів, обіцянка геноміки поглибити наше розуміння життя, покращити людське здоров'я та захистити біорізноманіття нашої планети є більш відчутною, ніж будь-коли. Майбутнє геноміки, засноване на інноваціях та кероване етичними міркуваннями, має безпрецедентний потенціал для покращення життя людства та природного світу, в якому ми живемо.

- 
- ALON, U. (2020) *An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits*. Chapman & Hall/CRC.
- ALTSCHUL, S. F., GISH, W., MILLER, W., MYERS, E. W., LIPMAN, D. J. (1990) Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215(3), 403–410. DOI: 10.1016/S0022-2836(05)80360-2
- CAULFIELD, T., MCGUIRE, A.L. (2012) Direct-to-consumer genetic testing: Perceptions, problems, and policy responses. *Annual Review of Medicine*, 63, 23–33. DOI: 10.1146/annurev-med-062110-123753
- CAVALLI-SFORZA, L. L., FELDMAN, M. W. (2003) The application of molecular genetic approaches to the study of human evolution. *Nature Genetics*, 33, 266–275. DOI: 10.1038/ng1113
- CHURCH, G. M. (2005) The personal genome project. *Molecular Systems Biology*, 1 (1). DOI: 10.1038/msb4100040
- COLLINS, F. S., GREEN, E. D., GUTTMACHER, A. E., GUYER, M. S. (2003) A vision for the future of genomics research. *Nature*, 422 (6934), 835–847. DOI: 10.1038/nature01626
- DELSUC, F., BRINKMANN, H., PHILIPPE, H. (2005) Phylogenomics and the reconstruction of the tree of life. *Nature reviews. Genetics*, 6 (5), 361–375. DOI: 10.1038/nrg1603
- DOUDNA, J. A., CHARPENTIER, E. (2014) The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346 (6213), 1258096. DOI: 10.1126/science.1258096
- ELLEGREN H. (2008) Comparative genomics and the study of evolution by natural selection. *Molecular ecology*, 17(21), 4586–4596. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2008.03954.x
- INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM (2001) Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409, 860–921. DOI: 10.1038/35057062
- KITANO, H. (2002) Systems biology: a brief overview. *Science*, 295 (5560), 1662–1664. DOI: 10.1126/science.1069492
- KNOPPERS, B. M., CHADWICK, R. (2005) Human genetic research: Emerging trends in ethics. *Nature Reviews Genetics*, 6 (1), 75–79. DOI: /10.1038/nrg1505

