

2022

ISSN 2786-6335 print  
ISSN 2786-6343 online

# Український журнал природничих наук

Ukrainian Journal of Natural Sciences

Український журнал природничих наук



Випуск 1

Випуск 1  
2022

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний університет імені Івана Франка

# **Український журнал природничих наук**

**Випуск 1**

Науковий журнал,  
заснований у 2022 році

Житомир  
2022

Видається за рішенням вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка  
(протокол № 20 від 28.10.2022 року).

**Редакційна колегія:**  
**Головний редактор**

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

**Заступник головного редактора**

**Шелюк Юлія** – доктор біологічних наук, професор, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Відповідальний секретар**

**Пацюк Марина** – кандидат біологічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Члени редакційної колегії**

**Атасарал Шебнем** – доктор наук з технології рибництва, професор, Караденізський технічний університет (Трабзон, Турецька Республіка)

**Балашова Галина** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Білясва Ірина** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Боймуродов Хуснідін** – доктор біологічних наук, професор, Самаркандський інститут ветеринарної медицини (Самарканд, Республіка Узбекистан)

**Власенко Руслана** – кандидат біологічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Воловик Володимир** – доктор географічних наук, доцент, професор, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (Вінниця, Україна)

**Гарбар Олександр** – доктор біологічних наук, професор, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

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

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

**Киричук Галина** – доктор біологічних наук, професор Житомирський державний університет імені Івана Франка (м. Житомир, Україна)

**Кичкирук Ольга** – кандидат хімічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Корнійчук Наталія** – кандидат біологічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Кусяк Наталія** – кандидат хімічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

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

**Лаврик Олександр** – доктор географічних наук, професор, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Листван Віталій** – кандидат хімічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Маларчук Микола** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

**Мудрак Галина** – кандидат географічних наук, доцент, Вінницький національний аграрний університет (Вінниця, Україна)

**Нестерчук Інна** – кандидат географічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Оксентюк Ярослава** – кандидат біологічних наук, старший викладач, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Островський Ілля** – кандидат біологічних наук, професор, Інститут океанографії і лімнології, Кінеретська лімнологічна лабораторія (Хайфа, Ізраїль)

**Пілярська Олена** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут зрошуваного землеробства НААН України (Херсон, Україна)

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

**Сидоренко Сергій** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український орден «Знак пошани» НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького Державного агентства лісових ресурсів України та НАН України (Харків, Україна)

**Стадніченко Агнеса** – доктор біологічних наук, професор, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

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

**Тітов Юрій** – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

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

**Хом'як Іван** – кандидат біологічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Чайка Микола** – кандидат хімічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

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

**Чумак Володимир** – кандидат хімічних наук, доцент, Житомирський державний університет імені Івана Франка (Житомир, Україна)

**Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації**  
**Серія КВ №25169-15109Р від 09.06.2022**

*Наукове періодичне видання*

Український журнал природничих наук: науковий журнал / [гол. ред. Овчаренко Микола, відп. ред. Шелюк Юлія].  
Житомир: Вид-во Житомирського держ. ун-ту імені І. Франка, 2022. Вип. 1. 187 с.

Виготовлено з оригінал-макету авторів  
Сайт видання: <http://naturaljournal.zu.edu.ua/>  
Макетування: Кривонос Олександр

*В усіх статтях збережено орфографію та пунктуацію авторів.*

Підписано до друку 28.01.2023 р. Формат 60x90/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 12.7 Обл.-вид. арк 21.7. Тираж 300. Замовлення 35.

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ЖТ №10 від 07.12.04 р.

E-mail: [zu@zu.edu.ua](mailto:zu@zu.edu.ua)

Україна, 10008, м. Житомир, вул. В. Бердичівська, 40. тел. (0412)431195, 431417

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

© Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2022

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

# **Ukrainian Journal of Natural Sciences**

**Issue 1**

Scientific journal,  
founded in 2022

Zhytomyr  
2022

*Approved for publication by the Academic Council of Zhytomyr Ivan Franko State University  
(protocol № 20 2 dated from 28.10.2022).*

**Editorial Board**

Editor-in-chief

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

Co-editor-in-chief

**Sheliuk Yuliia** – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Executive Secretary

**Patsyuk Maryna** – PhD (Biology), Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

Members of the Editorial Board

**Atasalar Şebnem** – Doctor Sciences in Fisheries Technology Engineering, Assistant Professor, Karadeniz Technical University (Trabzon, Turkey)

**Balashova Halyna** – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Scientist, Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

**Biliaieva Iryna** – Doctor of Sciences (Agricultural), Senior Scientist, Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

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

**Vlasenko Ruslana** – PhD (Biology), Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

**Harbar Oleksandr** – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

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

**Kyrychuk Halyna** – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

**Kornichuk Nataliia** – PhD (Biology), Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

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

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

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

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

**Mudrak Halyna** – PhD (Geography), Associate Professor, Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

**Nesterchuk Inna** – PhD (Geography), Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

**Oksentiuk Yaroslava** – PhD (Biology), Senior Lecturer, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

**Piliarska Olena** – PhD (Agricultural), Senior Scientist, Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine (Kherson, Ukraine)

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

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

**Stadnychenko Agnesa** – Doctor of Sciences (Biology), Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

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

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

**Khomyak Ivan** – PhD (Biology), Associate Professor, Zhytomyr Ivan Franko State University (Zhytomyr, Ukraine)

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

**Chekhnii Viktor** – PhD (Geography), Senior Scientist, Institute of Geography of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

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

Certificate of the Ministry of Justice of Ukraine on state registration of print media  
Series of KV №25169-15109R from 09.06.2022

*Scientific Periodical*

Ukrainian Journal of Natural Sciences/ [editor Ovcharenko Mykola, co-editor-in-chief Sheliuk Yuliia]. Zhytomyr: Zhytomyr Ivan Franko State University Press, 2022. Issue 1. 187 p.

Website: <http://naturaljournal.zu.edu.ua/>

Modelling: Kryvonos Olexandr

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

Signed for printing 28.01.2023 p. Size 60x90/8. Offset Paper. Font Times New Roman.

Risograph printing. Conventional printed sheets 12.7. Printed sheets 21.7. Number of copies 300. Order 35.

Zhytomyr Ivan Franko State University Press

Licence of the Subject of Publishing: Series ZhT № 10 from 07.12.04.

E-mail: [zu@zu.edu.ua](mailto:zu@zu.edu.ua)

Ukraine, 10008, Zhytomyr, Velyka Berdychivska Str., 40. tel. (0412)431195, 431417

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

© Zhytomyr Ivan Franko State University, 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

## БІОЛОГІЯ

UDC: 582.26/27 (282.247.322)

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.5-18

### WATER QUALITY ASSESSMENT OF PONDS OF THE CENTRAL POLISSIA BY THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL INDICATORS OF PHYTOPLANKTON

O. V. Kravtsova<sup>1</sup>, Y. S. Sheliuk<sup>2</sup>

Reservoirs formed in the process of human activity are a new type of reservoir and an integral element of landscapes. Studies of these water bodies make it possible to establish the mechanisms of formation and functioning of phytoplankton in artificially created ecosystems. Studies were conducted in 2018-2020 on phytoplankton assemblages in ponds of the Central Polissia area in Ukraine. The work aimed to evaluate the water quality of the Central Polissia ponds according to structural and functional indicators of phytoplankton development. Differences in phytoplankton abundance, biomass, and structure, dominant complexes of species were assessed in the studied ponds. 103 species of algae, represented by 105 intraspecific taxa, including those containing the nomenclature type species, from 7 divisions, 11 classes, 20 orders, 31 families, and 60 genera were found in the studied ponds. The occurrence of 9 types of algae, which were not previously found in the territory of Ukrainian Polyassia. Chlorophyta, Euglenozoa, and Miozoa were the structure-forming divisions in the phytoplankton biomass in the studied ponds. The dominant species complex of the ponds' phytoplankton (according to abundance and biomass) was formed by 5–18 species, which accounted for 33–62% of the species richness of the water bodies. Shannon's diversity index indicated the predominance of the polydominant structure of phytoplankton in most ponds.

Phytoplankton assemblages of the studied ponds in central Polissia were characterized by high biodiversity, differentiated structure, and differences in dominant species, which highlight the critical role of artificial water bodies in biodiversity. This study provides necessary information for understanding the changes in the phytoplankton community caused by anthropogenic impacts on artificial water bodies.

**Keywords:** algae, phytoplankton, ponds, Polissia.

<sup>1</sup> Candidate of biological Sciences (PhD in Biology)

Postdoctoral scholar

(Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine),  
Kyiv, 04210, Ukraine;

(University of South Florida, Tampa, Florida, 33602, USA)

e-mail: kravtsovaolga00@gmail.com

ORCID 0000-0002-4280-9399

<sup>2</sup> Doctor Sciences in biology, docent,

Professor Head of the Department of botany, bioresources and biodiversity conservation  
(Zhytomyr Ivan Franko State University)

e-mail: shelyuk\_Yulya@ukr.net

ORCID 0000-0001-6429-1028

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ СТАВКІВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ ЗА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ФІТОПЛАНКТОНУ