- KOONIN, E. V. (2012) *The Logic of Chance: The Nature and Origin of Biological Evolution*. FT Press.
- KRAUSE, J., TRAPPE, T. (2016) *A Short History of Humanity: A New History of Old Europe*. Vintage.
- LANDER, E. S. (2011) Initial impact of the sequencing of the human genome. *Nature*, 470 (7333), 187–197. DOI: 10.1038/nature09792
- LIAO, WW., ASRI, M., EBLER, J., DOERR D., HAUKNES, M., PATEN, B. (2023) A draft human pangenome reference. *Nature*, 617, 312–324. DOI: 10.1038/s41586-023-05896-x
- MARDIS, E. R. (2008) Next-generation DNA sequencing methods. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 9, 387–402. DOI: 10.1146/annurev.genom.9.081307.164359
- McINERNEY, J. O., McNALLY, A., O'CONNELL, M. J. (2017) Why prokaryotes have pangenomes. *Nature Microbiology*, 2(4), 1–5.
- MOUNT, D. W. (2007) *Bioinformatics: Sequence and genome analysis*. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- NURK, S., KOREN, S., RHIE, A., Rautiainen, M., Bzikadze, A., Phillippy, A. M. (2022) The complete sequence of a human genome. *Science*, 376(6588), 44–53. DOI: 10.1126/science.abj6987
- OLEKSYK, T. K., WOLFSBERGER, W. W., SCHUBELKA, K., MANGUL, S., O'BRIEN, S. J. (2022) The Pioneer Advantage: Filling the blank spots on the map of genome diversity in Europe. *GigaScience*, 11, giac081. DOI: 10.1093/gigascience/giac081
- OLEKSYK, T. K., WOLFSBERGER, W. W., WEBER, A. M., SHCHUBELKA, K., OLEKSYK, O. T., LEVCHUK, O., PATRUS, A., LAZAR, N., CASTROMARQUEZ, S. O., HASYNETS, Y., BOLDYZHAR, P., NEYMET, M., URBANOVYCH, A., STAKHOVSKA, V., MALYAR, K., CHERVYAKOVA, S., PODOROHA, O., KOVALCHUK, N., RODRIGUEZFLORES, J. L., ZHOU, W., MEDLEY, S., BATTISTUZZI, F., LIU, R., HOU, Y., CHEN, S., YANG, H., YEAGER, M., DEAN, M., MILLS, R. E., SMOLANKA, V. (2021) Genome diversity in Ukraine. *GigaScience*, 10 (1), g1aa159. DOI: 10.1093/gigascience/g1aa159
- PAABO, S. (2014) *Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes*. Basic Books.
- PEVZNER, P. A. (2000) *Computational molecular biology: An algorithmic approach*. MIT Press.
- HUMAN CELL ATLAS MEETING PARTICIPANTS (2017) The Human Cell Atlas. *eLife*, 6, e27041. DOI: 10.7554/eLife.27041
- REICH, D. (2018) *Who We Are and How We Got Here: Ancient DNA and the New Science of the Human Past*. Pantheon Books.
- ROBERTS, A. (2015) *The Incredible Unlikelihood of Being: Evolution and the Making of Us*. Heron Books.
- RONAGHI, M. (2000) Improved Performance of Pyrosequencing Using Single-Stranded DNA-Binding Protein. *Analytical Biochemistry*, 286 (2), 282–288. DOI: 10.1006/abio.2000.4808
- SHENDURE, J., JI, H. (2008) Next-generation DNA sequencing. *Nature Biotechnology*, 26(10), 1135–1145. DOI: 10.1038/nbt1486
- THE 1000 GENOMES PROJECT CONSORTIUM (2015) A global reference for human genetic variation. *Nature*, 526 (7571), 68–74. DOI: 10.1038/nature15393
- TOPOL, E. J. (2014) Individualized medicine from prewomb to tomb. *Cell*, 157(1), 241–253. DOI: 10.1016/j.cell.2014.02.012
- UK10K CONSORTIUM (2015) The UK10K project identifies rare variants in health and disease. *Nature*, 526(7571), 82–90. DOI: 10.1038/nature14962
- VENTER, J. C., ADAMS, M. D., MYERS, E. W., LI, P. W., MURAL, R. J.,... & ZHU, X. (2001) The sequence of the human genome. *Science*, 291(5507), 1304–1351. DOI: 10.1126/science.1058040
- WATSON, J. D., CRICK, F. H. C. (1953) Molecular Structure of Nucleic Acids. *Nature*, 171, 737–738.
- WILLERSLEV, E., DAVISON, J. (2021) *Origins: A Genetic History of the Americas*. St. Martin's Press.



## СВІТЛІЙ ПАМ'ЯТІ УЧЕНИЦІ ТА КОЛЕГИ КАРИНИ ЗВЯГІНЦЕВОЇ

Мирослав ШЕВЕРА<sup>1</sup>, Віра ПРОТОПОПОВА<sup>2</sup>, Людмила ЗАВ'ЯЛОВА<sup>1</sup>, Любов ГУБАРЬ<sup>3</sup>,  
Ольга ОПТАСЮК<sup>4</sup>, Оксана КУЧЕР<sup>1</sup>, Тетяна ДВІРНА<sup>1</sup>, Тиберій ЛЮБКА<sup>5</sup>, Олена МІСЬКОВА<sup>1</sup>

*Публікація присвячена пам'яті молодого вченої-ботаніка, педагога, доцента кафедри ботаніки та екології рослин Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кандидата біологічних наук Каріни Звягінцевої (1985–2025). У роботі висвітлено її життєвий шлях та науковий доробок, який охоплював урбані флористику, фітоінвазії, охорону природи, у розвиток яких вона долучилася своїми оригінальними працями.*

**Ключові слова:** Каріна Звягінцева, науковець-ботанік, педагог.

<sup>1</sup> Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна; e-mail: shevera.myroslav@ukr.net; lzavialova7@gmail.com; kucher.oksana29@gmail.com; dvirna\_t@ukr.net; lena.miskova.enot@gmail.com

<sup>2</sup> Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, пл. Кошута, 6, Берегово, 90202, Україна; e-mail: protopopova.vira@ukr.net

<sup>3</sup> ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України», вул. Академіка Лебедєва, 37, Київ, 03143, Україна; e-mail: ogubar@gmail.com

<sup>4</sup> Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, вул. Івана Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, 32301, Україна; e-mail: linum@ukr.net