О. В. Кравцова, Ю. С. Шелюк

*Водойми, що утворилися в процесі діяльності людини, є новим типом водойм і невід'ємним елементом ландшафтів. Дослідження цих водних об'єктів дають змогу встановити механізми формування та функціонування фітопланктону в штучно створених екосистемах. У 2018-2020 роках проводились дослідження фітопланктону у ставках Центрального Полісся в Україні. Метою роботи було оцінити якість води ставків Центрального Полісся за структурно-функціональними показниками розвитку фітопланктону. З'ясовано особливості складу, чисельності, біомаси фітопланктону, домінуючих комплексів видів у досліджуваних ставках. У ставках виявлено 103 види водоростей, представлених 105 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом виду включно, із 7 відділів, 11 класів, 20 порядків, 31 родини та 60 родів. Виявлено 9 видів водоростей, які раніше не зустрічалися на території Українського Полісся. Структуроутворюючими відділами у формуванні біомаси фітопланктону досліджуваних водойм були Chlorophyta, Euglenozoa та Miozoa. Домінуючий видовий комплекс фітопланктону ставків (за чисельністю та біомасою) включав по 5–18 видів, що становило 33–62 % видового багатства водойм. Індекс різноманіття Шеннона вказував на переважання полідомінантної структури фітопланктону в більшості ставків. Фітопланктон досліджуваних водойм центрального Полісся характеризуються високим видовим багатством, полідомінантною структурою угруповань, складністю структури домінантних комплексів, що підкреслює вагомую роль штучних водойм у біорізноманітті. Це дослідження дає необхідну інформацію для розуміння змін у планктонних угрупованнях, зумовлених антропогенним впливом на штучні водойми.*

**Ключові слова:** водорості, фітопланктон, водойми, Полісся.

### Introduction

Using the different components of hydrobiota, especially phytoplankton, is the priority of modern methods for assessing the ecological status of aquatic ecosystems. Phytoplankton is the first trophic level in the water's chain of complex food relationships. It is the first to react to anthropogenic pollution of water bodies and therefore is a representative indicator of their quality and self-purification ability. The diversity and development of hydrobionts acquire particular importance as bioindicators in ecological monitoring and biotesting in the conditions of increased anthropogenic influence on the environment. Various phytoplankton classification systems were designed based on the environmental characteristics of algae species (Reynolds, 1980; Reynolds, 1984; Salmaso & Padisák, 2007; Padisak et al., 2009). Similarly, the phytoplankton diversity index (Spellerberg and peter, 2003), dominance index (Ignatiades, 2020),

biological pollution index (Chen et al., 2021), and biological integrity index (Zhu et al., 2021) are commonly used for the water quality and ecological status of lakes, rivers and reservoirs in water monitoring and evaluation.

Today, the research on reservoirs of different typologies and genesis, especially those formed due to significant anthropogenic environmental impacts, is quite relevant. In this regard, artificial reservoirs are specific little-studied aquatic ecosystems that attract special attention.

Ukrainian Polissia is unique region located in the northern part of the country. Polissia is one of the most powerful natural reservoirs of fresh water in Ukraine, which is used by almost half of the country's entire population. Artificial reservoirs are an integral element of the landscapes of Ukrainian Polissia. Current information on planktonic algae of reservoirs of anthropogenic origin in the Polissia region mainly concerns flooded quarries

from the extraction of minerals (Shelyuk et al., 2018; Shelyuk, Astahova, 2020; Shelyuk, 2022). The researchers noted that in artificial reservoirs that were formed at the site of mineral extraction pits, regardless of their type, successions of the autotrophic link occur intensively. One of its mechanisms is the formation of phytoplankton dominated by green, diatom, blue-green and euglena algae. In general, in the literature, information on artificial reservoirs mainly concerns their further restoration and use as a source of water resources in industry and agriculture, energy, and recreation (Markovič et al., 2014; Pujades et al., 2016; Bodeux et al., 2017; Poulain et al., 2021). There are few works related to the autotrophic link of the ponds of the Polis region. Moreover, they were carried out more than ten years ago, so comparing them with the current is relevant.

Knowledge of the regularities of the structural and functional organization of the autotrophic link of the ponds of the

Polis region forms the prerequisites for an objective assessment of their condition, forecast of changes, rational use of water resources and is existential the development of methods of monitoring and management of artificially created water ecosystems at various levels of anthropogenic transformation.

The work aimed to evaluate the water quality of the Central Polissia ponds according to structural and functional indicators of phytoplankton development.

#### Materials and methods

**Study area.** This study concentrated on ponds located in Central Polissia (Novohrad-Volynskiyi town, Soniachne village, Kodnia village, Ivanivka village in Zhytomyr district) in Ukraine. Material for the study included the samples of phytoplankton taken during 2018–2020. The study area has seven ponds with different morphometric characteristics shown in Table 1.

Table 1

**Morphometric characteristics of studied water bodies**

<b>Ponds</b>	<b>Depth, m</b>	<b>Area of the water mirror, m<sup>2</sup></b>	<b>Location</b>	<b>Purpose of the pond</b>
Novohrad-Volynskiyi No. 1	1,5	50	Novohrad-Volynskiyi town	Aquaculture, recreation
Novohrad-Volynskiyi No. 2	1,5	55	Novohrad-Volynskiyi town	Aquaculture, recreation
Soniachne No. 1	2,0	500	Soniachne village surroundings, Zhytomyr district	Aquaculture, recreation
Soniachne No. 2	2,5	1400	Soniachne village surroundings, Zhytomyr district	Aquaculture, recreation
Kodnia	2,0	45	Kodnia village, Zhytomyr district	Aquaculture, recreation
Ivanivka	1,5	40	Ivanivka village, Zhytomyr district	Aquaculture, recreation
Nalyvnyii	2,5	300	Kodnia village, Zhytomyr district	Aquaculture, recreation

Samples were taken monthly during three growing seasons (March - November) and processed following standard hydrobiological procedures (Methods ..., 2006). The taxonomic nomenclature of algae is given according

to the international electronic catalog AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2020, www.algaebase.org). Saprobiological assessment of water quality is given according to the Pantle-Buck method (Pantle & Buck, 1955) in Sladeček's



modification (Sladeček, 1986). Bioindicative analysis was done considering the indicator properties of algae given in the relevant monographs and articles (Barynova, 74–76). Shannon-Weaver's diversity index (Odum, 1986) was assessed based on taxa biomass. The trophic status of water bodies was assessed based on the phytoplankton biomass (Methods ..., 2006).

During the research period (vegetation season 2018–2020), 168 algal samples were collected and processed to determine the phytoplankton's qualitative and quantitative diversity.

### Results

**Algae plankton communities of the ponds.** 35 species (37 infraspecific taxa) of algae were found in the plankton of the pond Novohrad-Volynskiy No. 1 for the period under the study. They were related to 6 divisions: Euglenozoa – 13 species (15 infraspecific taxa)– 40,6% of the total number of species and varieties, Chlorophyta – 7 (7) – 18,9%, Bacillariophyta, Miozoa – 5 (5) each one– 13,5%, Ochrophyta – 3 (3) – 8,1%, Cyanoprokaryota – 2 (2) – 5,4%. Overall, the phytoplankton of No. 1 pond in Novograd-Volynskiy town was formed by the algae related to 10 classes, 12 orders, 17 families, and 22 genera.

The highest species richness had the following classes: Euglenophyceae – 40% of the total number of taxa ranked below the genus, Chlorophyceae – 16%, Dinophyceae – 14%, Chrysophyceae – 8 Euglenales (40%) and Sphaeropleales (11%) are at the level of orders (1%). Euglenaceae (44%), Peridiniaceae (11%), and Gomphonemataceae (5%) were the leading families.

According to the taxonomic categories "species" and "genus" ratio, euglena prevailed. The generic coefficient of which reached 3.3. As a result of the rank assessment of the generic composition of planktonic algae communities, 4 leading taxonomically important genera were identified: *Trachelomonas* Ehrenb. – 16% of the total number of species and H.V.T.,

*Euglena* Ehrenb. – 14%, *Peridinium* Ehrenb., *Phacus* Dujard. – 8% each. They made up almost 46% of the species composition of the pond's phytoplankton. Most genera are monotypic (82% are 1–2 species). The proportion of flora is 1:1.24:2.06:2.18.

Among the species, the highest frequency of occurrence was: *Chlamydomonas globosa* J. Snow, *Peridinium cinctum* (O. F. Müll.) Ehrenb. (75% проб), *Peridinium bipes* F. Stein (63%), *Crucigeniella rectangularis* (Nägeli) Komárek, *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* Ehrenb., *T. volvocina* var. *derephora* M.A. Conrad (50% each).

The phytoplankton of pond Novograd-Volynskiy No. 2 had the most prosperous species composition among the investigated water bodies. It was made up of 51 species of algae (53 in total) from 6 divisions: Chlorophyta – 23 species, represented by 23 intraspecific taxa – 43.4% of their total number, Euglenophyta – 11 (13) – 24.5%, Bacillariophyta – 10 (10) – 18.9%, Cyanoprokaryota – 3 (3) – 5.6%, Dinophyta, and Chrysophyta – 2 (2) – 3.8% each, respectively. Unlike pond No. 1, green algae dominated in pond No. 2. The following classes had tremendous significance: Chlorophyceae – 36% of the total species and intraspecific composition of algae, Euglenophyceae – 25%. At the level of orders, as in pond No. 1, Euglenales dominated – 25%, Sphaeropleales – 23%, and, in addition, Fragilariales – 9% and Chlorellales – 8%. The leading families were Euglenaceae (25%), Scenedesmaceae – 17%, and Fragilariaceae – 9%.

The highest frequency of occurrence was: *Chlamydomonas globosa* (88% проб), *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komark.-Legn., *Raphidocelis subcapitata* (Korschikov) Nygaard et al., *Trachelomonas volvocina* var. *derephora*, *T. volvocina* var. *volvocina* (75%), *Fragilarioforma virescens* (Ralfs) D. M. Williams et Round, *Pseudodidymocystis planctonica* (Korschikov) E. Hegew. et Deason (63%). In general, algae from 9 classes, 15 orders, 19 families, and 34

genera formed the phytoplankton of Pond No. 2 in Novohrad-Volynskiy. Three leading genera should be noted in taxonomic significance: *Trachelomonas* – 11.3% of the total number of species and t.v.t., *Euglena* – 7.5%, *Acutodesmus* (E. Hegew.) P. Tsarenko – 5.7%. They made up 25% of all the species and intraspecies richness of the pond's phytoplankton. Most of the algae genera of the pond had low species saturation. 91% of genera included only 1–2 species. The genus coefficient calculated for the phytoplankton of Pond No. 2 reaches 1.5. Euglenozoa, Cyanoprokaryota, Bacillariophyta, and Chlorophyta had the most significant importance. Genera with few species characterized other departments. The proportion of flora is 1:1.79:2.68:2.79.