<sup>5</sup> Незалежний дослідник; e-mail: ljubkatibor@gmail.com

### *In memory of our respected doctoral student and colleague Karina Zvyagintseva*

***Shevera M.<sup>1</sup>, Protopopova V.<sup>2</sup>, Zavialova L.<sup>1</sup>, Gubar L.<sup>3</sup>, Optasyuk O.<sup>4</sup>, Kucher O.<sup>1</sup>, Dvirna T.<sup>1</sup>, Ljubka T.<sup>5</sup>, Miskova O.<sup>1</sup>***

*The paper is dedicated to the memory of Dr. Karina Zvyagintseva (1985–2025), a young botanist and educator, associate professor of the Department of Botany and Plant Ecology of the V. N. Karazin Kharkiv National University. Her life and scientific legacy are presented, highlighting her contributions to the development of urban floristics, plant invasions, and nature conservation through her original research.*

**Key words:** Karina Zvyagintseva, scientist-botanist, teacher.

<sup>1</sup> M. G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2, Tereshchenkivska Str., Kyiv, 01004, Ukraine; e-mail: shevera.myroslav@ukr.net; lzavialova7@gmail.com; kucher.oksana29@gmail.com; dvirna\_t@ukr.net; lena.miskova.enot@gmail.com

<sup>2</sup> Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, 6, Kossuth square, Berehove, 90202, Ukraine; e-mail: protopopova.vira@ukr.net

<sup>3</sup> State Institute «Institute for evolutionary ecology, NAS of Ukraine, 37, Lebedieva Str., Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: ogubar@gmail.com

<sup>4</sup> Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, 61, Ivan Ohienko Str., Kamianets-Podilskyi, 32301, Ukraine; e-mail: linum@ukr.net

<sup>5</sup> Independent researcher; e-mail: ljubkatibor@gmail.com

На початку травня 2025 р. із Харкова надійшла приголомшлива звістка. На 40-му році життя передчасно пішла у засвіти молода вчена-ботанік і педагог, доцент кафедри ботаніки та екології рослин Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна й одночасно провідний фахівець відділів аспірантури, докторантури та супроводу PhD програм і методичної та акредитаційної





роботи вишу, кандидат біологічних наук Каріна Звягінцева. У цю болочу втрату важко повірити, ще тяжче зрозуміти та прийняти її... Обірвалося життя молодой, енергійной, світлой людини в розквіті творчих сил, повной планів і задумів.

Каріна Звягінцева народилася 4 серпня 1985 р. у м. Харків у родині службовців. Навчалася у Харківському національному університеті імені В.Н.Каразіна, спеціалізувалася на вивченні ботаніки. У 2006 р. здобула ступінь бакалавра, у 2007 р. – магістра біології. Ще в студентські роки працювала на кафедрі старшим лаборантом. По закінченні вишу її залишили для продовження наукової кар'єри. Протягом 2008–2012 рр. навчалася заочно в аспірантурі Інституту ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України: під науковим керівництвом М.Шеври досліджувала урбанofлору Харкова. Кандидатську дисертацію на тему «Антропогенна трансформація флори м. Харкова» успішно захистила у 2015 р. З того часу працювала асистентом, згодом доцентом кафедри ботаніки та екології рослин у alma mater та провідним фахівцем відділу аспірантури, докторантури та супроводу PhD програм і відділу методичної та акредитаційної роботи.

Наукові інтереси Каріни Звягінцевої були пов'язані з урбанofлористикою, антропогенною трансформацією флори, фітоінвазіями та фітосозологією. Вона любила рідне місто Харків, добре знала його історію. Свою наукову діяльність пов'язала з вивченням рослинного покриву цього мегаполісу, дослідила стан і трансформацію флори, шукала й знаходила фрагменти природних масивів у межах міста, докладала зусиль для їхньої охорони та збереження. У своєму науковому дослідженні урбанofлори Харкова, здебільшого на основі власних зборів у природі, а також критичного опрацювання гербаріїв CWU і KW, встановила сучасний склад флори міста, який налічує 1094 види судинних рослин, здійснила її структурний та фракційний аналізи, з'ясувала особливості еколого-топологічної диференціації та антропогенної трансформації. Проаналізувала структуру урбанofлори Харкова і встановила її подібність до регіональної флори, бореально-субсередземноморсько-європейський характер із домішками євразійсько-південносибірських та номадійських геоелементів; виявила посилення ролі неморального геоеlementу флори, що в умовах антропогенної трансформації та сучасної зміни клімату є сталою тенденцією її розвитку.