Phytoplankton of the pond in the Kodnya village of the Zhytomyr district was formed by 27 species (27 intraspecies taxa) from 5 divisions: Chlorophyta – 15 species, represented by 15 intraspecific taxa - 55.6% of their total number, Euglenozoa – 5 (5) – 18.5%, Ochrophyta – 4 (4) – 14.8%, Cyanoprokaryota – 2 (2) – 7.4%, Dinophyta – 1 (1) – 3.7%, respectively. A specific feature of the phytoplankton of the pond was the absence of representatives of diatoms in its composition.

At the class level, Chlorophyceae – 35%, Euglenophyceae – 19%, and Chrysophyceae – 15% were the leading ones. At the level of orders, Sphaeropleales (27%), Euglenales, and Chlorellales (19% each) dominated. The same dominant orders were present in the ponds of the Novograd-Volynskiy town. The leading families were Euglenaceae – 19%, Scenedesmaceae and Chlorellaceae – 12% each. The 2 leading taxonomically important genera were singled out: *Trachelomonas* (11.5% of the total number of species and the total number of species) and *Crucigeniella* Lemmerm. (7.7%). Only one algae species represents most algae genera (92%). The average number of genera is 1.1; the Euglenophyta division

had the highest number of genera with species and intraspecific taxa. The species with the highest frequency of occurrence were: *Chrysococcus rufescens* G.A.Klebs, *Chlamydomonas globosa*, *Schroederia setigera* (Schroder) Lemmerm., *Pseudodidymocystis planktonica* (100% of samples). In general, the phytoplankton of the Kodnya pond was formed by 7 classes, 9 orders, 14 families, and 23 genera. The proportion of flora is 1:1.64:1.86:1.86.

22 species of algae, represented by 23 intraspecific taxa, were identified in pond Soniachne No. 1 for the observation period. 5 divisions formed the phytoplankton: Euglenozoa - 9 species, represented by 10 intraspecific taxa - 43.5% of their total number, Chlorophyta - 6 (6) – 26.1%, Bacillariophyta – 3 (3) – 13.0% and Cyanoprokaryota – 2 (2) – 8.7% each. In pond No. 1 in the Soniachne village some of the classes were dominated as in the mentioned above water bodies. The most important floristic classes were: Euglenophyceae - 44% of the total species and intraspecific diversity of algae, Chlorophyceae - 22%, and at the level of orders Euglenales - 44% and Sphaeropleales - 17%. The leading families were Euglenaceae (44%), Scenedesmaceae, Fragilariaceae, Peridiniaceae - 8.7% each. The species with the highest frequency of occurrence were: *Chlamydomonas globosa* (90% of samples), *Synedra acus* Kütz. (80%), *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend Elenkin, *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Pseudodidymocystis planktonica*, *Peridinium cinctum* (70%). Algae from 8 classes, 9 orders, 11 families, and 16 genera formed the phytoplankton of this pond. According to the taxonomic importance, two leading genera are distinguished: *Trachelomonas* - 30.4% of the total species and in. t. and *Euglena* – 8.7%. They accounted for 39% of all species and intraspecies diversity of phytoplankton in the pond. A low representation characterized most of the algae genera of the pond; 88% of the genera had only 1–2 species. The genus coefficient calculated for the

phytoplankton of Pond No. 1 in the Soniachne village reached 1.4. Therefore, the Euglezoa division had the greatest saturation of genera with species and intraspecific taxa. The proportion of flora was: 1:1.45:2.00:2.09.

Phytoplankton of pond Soniachne No. 1 was formed by 29 species (30 of the total number of species) from 6 divisions: Chlorophyta – 9 species, represented by 9 intraspecific taxa – 30.0% of their total number, Euglenozoa – 8 (9) – 30.0%, Bacillariophyta – 8 (8) – 26.7%, Charophyta – 2 (2) – 6.7%, Cyanoprocaryota – 1 (1) – 3.3%, respectively. Euglenophyceae, Chlorophyceae – 30% each, Fragilariophyceae – 13% were leading at the class level. At the level of orders, Sphaeropleales – 20%, Euglenales – 19%, Fragilariales – 13%, Thalassiosirales, and Chlamydomonadales – 10% each dominated, as in the ponds mentioned above. The leading families were: Euglenaceae – 39%, Fragilariaceae – 13%, Scenedesmaceae, Stephanodiscaceae, and Chlamydomonadaceae – 10% each. The genus *Trachelomonas* had the highest species richness (23.3% of the total number of species and the total number of species). At the same time, most genera (95%) were represented by only 1–2 types of algae. The average number of genera with species is 1.4, which is the largest, as in the ponds mentioned above, in the department Euglenozoa. The species with the highest frequency of occurrence were: *Synedra acus*, *Peridinium cinctum* (90% of samples), *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D.M. Williams et Round, *Chlamydomonas globosa* (80%), *Trachelomonas volvocina* var. *derephora* (70%). In general, the phytoplankton of pond No. 2 in the Soniachne village was formed by algae from 8 classes, 9 orders, 12 families, and 21 genera. The proportion of flora was: 1:1.75:2.42:2.50.

Phytoplankton of the Ivanivka pond was formed by 20 species of algae (21 species) from 5 divisions: Euglenozoa – 9

species, represented by 10 intraspecific taxa – 47.6% of their total number, Chlorophyta – 6 (6) – 28.5%, Bacillariophyta – 3 (3) – 14.3%, Miozoa, Ochrophyta – 1 (1) – 4.8% each, respectively. Unlike all other studied ponds, representatives of the Cyanoprocaryota division were not found in this reservoir. The following classes had the most significant importance: Euglenophyceae – 48% of the total species and intraspecific diversity of algae; Chlorophyceae – 29%. Euglenales and Sphaeropleales dominated (48% and 14% respectively) at the level of orders. Euglenaceae (48%), Chlamydomonadaceae, Selenastraceae, and Fragilariaceae (10% each) were the leading families. The most common species were: *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Peridinium cinctum* (83% of samples), *Trachelomonas volvocina* var. *derephora*, *Chlamydomonas globosa*, *Chrysococcus rufescens* (67%). Algae from 7 classes, 8 orders, 9 families, and 14 genera formed the phytoplankton of this pond. The genus *Trachelomonas* should be noted in taxonomic significance – 23.8% of the total number of species, varieties and forms of algae. A low species representation characterized most of the algae genera of the pond (1–2 species). 92% of genera had only 1–2 species. The genus coefficient calculated for the phytoplankton of the pond reaches 1.4. The division Euglenophyta had the highest saturation of genera with species and intraspecific taxa. Other departments were characterized by genera with few species. The proportion of flora was: 1:1.56:2.22:2.33.

10 species of algae (11 species) from 6 divisions were identified in the phytoplankton of the Nalyvnyii pond. The ratio of divisions in the floristic spectrum of the studied reservoir was as follows: the leading place was occupied by Chlorophyta – 4 species, represented by 4 intraspecific taxa – 36.3% of their total number, Euglenophyta, Bacillariophyta – 2 (2) – 18.2% each, respectively. Cyanoprocaryota, Miozoa, and Ochrophyta each had 1 taxon below the

genus (9.1% each). Chlorophyceae – 36%, and Euglenophyceae – 18% were leading at the class level., Chlamydomonadales (27%) and Euglenales (18%) were dominant at the level of orders. Euglenaceae and Chlamydomonadaceae were the leading families (18%). The genera *Trachelomonas* and *Chlamydomonas* Ehrenb. were the most abundant species and intraspecific taxa. (36.4% of the total number of species and intraspecific taxa). At the same time, most genera (78%) were represented by only 1 type of algae. The species *Schroederia setigera*

had the highest frequency of occurrence (100%). Overall, algae from 7 classes, 8 orders, 9 families, and 9 genera formed the phytoplankton of the pond. The proportion of flora was 1:1:1,1:1,2.

Comparison of the species composition of phytoplankton according to the Sorensen coefficient (SCSI) indicates a relatively small (0.29–0.49) level of similarity between the studied water bodies. Ponds Soniachne No. 1 and No. 2 were most similar. This was caused by the similarity of their morphometric and hydrochemical indicators (Fig. 1).

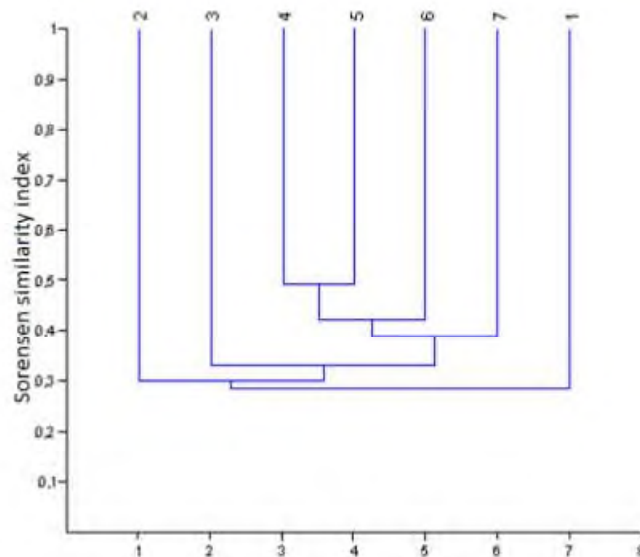


Fig. 1. Dendrogram of species composition similarity of phytoplankton in ponds of the Central Polissia

Note. Here and in fig. 2 and 3: 1 – Novohrad-Volynskiy No., 2 – Novohrad-Volynskiy No. 2, 3 – pond in the village of Kodnia, 4 – pond No. 1 of the village Soniachne, 5 – pond No. 2 of the village Soniachne, 6 – pond in the village Ivanivka, 7 – Nalyvnyii pond.

In total, 103 species of algae, represented by 105 intraspecific taxa, including those containing the nomenclature type species, from 7 divisions were found in the studied ponds. For each division it was Euglenozoa – 27 species, represented by 29 intraspecific taxa – 27.6% of their total number, Chlorophyta – 37 (37) – 35.2%, Bacillariophyta – 21 (21) – 20.0%, Miozoa – 6 (6) – 5.7%, Cyanoprocarota, Ochrophyta – 5 each (5) – 4.8% each, Charophyta – 2 (2) – 1.9%.

9 species of algae were identified for the Ukrainian Polissia for the first time: *Synura lapponica* Skuja, *Euglena hemichromata* Skuja, *E. parvula* Christjuk, *Lepocinclis globosa* France, *Phacus striatus* France, *Trachelomonas volvocina* var. *papilata* Lemmerm., *Neochloris dissectum* (Korschikov) P. Tsarenko, *Chlamydomonas oblonga* E.G.Pringsh., *Macrochloris dissecta* Korschikov.

**Bioindication analyses of phytoplankton.** The bioindication analysis of the species composition of phytoplankton in ponds showed that planktonic forms are the leading ones in terms of being confined to the place of residence (23–50% of the number of taxa of the species and intraspecies rank, for

which literature information was found). However, the share of planktonic-benthic forms (13–53%) was quite noticeable in the phytoplankton of the studied water reservoirs. Benthic forms ranged from 0 to 16%. The complex of planktonic and benthic organisms was dominated by Chlorophyta (46%), Euglenozoa (25%), and Bacillariophyta (21%). Representatives of the divisions Chlorophyta (40%) and Euglenozoa (24%) mainly belonged to the plankton. Benthic forms were found only among diatoms, planktonic-benthic-littoral - blue-green; green algae were part of the vegetation and littoral.

Analysis of the geographic limitation of algae showed that phytoplankton of all ponds was dominated by cosmopolitan species (67–92% of species, varieties and forms for which literature information was found). However, the share of Holarctic forms was quite noticeable (7–29%) (Fig. 3). The largest share of Holarctic species was found among the representatives of the Euglenozoa department (87% of all species and intraspecific taxa). Most of the species (45%) among Chlorophyta (45%) were cosmopolitan.

Indifferent species about to pH dominated (80–100%) in the next ponds: Nalyvne pond, and ponds in the Ivanivka and Kodnya villages. Alkaliphiles dominated (60–75%) in the ponds of Soniachne and No. 2 of Novohrad-Volynskiy. In pond No. 1 of Novohrad-Volynskiy, indifferents and alkaliphiles were found in equal amounts.

Most species of ponds were oligohalob-indifferent - (50–80%). However, in most ponds the share of oligohalob-halophobes (25%) and oligohalob-halophiles were significant (10–25%) (Fig. 5).

The ranking of diatoms by groups of indicators according to Watanabe showed that 44% are saproxenes, 44%

are euryapobes, and 12% are saprophylls. The share of euryapobes, i.e. indicators of moderately polluted waters, was the largest in pond No. 1 of Novohrad-Volynskiy (67%). Saproxens, indicators of clean water, dominated in ponds of the Soniachne village and No. 2 Novohrad-Volynskiy (57 - 100%).

Most species of pond algae were eurythermic (67–100%) but in Novohrad-Volynskiy ponds No. 1 and 2 there were indifferent species (17% each). The part of thermophilic forms reached 6–17%.

Species indicators of water flow and oxygen saturation were ranked as slow-flowing (60–92%) and stagnant (8–40%), which indicates a low level of water saturation with oxygen and a weak current. The largest share of standing water indicators was noted in pond Soniachne No. 1 (40%), and slow-flowing - Kodnya pond (92%).

Analysis of the ratio of species indicators of saprobity established that  $\beta$ -mesosaprobic species predominate in studied ponds. This species corresponds to the "fairly clean" water quality category. The proportion of oligo- $\beta$ -mesosaprob (9–22%) and oligo- $\alpha$ -mesosaprob (9–25%) was noticeable (Fig. 2). Saprobity indices in terms of number and biomass, were in pond No. 1 in the city of Novohrad-Volynskiy - 1.89 and 1.69 respectively, in pond No. 2 in the city of Novohrad-Volynskiy - 1.73 and 1.76, in the pond in the village of Kodnya - 1.90 and 1.84, in pond No. 1 in the village. Soniachne - 1.79 and 1.87, No. 2 - 1.85 and 1.87, in Ivanovsky - 1.86 and 1.77, Nalyvnyi - 1.71 and 1.76.

The average abundance varied from 0.41 to 2.88 million cells/dm<sup>3</sup>. Phytoplankton biomass varied from 0.20 to 2.31 g/m<sup>3</sup> (Table 2). According to phytoplankton biomass, the water quality of these reservoirs belongs to the II-III water quality class.

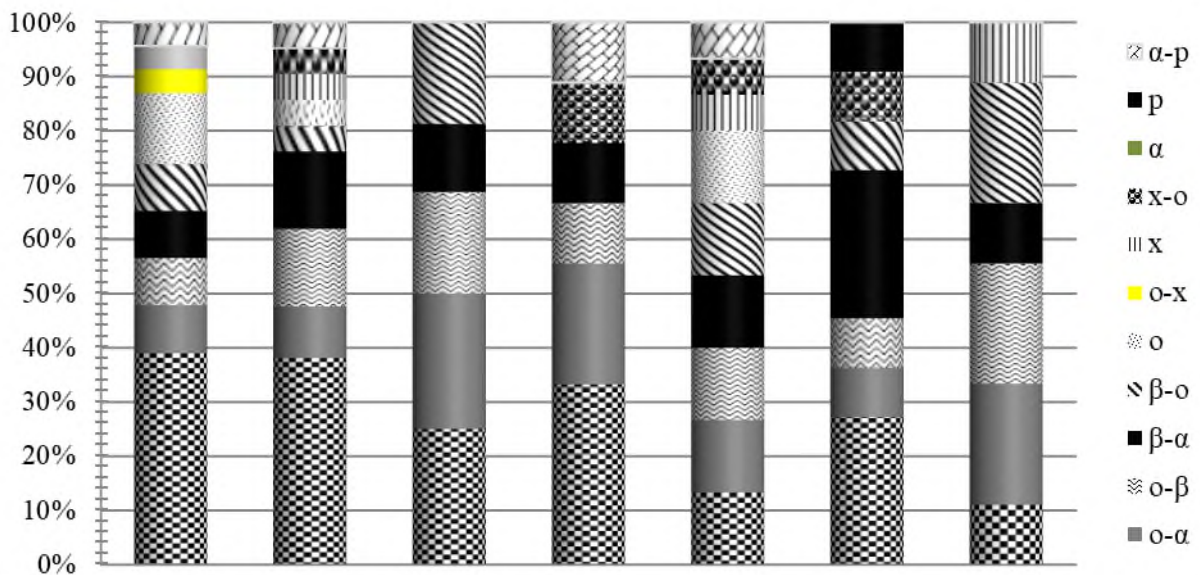


Fig. 2. Algae distribution of pond plankton by saprobity (according to the results of research in 2018–2020)

Table 2

Abundance and biomass of phytoplankton in ponds

Ponds	Abundance (million cells/dm <sup>3</sup> )	Biomass (g/m <sup>3</sup> )
Novohrad-Volynskiy No. 1	1,04 ± 0,29	2,02 ± 0,52
Novohrad-Volynskiy No. 2	2,88 ± 0,65	2,31 ± 0,71
Soniachne No. 1	0,82 ± 0,17	0,69 ± 0,08
Soniachne No. 2	2,60 ± 0,88	1,76 ± 0,49
Kodnia	2,50 ± 0,71	2,37 ± 0,67
Ivanivka	0,57 ± 0,17	2,25 ± 0,96
Nalyvnyi	0,41 ± 0,26	0,20 ± 0,09

Chlorophyta (23 – 66% of the total biomass), Euglenozoa (9 – 49%), and Miozoa (11 – 61%) were the structure-forming divisions in the phytoplankton biomass in the ponds in the cities of Novohrad-Volynskiy, Kodnyansk and Soniachnyi. Also, Bacillariophyta (5 – 13%) in the ponds of Soniachne village was dominated by biomass. Phytoplankton biomass in the pond of Ivanivka village was formed mainly by Miozoa (80%) and Euglenozoa (12%). Bacillariophyta (54%), Miozoa (18%) and Euglenozoa (15%) formed phytoplankton biomass of the Nalyvne pond. The share of Ochrophyta in the formation of phytoplankton biomass of the pond in the Kodnya village was noticeable (10%).

The dominant complex (according to abundance) of the ponds of the

Novohrad-Volynskiy, Kodnya village and No. 1 in Soniachne village was formed by Euglenozoa (35-52%) and Cyanopracaryota (14-54%). In pond No. 2 in the Soniachne village Chlorophyta (78%) and Bacillariophyta (9%) dominated. The largest share of representatives of the divisions Miozoa (41%) and Euglenzoa (24%) was noted in the pond in the village of Ivanivka. Cyanoprocaryota dominated in Nalyvnyi pond (73%).

The dominant species complex of the ponds' phytoplankton (according to abundance and biomass) was formed by 5–18 species, which accounted for 33–62% of the species richness of the water bodies.

The assessment of informational diversity was made according to the

Shannon index calculated by biomass and the number of phytoplankton. The average values of the Shannon index calculated by the number ( $H_N$ ) and biomass of phytoplankton ( $H_B$ ) were  $2.29 \pm 0.22$  bits/ex and  $1.81 \pm 0.28$  bits/g for pond No. 1 in Novohrad-Volynskiy, respectively,  $2.54 \pm 0.26$  and  $2.19 \pm 0.23$ , for pond No. 2 in the city of Novohrad-Volynskiy,  $2.92 \pm 0.65$  and  $2.57 \pm 0.54$  for the pond in the village of Kodnya,  $1.95 \pm 0.23$ ,  $1.60 \pm 0.26$  and  $2.38 \pm 0.23$ ,

$2.30 \pm 0.14$  for ponds №1 and №2 in the Soniachne village, respectively,  $2.44 \pm 0.38$  and  $1.78 \pm 0.35$  for the pond in the village. Ivanivka,  $1.45 \pm 0.70$  bits/ex and  $1.51 \pm 0.17$  bits/g for the Nalyvnyi pond (Fig. 3). The informational diversity, calculated according to the Shannon index, indicated the predominance of the polydominant structure of the phytoplankton of the ponds. However, the Nalyvnyi pond was characterized by an oligodominant structure.