Досліджувала сучасний стан та антропогенну трансформацію флори та рослинності борів

в межах міста. Також підготувала й опублікувала матеріали для створення в м. Харків ботанічного заказника «Новожанівський» із фрагментами справжніх лук, на яких збереглися рідкісні види рослин (*Ophioglossum vulgatum* L., *Botrychium lunaria* (L.) Sw., *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase, *A. palustris* (Jacq.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase, *Epipactis palustris* (L.) Crantz), занесені до Червоної книги України та підпадають під дію Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що знаходяться під загрозою зникнення (CITES). У межах міста дослідниця загалом виявила 67 рідкісних видів рослин, 17 з яких включені до Червоної книги, і створила оригінальні картосхеми їх поширення. Результати, засновані серед іншого на оригінальних картографічних матеріалах, є надійним підґрунтям подальшого моніторингу цих рідкісних видів рослин та розробки дієвих заходів охорони.

Дослідниця також вивчала різноманітні аспекти проблеми фітоінвазій: від фіксації нових видів чужорідних рослин, які спонтанно потрапили на територію м. Харкова (*Eragrostis suaveolens* A. K. Becker ex Claus, *Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile, *Euphorbia davidii* Subils та ін.) і своїм активним поширенням становлять загрозу для довкілля, підтверджуючи це оригінальними картами, до аналізу інвазійних видів та видів-трансформерів у флорі міста.

Каріна Звягінцева працювала в одному з найстаріших та найпрестижніших університетів України. Вона поєднувала наукову діяльність з освітньою, постійно вдосконалювала свої професійні навички. Щиро ділилася своїми знаннями зі студентам, які високо цінували її за професіоналізм. Викладала спеціальні курси: «Лабораторний практикум «Ботаніка: вищі рослини»», «Екофлора», «Флора природних та синантропних біотопів», «Садово-парковий дизайн» (міжфакультетська дисципліна для магістрів), проводила навчально-польові практики на біологічній базі навчального закладу в Гайдах та в самому місті.

Одноосібно й у співавторстві К. Звягінцева підготувала понад 50 наукових публікацій (див. вибрані праці), зокрема монографію «*An annotated checklist of the urban flora of Kharkiv*» (Zvyagintseva 2015), методичне видання «*Ботаніка: вищі рослини: навчально-методичний комплекс*» (Комариста та ін. 2021), численні оригінальні фахові статті, матеріали конференцій. Брала безпосередню участь у спеціалізованих наукових форумах (фото), зокрема

II, III і IV Всеукраїнських наукових конференцій «Синантропізація рослинного покриву України» (Переяслав-Хмельницький, 2012; Київ, 2019; Київ – Біла Церква, 2024), IX International Conference «Anthropization of environment of Rural Settlements. Flora and vegetation» (Kamyanyets–Podilskiy & Boyany, 2010), XII International Conference «Synanthropization of Flora and Vegetation» (Ужгород – Берегово, 2018), а восени минулого року – XV з'їзду Українського ботаніч-

ного товариства в м. Івано-Франківськ. На цих форумах дослідниця представляла оригінальні наукові доповіді, ділилася своїми науковими напрацюваннями з колегами, брала участь у наукових дискусіях.

Пам'ять про Каріну Звягінцеву – молоду вчену, світлу й щиру, надзвичайно позитивної вдачі Людину, її наукові здобутки, залишаться з нами назавжди. Висловлюємо щирі співчуття родині та колегам і поділяємо їхню скорботу.



Експерсія до Хотинської фортеці (околиці м. Хотин): зліва на право О. Кучер, В. Протопопова, К. Звягінцева (2010 р.)



Каріна Звягінцева (третя ліворуч) серед учасників II Всеукраїнської наукової конференції «Синантропізація рослинного покриву України» (м. Переяслав-Хмельницький, 2012 р.). Біля музею Т.Г. Шевченка





Експедиція в околицях урочища «Куряче горло» (околиці м. Переяслав-Хмельницький): зліва на право Л. Зав'ялова, М. Шевера, В. Протопопова, К. Звягінцева (2012 р.)



Каріна Звягінцева (друга праворуч) серед учасників III Всеукраїнської наукової конференції «Синантропізація рослинного покриву України» (м. Київ, 2019 р.). Парк «Феофанія»

#### Вибрані публікації К. Звягінцевої

ГАМУЛЯ, Ю. Г., ЗВЯГІНЦЕВА, К. А. (2010) Особливості зонирования местообитаний природной и антропогенной растительности г. Харькова. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Біологія*, 11(905), 43–54.