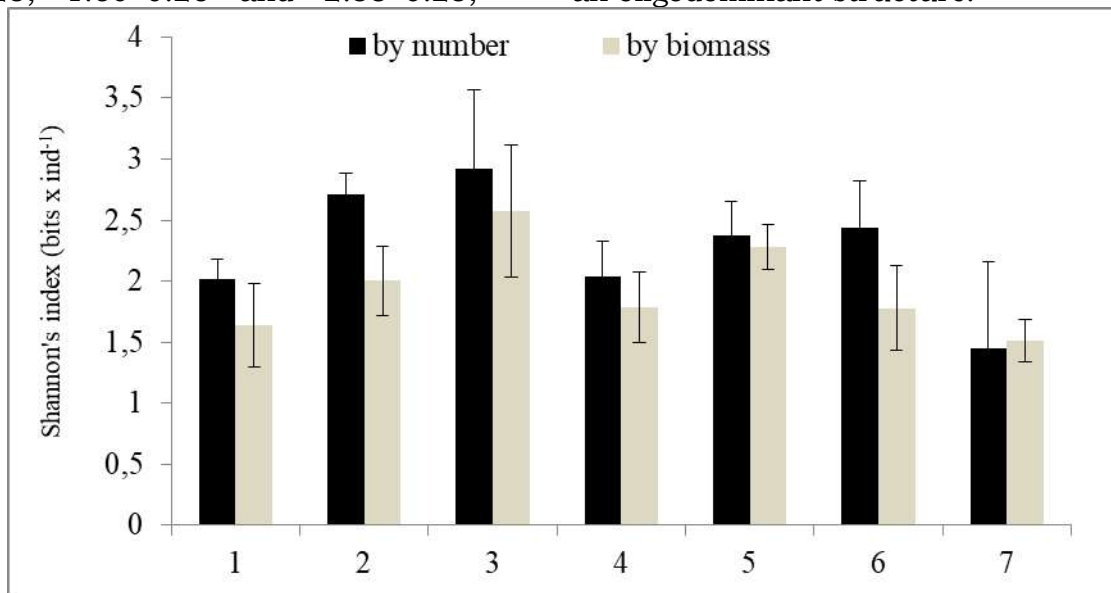


Fig. 3. Shannon's diversity indexes of phytoplankton by biomass and number of algal cells in studied ponds (mean  $\pm$  SEM).

### Discussion

Structural and functional characteristics of phytoplankton in ponds of the Central Polissia region were analyzed. 103 species of algae, represented by 105 intraspecific taxa, including those containing the nomenclature type species, from 7 divisions, 11 classes, 20 orders, 31 families, and 60 genera were found in the studied ponds of the Zhytomyr and Novohrad-Volyn districts. Phytoplankton of the ponds of Soniachne et al. Ivanivka is characterized as euglenoid-green-diatomic, pond No. 2 in Novohrad-Volynskiy and Nalyvnogo is green-euglenoid-diatomic, No. 1 in Novohrad-Volynskiy is euglenoid-green-dinophytic, p. Kodnya - green-euglenoid-golden.

The occurrence of 9 types of algae, which were not previously found in the

territory of Ukrainian Polyassia according to (Tsarenko et al., 2006; 2009; 2011; 2014), five of which are representatives of the Euglenozoa. In general, several authors noted an increase in the species richness of Euglenozoa in the water ecosystems of Polissia as a result of organic pollution of water ecosystems (Shcherbak, 2020; Shcherbak & Shelyuk, 2020; Shelyuk, 2021). Comparison of the species composition of phytoplankton according to the Sorensen coefficient indicates a significant uniqueness of the studied reservoirs (SCSI = 0.29–0.49).

The bioindication analysis showed that in the phytoplankton of the ponds, the leading role belonged to planktonic and planktonic-benthic forms according to the place of residence, cosmopolitan species according to geographical

distribution, oligohalobes-indifferent according to their relation to halobity, indifferents, and alkaliphiles according to their relation to pH, eurytherms according to temperature limitation. The predominance of slow-flowing and standing forms of algae was established, indicating a low level of rheophilic and saturation of water with oxygen due to the morphometric and hydrological features of reservoirs of artificial origin. According to Watanabe's ratio of indicator species, saproxenes and euryzaprobes prevailed, indicating a moderate level of pollution by organic substances. The ranking of species-indicators of saprobity showed the predominance of  $\beta$ -mesosaprobionts (11–38%), oligo- $\beta$ -mesosaprobionts (9–22%) and oligo- $\alpha$ -mesosaprobionts (9–25%). The average value of the saprobity index by number in the ponds was in the range of 1.71–1.90 and by biomass – 1.70–1.87 (II class of water quality).

The average numbers of phytoplankton in pond No. 1 of Novohrad-Volynsky reached  $1.04 \pm 0.29$ , biomass –  $2.02 \pm 0.52$ , in pond No. 2 – respectively  $2, 88 \pm 0.65$  and  $2.31 \pm 0.71$ , in the rate of Today –  $2.50 \pm 1.01$  and  $2.37 \pm 0.67$ , in rate No.1 p. Soniachne –  $0.82 \pm 0.17$  and  $0.69 \pm 0.08$ , #2 –  $2.60 \pm 1.18$  and  $1.76 \pm 0.49$ , in the village. Ivanivka –  $0.57 \pm 0.17$  and  $2.05 \pm 1.36$ , in Nalyvnyi –  $0.41 \pm 0.26$  million cells/dm<sup>3</sup> and  $0.20 \pm 0.09$  g/m<sup>3</sup>. In terms of phytoplankton biomass, the water quality of these reservoirs belongs to II–III class.

Chlorophyta (23–66% of the total biomass), Euglenozoa (9–49%), Miozoa (11–61%), and Bacillariophyta (5–13%) were the structure-forming divisions in the formation of pond phytoplankton biomass. Chlorophyta (35–78%) and Cyanoprocaryota (14–73%), Miozoa (2–41%), and Euglenozoa (5–24%) were dominant in numbers.

In the phytoplankton of the ponds, 5–18 dominant species were found in terms of the number and biomass of algal cells, which accounted for 33–62% of the species richness of the reservoirs.

Shannon's diversity index indicated the predominance of the polydominant structure of phytoplankton in most ponds.

Global and regional changes in the environment, the climate-ecological transformation of territories and water areas, and anthropogenic activity not only directly affect species richness and the number of groups but also change the habitat of biota, interactions between organisms, determining the impact on the stability and development of ecosystems. Reservoirs formed in the process of human activity are a new type of reservoir and an integral element of landscapes. Studies of these water bodies make it possible to establish the mechanisms of formation and functioning of phytoplankton in artificially created ecosystems. Understanding these regularities is necessary for developing methods for monitoring and managing ecosystems at different levels of anthropogenic transformation. It is necessary to ensure the proper level of their functions and ecological services (Minicheva et al; 2003Shelyuk, 2022). The study of the succession of groups of hydrobionts and the peculiarities of the functioning of the autotrophic link of reservoirs of anthropogenic distribution is necessary, at least given their significant distribution not only in the territory of Ukraine but also in the countries of Europe, Asia and America.

### Conclusion

This study analyzed the structural and functional characteristics of phytoplankton in ponds of the Central Polissia region. The seasonal phytoplankton development and ecological characteristics of algae water quality of ponds were moderate. Phytoplankton assemblages were characterized by high biodiversity, differentiated structure, and differences in dominant species, which highlight the critical role of artificial water bodies in biodiversity. Understanding the changes in phytoplankton communities of artificial water bodies may contribute to



understanding the directions of provide reference data for wider management of these water bodies and research.

### Список використаних джерел

- Барінова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель – Авив : PiliesStudio, 2006. 498 с.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocarota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta. Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag, 2006. 713 p.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta. Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag, 2009. 413 p.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3 Chlorophyta. Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: Ganter Verlag, 2011. 511 p.
- Bodeux S., Pujades E., Orban P., Brouyère S., Dassargues A. Interactions between groundwater and the cavity of an old slate mine used as lower reservoir of an UPSH (Underground Pumped Storage Hydroelectricity): A modelling approach. *Engineering Geology*. 2017. 2. P. 71–80.
- Chen X. J., Li X., and Li J. J. Indicator Species of Phytoplankton Pollution and Water Quality Evaluation in Wuliangshuai. *Ecol. Sci.* 2021. 40(3), 231–237. <https://doi.org/10.14108/j.cnki.1008-8873.2021.03.027>
- Deacon C., Samways M. J., Pryke J. S. Artificial reservoirs complement natural ponds to improve pondscape resilience in conservation corridors in a biodiversity hotspot. *Plos One*. 2018. 20. 13–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204148>
- Ignatiades L. Taxonomic Diversity, Size-Functional Diversity, and Species Dominance Interrelations in Phytoplankton Communities: a Critical Analysis of Data Interpretation. *Mar. Biodivers.* 2020. 50(4), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01086-4>
- Loess in China and Europe – A Tribute to Edward Derbyshire / Ed. by Slobodan B. Marković, Shiling Yang, Norm Catto and Thomas Stevens. *Quaternary International*. 2014. P. 334–335.
- Minicheva G.G., Bolshakov V.N., Zotov A.B. The response of autotrophic communities of the northwestern Black Sea to the variability of climatic factors. *J. Environ. Protect. Ecol.* 2010. 3(11). P. 1046–1054.
- Padisák J., Crossetti L. O., Naselli-Flores, L. Use and Misuse in the Application of the Phytoplankton Functional Classification: a Critical Review with Updates. *Hydrobiologia*. 2009. 621 (1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>
- Poulain A., Pujades E., Goderniaux P. Hydrodynamical and Hydrochemical Assessment of Pumped-Storage Hydropower (PSH) Using an Open Pit: The Case of Obourg Chalk Quarry in Belgium. *Applied Sciences*. 2021. 11. P. 4913.
- Pujades E., Willems T., Bodeux S., Orban P., Dassargues A. Underground pumped storage hydroelectricity using abandoned works (deep mines or open pits) and the impact on groundwater flow. *Hydrogeology Journal*. 2016. 24, 6. P. 1531–1546.
- Reynolds C. S. Phytoplankton Periodicity: the Interactions of Form, Function and Environmental Variability. *Freshw. Biol* 1984. 14(2), 111–142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1984.tb00027.x>
- Reynolds, C. S. Phytoplankton Assemblages and Their Periodicity in Stratifying lake Systems. *Ecography*. 1980. 3. 141. [doi:10.1111/j.1600-0587.1980.tb00721](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1980.tb00721).
- Salmaso N., Padisák J. Morpho-Functional Groups and Phytoplankton Development in Two Deep Lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia*. 2007. 578 (1), 97–112. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0437-0>

- Shelyuk Y. S., Astahova L. Y. Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity*. 2021. 29(2). P. 119–128. <https://doi.org/10.15421/012116>
- Shelyuk Yu. S. Peculiarities of the Processes of Production and Decomposition in Artificial Aquatic Ecosystems. *Hydrobiological Journal*. 2022. 58 (2). P. 19–33. <https://doi: 10.1615/HydrobJ.v58.i5.30>
- Shelyuk Yu. S. Solar energy utilization efficiency in the processes of phytoplankton photosynthesis in various aquatic ecosystems of the Polissya. *Hydrobiological Journal*. 2021. 57(4). P. 3–12. doi: 10.1615/HydrobJ.v57.i4.10
- Shelyuk Yu. S., Scherbak V.I. Phytoplankton structural and functional indices in the rivers of the Pripyat' and Teterev basins. *Hydrobiological Journal*. 2018. 54(3). P. 10–23.
- Sladeček V. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 1986. Vol. 14(5). P. 555–566. <https://doi: 10.1615/HydrobJ.v54.i3.10>
- Spellerberg I. F., Peter J. F. A Tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a Plea for More Rigorous Use of Species Richness, Species Diversity and the 'Shannon–Wiener' Index. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 2003. 12 (3), 177–179. <https://doi:10.1046/j.1466-822x.2003.00015.x>
- Zhu, H., Hu, X.-D., Wu, P.-P., Chen, W.-M., Wu, S.-S., Li, Z.-Q., et al. (2021). Development and Testing of the Phytoplankton Biological Integrity index (P-IBI) in Dry and Wet Seasons for Lake Gehu. *Ecol. Indicators*. 2021. 12(9). 129–142. <https://doi:10.1016/j.ecolind.2021.107882>.

#### References (translated & transliterated)

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, and Rhodophyta (2006). Eds. Tsarenko, P.M., Wasser, S.P. & Nevo, E. Ruggell: Ganter Verlag.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography (2009). Vol. 2. Bacillariophyta. Eds. Tsarenko, P.M., Wasser, S.P. & Nevo, E. Ruggell: Ganter Verlag.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography (2011). Vol. 3 Chlorophyta. Eds. Tsarenko, P.M., Wasser, S.P. & Nevo, E. Ruggell: Ganter Verlag, 2011.
- Barynova, S.S., Medvedeva, L.A. & Anysymova O.V. (2006). Byoraznoobraznye vodoroslei-yndykatorov okruzhaiushchei sredi [Biodiversity of algal environmental indicators]. Tel - Avyv : PiliesStudio. [in Russian].
- Bodeux, S., Pujades, E., Orban, P., Brouyère, S. & Dassargues, A. (2017). Interactions between groundwater and the cavity of an old slate mine used as lower reservoir of an UPSH (Underground Pumped Storage Hydroelectricity): A modelling approach. *Engineering Geology*. P. 71–80.
- Chen, X. J., Li, X., & Li, J. J. (2021). Indicator Species of Phytoplankton Pollution and Water Quality Evaluation in Wuliangshuai. *Ecol. Sci.* 40(03). 231–237. <https://doi:10.14108/j.cnki.1008-8873.2021.03.027>
- Deacon, C, Samways, M.J, & Pryke, J.S. (2018). Artificial reservoirs complement natural ponds to improve pondscape resilience in conservation corridors in a biodiversity hotspot. *Plos One*. 20. 13–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204148>.
- Ignatiades, L. (2020). Taxonomic Diversity, Size-Functional Diversity, and Species Dominance Interrelations in Phytoplankton Communities: a Critical Analysis of Data Interpretation. *Mar. Biodivers.* 50 (4). 1–9. <https://doi:10.1007/s12526-020-01086-4>
- Loess in China and Europe – A Tribute to Edward Derbyshire (2014). Ed. by Slobodan, B. Marković, Shiling Yang, Norm Catto & Thomas Stevens. *Quaternary International*. 334–335.
- Minicheva, G.G., Bolshakov, V.N. & Zotov, A.B. (2010). The response of autotrophic

communities of the northwestern Black Sea to the variability of climatic factors. *J. Environ. Protect. Ecol.* 3(11). 1046–1054.

Padisák, J., Crossetti, L. O. & Naselli-Flores, L. (2009). Use and Misuse in the Application of the Phytoplankton Functional Classification: a Critical Review with Updates. *Hydrobiologia.* 621 (1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>.

Poulain, A., Pujades, E. & Goderniaux, P. (2021). Hydrodynamical and Hydrochemical Assessment of Pumped-Storage Hydropower (PSH) Using an Open Pit: The Case of Obourg Chalk Quarry in Belgium. *Applied Sciences.* 11. 4913.

Pujades, E., Willems, T., Bodeux, S. & Orban, P. (2016). Dassargues A. Underground pumped storage hydroelectricity using abandoned works (deep mines or open pits) and the impact on groundwater flow. *Hydrogeology Journal.* 24, 6. 1531–1546.

Reynolds, C. S. (1980). Phytoplankton Assemblages and Their Periodicity in Stratifying lake Systems. *Ecography* 3, 141. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1980.tb00721>.

Reynolds, C. S. (1984). Phytoplankton Periodicity: the Interactions of Form, Function and Environmental Variability. *Freshw. Biol.* 14 (2), 111–142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1984.tb00027.x>

Salmaso, N., & Padisák, J. (2007). Morpho-Functional Groups and Phytoplankton Development in Two Deep Lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia.* 578 (1), 97–112. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0437-0>.

Shelyuk, Y. S. & Astahova, L. Y. (2021). Phytoplankton succession in the anthropogenic and climate ecological transformation of freshwater ecosystems. *Biosystems Diversity.* 29(2). 119–128.

Shelyuk, Yu. S & Scherbak, V.I. (2018). Phytoplankton structural and functional indices in the rivers of the Prip'yat' and Teterev basins. *Hydrobiological Journal.* 54(3). 10–23.

Shelyuk, Yu. S. (2021). Solar energy utilization efficiency in the processes of phytoplankton photosynthesis in various aquatic ecosystems of the Polissya. *Hydrobiological Journal.* 57(4). 3–12.

Shelyuk, Yu. S. (2022). Peculiarities of the Processes of Production and Decomposition in Artificial Aquatic Ecosystems. *Hydrobiological Journal.* 58 (2). P. 19–33.

Sladeček, V.(1986). Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 1986. 14(5). 555–566.

Spellerberg, I. F., & Peter, J. F. (2003). "A Tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a Plea for More Rigorous Use of Species Richness, Species Diversity and the 'Shannon–Wiener' Index.". *Glob. Ecol. Biogeogr.* 12(3). 177–179. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2003.00015.x>

Zhu, H., Hu, X.-D., Wu, P.-P., Chen, W.-M., Wu, S.-S., Li, Z.-Q., et al. (2021). Development and Testing of the Phytoplankton Biological Integrity index (P-IBI) in Dry and Wet Seasons for Lake Gehu. *Ecol. Indicators.* 12(9). 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107882>.

Отримано: 4 травня 2022  
Прийнято: 5 вересня 2022



УДК 614.815: 596/599

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.19-33

## АНАТОМО-ГІСТОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ МОРФОЛОГІЇ СПИННОМОЗКОВИХ ВУЗЛІВ VERTEBRATES ANIMALIUM

**Л. П. Горальський<sup>1</sup>, І. М. Сокульський<sup>2</sup>, Н. А. Колеснік<sup>3</sup>, О. В. Павлюченко<sup>4</sup>,  
С. Ю. Шевчук<sup>5</sup>**

*У роботі за допомогою анатомічних, гістологічних, нейрогістологічних та морфологічних методів досліджень з'ясовано гістоморфологію спинномозкових вузлів у порівняльно-анатомічному ряду хребетних тварин: кісткових риб, амфібій, рептилій, птахів та ссавців, які відрізняються руховою активністю, місцем існування їх у певному середовищі.*

*Встановлено, що у процесі філогенезу відбувається певна структурна та морфофункціональна перебудова спинномозкових вузлів. Вони відрізняються за формою і розмірами. Адаптація до різноманітних умов існування тварин сформувалася на основі змін щільності та розмірів нейроцитів, збільшення загальної кількості гліоцитів і клітин перинейральної глії, поліморфізму за ступенем хроматофілії. Так, за нейрогістологічними дослідженнями відмічено, що для нейронів спинномозкових вузлів холоднокровних тварин*

<sup>1</sup> доктор ветеринарних наук, професор  
кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: goralsky@ukr.net  
ORCID 0000-0002-4251-614X

<sup>2</sup> кандидат ветеринарних наук,  
доцент, завідувач кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: sokulskiy\_1979@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-6237-0328

<sup>3</sup> кандидат ветеринарних наук,  
доцент кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: natacha\_kolesnik@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-7741-87530

<sup>4</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
завідувач кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: pavluchenkolessia@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2783-1037

<sup>5</sup> кандидат біологічних наук, доцент  
кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: dzhgutyk@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-6374-1859

(ставкова жаба, ящірка прудка) притаманна функціонуюча ступінь поліморфізму відносно – хроматофілії.