ГАМУЛЯ, Ю. Г., ЗВЯГІНЦЕВА, К. А., ЛАЗАРЕВА, З. Е. (2011) Боры города Харькова: современное состояние и антропогенная трансформация флоры и рас-

тительности. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 3(1), 30–36.

ЗВЯГІНЦЕВА, К. О., СІННА, О. І. (2012) До методики картування видів урбанofлори (на прикладі м. Харькова). *Промислова ботаніка, збірник наукових праць*, 12, 96–99.

ЗВЯГІНЦЕВА, К. О. (2013) Аналіз флори залізниць міста Харькова. *Вісник Харківського національного*

- університету імені В.Н.Каразіна. Серія Біологія, 17(1056), 44–53.
- ДВІРНА, Т.С., ЗВ'ЯГІНЦЕВА, К.О. (2013) Знахідки *Euphorbia davidii* Subils (Euphorbiaceae) на території Лівобережного лісостепу України. *Український ботанічний журнал*, 70(3), 351–353.
- ЗВ'ЯГІНЦЕВА, К.О. (2013) Інвазійні види в урбанофлорі Харкова. *Український ботанічний журнал*, 70(4), 508–513.
- ЗВ'ЯГІНЦЕВА, К.О. (2013) Знахідки адвентивних рослин у флорі м. Харкова. *Український ботанічний журнал*, 70(6), 772–775.
- ZVYAGINTSEVA, K.O. (2015) *An annotated checklist of the urban flora of Kharkiv*. V.N.Karazin Kharkiv National University, Kharkiv.
- ZVYAHINTSEVA, K.O. (2017) Current status of the rare component of the urban flora of Kharkiv. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Біологія*, 28, 155–160.
- ЗВ'ЯГІНЦЕВА, К.О. (2020) Матеріали до створення ботанічного заказника «Новожанівський» (м. Харків, Україна). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія Біологія*, 35, 16–23.
- КОМАРИСТА, В.П., ГАМУЛЯ, Ю.Г., БЕЗРОДНОВА, О.В., ЗВ'ЯГІНЦЕВА, К.О., КАЗАРІНОВА, Г.О. (2021) *Ботаніка: вищі рослини: навчально-методичний комплекс*. ХНУ імені В. Н. Каразіна, Харків.
- MOYSIYENKO, I.I., SHYNDER, O.I., LEVON, A.F., CHORNA, G.A., VOLUTSA, O.D., LAVRINENKO, K.V., KOLOMIYCHUK, V.P., SHOL, G.N., SHEVERA, M.V., BOROVYK, D.V., VYNOKUROV, D.S., ZVIAHINTSEVA, K.O., KALASHNIK, K.S., KAZARINOVA, H.O., LEVCHUK, L.V., SKOBEL, H.O., TARABUN, M.O., GERASIMCHUK, G.V., LYUBINSKA, L.G., BEZSMERTNA, O.O., BONDARENKO, H.M., MAMCHUR, T.V., PASHKEVYCH, N.A. (2023) Notes to vascular plants in Ukraine I. *Chornomorski Botanical Journal*, 19(1), 76–93.
- ZVIAHINTSEVA, K., KAZARINOVA, H., ABRAMOVA, G., MASHTALER, O. (2023) Ecological features and anthropogenic transformation of wetlands as part of urban floras of Ukraine. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 23(1), 13–27.



## НОТАТКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНЕ ВИДАННЯ

**НАУКОВИЙ ВІСНИК УЖГОРОДСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ.**

**Серія: Біологія**

Випуск 58

SCIENTIFIC-PRACTICAL EDITION

**SCIENTIFIC BULLETIN OF THE UZHGOROD  
UNIVERSITY.**

**Series Biology**

Issue 58

Підписано до друку 30.05.2025 р.  
Формат 60x90/8. Папір офсетний.  
Гарнітура Times  
Ум. друк. арк. 22,55. Тираж 300.  
Замовлення 0925/695.  
Наклад 300 примірників.

Signed for printing 30.05.2025.  
Paper size 60x90/8. Offset Paper. Font Times  
Conventional printed sheets 22,55.  
Order No. 0925/695.  
Print run – 100 copies

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

Publishing House "Helvetica"  
6/1 Inglezi, Odesa, 65101  
Phone +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua  
Certificate of the subject of publishing business  
DK No. 7623 dated June 22, 2022