За імпрегнації спинномозкових вузлів азотнокислим сріблом у всіх досліджуваних тварин виявляється різна інтенсивність забарвлення нервових клітин (світлі, світло-темні, темні), що пов'язано з особливостями видової та вікової нейроморфології, морфофункціональним станом нервової системи і типом вищої нервової діяльності.

Важливим питанням сучасної нейроморфології тварин є дослідження спинномозкових вузлів, які виконують важливу роль первинних центрів на шляху передачі сенсорної інформації від рецепторів до центральної нервової системи, забезпечуючи відповідні реакції на дію певних чинників. У науковій статті використано матеріал, який є фрагментом науково-дослідної роботи суміжних кафедр «Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології», номер державної реєстрації – 0120U100796.

Отримані результати дослідження мають важливе загальнобіологічне значення, яке доповнює та розширює уявлення про певні закономірності спинномозкових вузлів, які стосуються їх структурної організації і порівняльної характеристики на клітинному, тканинному рівнях у хребетних тварин різних видів.

**Ключові слова:** філогенез, анатомія, морфологія, хребетні тварини, нервова клітина, клітини глії, нейроплазма, базофільна речовина.

## ANATOMICAL AND HISTOLOGICAL ASPECTS OF THE EVOLUTIONARY MORPHOLOGY OF THE SPINAL NODES OF VERTEBRATES ANIMALIUM

L. P. Horalskyi, I. M. Sokulskiy, N. L. Kolesnik, O. V. Pavliuchenko,  
S. Yu. Shevchuk

*Using anatomical, histological, neurohistological and morphological research methods, the histomorphology of spinal cord nodes in a comparative anatomical series of vertebrates: bony fishes, amphibians, reptiles, birds and mammals, which differ in their motor activity and their place of existence in a certain environment, was clarified in the work. It has been established that in the process of phylogenesis, a certain structural and morphofunctional reorganization of the spinal nodes occurs. They differ in shape and size. Adaptation to various living conditions of animals was formed on the basis of changes in the density and size of neurocytes, an increase in the total number of gliocytes and perineuralne glia cells, and polymorphism in the degree of chromatophilia. Thus, according to neurohistological studies, it has been noted that the neurons of the spinal cord nodes of cold-blooded animals (pond frog, pond lizard) are characterized by a functional degree of relative polymorphism – chromatophilia.*

*Impregnation of spinal cord nodes with silver nitrate in all studied animals revealed different intensity of staining of nerve cells (light, light-dark, dark), which is related to the specifics of species and age-related neuromorphology, the morpho-functional state of the nervous system and the type of higher nervous activity.*

*An important issue of modern neuromorphology of animals is the study of spinal cord nodes, which play an important role as primary centers on the way to transmit sensory information from receptors to the central nervous system, providing appropriate reactions to the action of certain factors. The scientific article uses material that is a fragment of the research work of the adjacent departments "Development, morphology and histochemistry of animal organs in normal and pathological conditions", state registration number – 0120U100796.*

*The obtained results of the research have an important general biological significance, which complements and expands the idea of certain regularities of spinal nodes, which relate to their structural organization and comparative characteristics at the cellular and tissue levels in vertebrate animals of various species.*

**Keywords:** phylogeny, anatomy, morphology, vertebrates, nerve cell, glial cells, neuroplasm, basophilic substance.

### Вступ

Серед інтегруючих систем організму людини і тварин, що забезпечують його цілісність і єдність із навколишнім середовищем, є найбільш ефективною і еволюційно розвинутою,

очевидно, нервова система (Сисюк, 2017; Zhurenko, 2018). Все це зобов'язує дослідників здійснювати різностороннє дослідження нервової системи, як однієї з найважливіших інтегральних систем організму, яка зумовлює єдність,

цілісність та тісний його зв'язок із навколишнім середовищем (Braun & Stach, 2018; Alvarez-Buylla, 2008)

Особливий інтерес у нейроморфології протягом тривалого часу становлять спинномозкові вузли (Horalskyi, 2020), які є аферентними структурами рефлекторних дуг та є основою первинних центрів на шляху передачі сенсорної інформації до центральної системи, забезпечуючи відповідні реакції на дію конкретних чинників (Medici & Shortland, 2015).

Одним із основних проявів функціонування нервової системи є аферентна імпульсація (De Moraes, 2017). Тому вивчення спинномозкових вузлів (СМВ) у порівняльно-анатомічному ряді хребетних тварин дозволяє прослідкувати історичний процес їх морфофункціонального становлення, що відображає ступінь та характер моторної активності тварини, середовище існування, спосіб життя. При цьому, дослідження чутливих нейронів, які є початковою ланкою рефлекторної дуги, дозволить встановити взаємозв'язок організму і середовища, а також закономірності об'єднання різних частин організму в єдину систему (Meltzer, 2021; Ribeiro & Xapelli, 2021).

Разом з тим, дослідження структурно-функціональних перетворень спинномозкових вузлів у процесі їх історичного розвитку дає можливість пізнати механізми пластичності нервової системи. При тім, важливим моментом є оцінка рівня цитохімічних, морфологічних макро- та мікроскопічних перебудов їх структур у еволюційному ряді хребетних тварин, що послужило метою і завданням наших досліджень.

Матеріал і методи. Робота виконана у співпраці кафедр вищих навчальних закладів: кафедри нормальної і патологічної морфології гігієни та експертизи (Поліський національний університет); кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи (Житомирський державний університет імені Івана

Франка). Дослідженню представлено 128 особин восьми видів тварин, які належать до п'яти класів підтипу Хребетних: клас Osteichtyes – Кісткові риби (*Cyprinus carpio*, forma domestica L., 1758 –сазан звичайний, короп); клас Amphibia – Земноводні (*Rana* (*Pelophylax*) *lessonae*, Camerano, 1882 – жаба ставкова); клас Reptilia – Плазуни (*Lacerta agilis* L., 1758 –ящірка прудка); клас Aves – Птахи (*Gallus gallus*, forma domestica L., 1758 –курка домашня); клас Mammalia – Ссавці (*Oryctolagus cuniculus* L., 1758 – кріль європейський, *Canis lupus familiaris* L., 1758 – собака свійський, *Sus scrofa*, forma domestica L., 1758 – свиня домашня, *Bos taurus taurus* L., 1758 – бик свійський).

Для досліджень відбиралися статевозрілі тварини у літньо-осінній період. Оцінку статевої зрілості визначали за масою тварини (Западнюк, 1971).

Під час проведення досліджень дотримувались основних правил належної лабораторної практики GLP (1981 р.), положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених I Національним конгресом з біоетики (м. Київ, 2001 р.). Уся експериментальна частина дослідження була проведена згідно з вимогами міжнародних принципів «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовують в експерименті та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986 р.). «Про заходи щодо подальшого удосконалення організаційних форм роботи з використанням експериментальних тварин» та відповідного ЗУ «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ) (Яблонська, 2007).

Об'єктом дослідження слугували білатеральні спинномозкові вузли грудного відділу. У роботі використовували макроскопічні, нейрогістологічні, гістологічні та гісто-, цитометричні методи досліджень (Горальський та ін., 2019).

Для гістологічного дослідження шматочки матеріалу органів нервової

системи фіксували у 10 %-му водному розчині нейтрального формаліну та рідині Карнуа, які згодом заливали у парафін згідно схем запропонованих у посібнику Л. П. Горальського., В. Т. Хомича, О. І. Кононського (Горальський, 2019).

З метою дослідження загальної мікроскопічної будови спинномозкових вузлів, стану їх гісто- та цитоструктур та проведення морфометрії виготовляли серійні парафінові зрізи з подальшим фарбуванням їх, після депарафінації, гематоксином та еозином.

Цитоструктуру спинномозкових вузлів, їх форму та клітинну типізацію нервових клітин, характеристику нейрофібрилярного апарату, галуження відростків досліджували на гістопрепаратах імпрегнованих азотнокислим сріблом за Рамон-і-Кахалем та Більшовським-Грос. Для визначення локалізації та розподілу базofilної речовини у нейроплазмі, гістопрепарати фарбували толуїдиновим синім (метод Нісся). Для одержання і порівняння кількісних характеристик структурної організації спинномозкових вузлів досліджуваних тварин у видовому аспекті, використовували морфометричні методи дослідження (Горальський та ін., 2019).

### Результати

Морфологічні особливості спинномозкових вузлів у представників холоднокровних тварин. У холоднокровних тварин класу Кісткові риби у процесі їх еволюційного розвитку відбувається прогресивний розвиток нервової системи: збільшується передній відділ мозку та мозочка – структур, які забезпечують координацію рухів. Нервова система земноводних, що мають доволі стереотипну локомоцію, у цілому за своєю будовою, близька до такої як у риб. Перехід хребетних з водного до наземного способу життя, зумовлює певну перебудову нервової системи. Зокрема, розвиток таламокортикальної системи у рептилій призводить вже до формування нових провідних шляхів нервової системи. При цьому нервова система у плазунів,

порівняно з нервовою системою земноводних, ускладнюється, що пов'язано з їх більш активним способом життя.

Разом з ускладненням нервової системи у представників холоднокровних тварин, як результат модифікаційної мінливості, що пов'язано зі змінами у фенотипі організму, і у більшості випадків носять пристосувальний характер, відбувається і удосконалення морфологічної будови спинномозкових вузлів, які здійснюють функцію першочергової ланки, що несуть нервові імпульси від рецепторів у напрямі центральної нервової системи.

Так, у коропа спинномозкові вузли веретеноподібної форми, розміщуються за межами міжхребцевих отворів. У ставкової жаби та прудкої ящірки, навпаки, спинномозкові вузли розміщені при максимальному наближенні до спинного мозку, на його дорсальних корінцях та мають округлу форму.

Зовні спинномозкові вузли покриті сполучнотканиною капсулою, яка має різний ступінь розвитку у різних представників досліджуваних холоднокровних тварин. Сполучнотканинна капсула у коропа слабо виражена, її товщина рівна  $4,89 \pm 0,03$  мкм. У ставкової жаби товщина сполучнотканинної капсули зростає у 4,7 раза порівняно з таким показником у коропа ( $p < 0,001$ ), та становить  $23,5 \pm 3,3$  мкм. У прудкої ящірки товщина капсули СМВ дорівнює  $15,89 \pm 1,35$  мкм, що у 1,5 раза менше, ніж такий показник у ставкової жаби ( $p < 0,05$ ). При тім, площа спинномозкових вузлів у ставкової жаби ( $0,35 \pm 0,04$  мм<sup>2</sup>), порівняно із коропом ( $1,05 \pm 0,07$  мм<sup>2</sup>) достовірно ( $p < 0,001$ ) зменшується, що очевидно, пов'язано із стереотипною локомоцією органів зору, характерною для ставкової жаби, а також з тим, що у них умовно-рефлекторна діяльність, активність руху та орієнтація на суші обмежена.

Згідно аналізу гістопрепаратів, нейрони спинномозкових вузлів коропа розташовані неупорядковано. За

формою такі нервові клітини нагадують малодиференційовані нейроцити або нейробласти (рис. 1). Такі клітини неправильно округлої форми, зі зміщеним ексцентрично великим світлим міхурчастим ядром, у них чітко виявляється один відросток, що являє собою тяж цитоплазми. Такий відросток, на незначній відстані від тіла нейрона, формує Т-подібне розгалуження, що беззаперечно свідчить на класичність псевдоуніполярної форми нейроцитів СМВ (рис. 1).

Ексцентричне розміщення ядра спостерігали і у нейроцитах ставкової жаби (рис. 2). На відміну від риб, нервові клітини СМВ жаби, вже мають округлу форму. При тім, їх щільність розміщення на одиницю площі спинномозкових вузлів у ставкової жаби ( $58,39 \pm 1,35$  клітин), достовірно ( $p < 0,01$ ) більша, ніж щільність у коропа ( $49,15 \pm 2,39$  клітин). Проте, найвища щільність нейроцитів у СМВ виявлена у прудкої ящірки ( $62,35 \pm 5,01$  клітин).

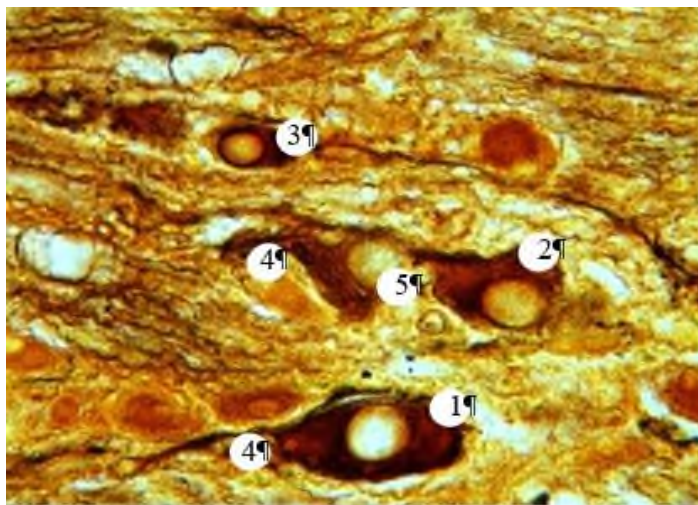


Рис. 1. Гістологічна структура спинномозкового вузла коропа *Cyprinus carpio*, forma domestica L., 1758: 1 – велика нервова клітина; 2 – середня нервова клітина; 3 – мала нервова клітина; 4 – відросток нейрона; 5 – ядро нейрона. Рамон-і-Кахаль.  $\times 320$ .

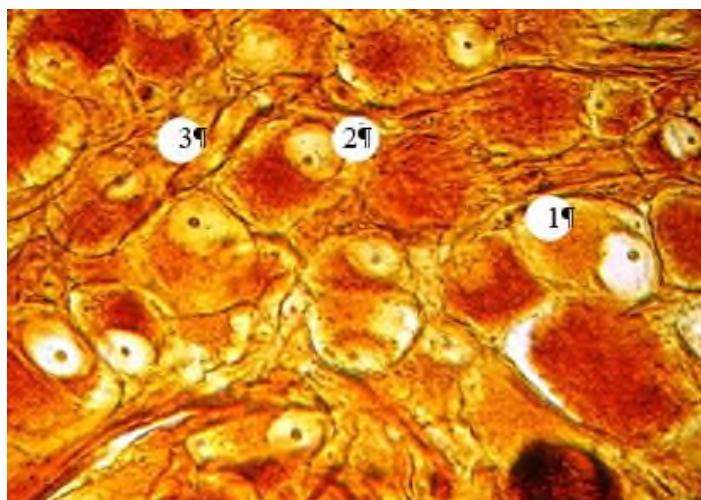


Рис. 2. Фрагмент гістологічної структури спинномозкового вузла ставкової жаби *Rana (Pelophylax) lessonae*, Cramerano, 1882: 1 – нервова клітина; 2 – ядро та ядерце; 3 – нервові волокна. Більшовський-Грос.  $\times 128$ .

За результатами нейрогістологічних досліджень також встановлено, що нейронам СМВ

досліджуваних холоднокровних тварин притаманний певний поліморфізм стосовно ступеню хроматофілії. Так, на



фоні домінуючої більшості нормохромних нейронів у ящірки прудкої та ставкової жаби спостерігали однакову кількість гіпохромних та гіперхромних клітин. Натомість, у СМВ коропа більш типова наявність гіпохромних нейронів і дуже рідко виявляються гіперхромні. Базофільна речовина у таких нервових клітинах розташована, зазвичай, на периферії нейроплазми у вигляді дрібної зернистості та у каріоплазмі – дещо крупнішої. Хроматофільна речовина у ядрах гліальних клітин, надає їм більш глибокого рисунка, що краще виражено у спинномозкових вузлах ящірки прудкої. При тім, найвищий ступінь розвитку білоксинтезуючого апарату, характерний для нейронів СМВ ящірки прудкої, порівняно із попередніми досліджуваними хребетними тваринами.

Необхідно зауважити, що характерною особливістю спинномозкових вузлів коропа є велика кількість гліальних елементів ( $2814,75 \pm 244,17$ ), тоді, як у спинномозкові вузли ставкової жаби, щільність гліальних клітин менша у 3,6 ( $p < 0,001$ ), а у ящірки прудкої – у 1,9 раза.

Середній об'єм нейронів спинномозкових вузлів, навпаки, більшим був у представників класу Земноводних, потім у тварин класу Кісткові риби та найменшим – у представників класу Плазуни.

За результатами проведених морфометричних досліджень, найбільші розміри мали нейрони жаби ставкової ( $28,68 \pm 4,10$  тис.  $\mu\text{м}^3$ ), середні – нейрони коропа ( $7,95 \pm 0,66$  тис.  $\mu\text{м}^3$ ), а малі розміри – у ящірки прудкої ( $6,58 \pm 1,40$  тис.  $\mu\text{м}^3$ ). Середній коефіцієнт ядерно-цитоплазматичних відношень – СЯЦВ найбільший у коропа ( $0,22 \pm 0,04$ ), а найменший у ящірки –  $0,12 \pm 0,04$ .

Отже, у спинномозкових вузлах холоднокровних тварин, які знаходяться на одному рівні філогенетичного розвитку, але відрізняючись руховою активністю, спостерігаються помітні

відмінності їх структурних взаємовідношень. Так, у морфоархітектоніці спинномозкових вузлах холоднокровних тварин спостерігається виражена морфологічна мінливість найбільш характерних ознак, що проявляється зміною форми спинномозкових вузлів, їх розмірів, об'єму нейронів та їх гліального забезпечення, що супроводжується високим ступенем однорідності нейронної популяції, та відображає їх стабільне функціонування у певному середовищі перебування. До того ж у популяції нейронів спинномозкових вузлів досліджуваних представників холоднокровних тварин спостерігається певна ступінь поліморфізму відносно ступеню хроматофільності. Так, на фоні домінуючої кількості нормохромних нейронів у жаби ставкової та ящірки прудкої, виявляли однакову кількість гіпохромних та гіперхромних клітин. Водночас у коропа більш типовою є наявність гіпохромних нервових клітин за незначної наявності – гіперхромних.

Морфологічні особливості спинномозкових вузлів у представників теплокровних тварин.

Нервова система теплокровних тварин ускладнюється. Вона має сформований головний і спинний мозок, спинномозкові вузли та нерви, що відходять від них. У птахів вже розвинені умовні рефлексії. Індивідуальний досвід у житті цих тварин відіграє істотну роль і у еволюційній перебудові СМВ.

Зокрема, спинномозкові вузли домашньої курки, на відмінну від холоднокровних тварин розміщені у міжхребцевих отворах на рівні з'єднання дорсального і вентрального корінців. Вони мають овальну форму, їх площа дорівнює  $0,5 \pm 0,04$   $\text{мм}^2$ . Спинномозкові вузли курки вкриті чітко сформованою сполучнотканинною капсулою, товщина якої становить  $15,4 \pm 0,83$   $\mu\text{м}$ , від якої у середину паренхіми органу галузяться чисельні трабекули. З'ясовано, що структурні та метаболічні комплекси нервових клітин спинномозкових вузлів домашньої

курки є типовими та характерними для рецепторних нейронів. Так, нервові клітини спинномозкових вузлів у курей на відміну від досліджуваних холоднокровних тварин, чітко диференціюються на великі, середні та малі. Нейроцити у них більш округлої форми із центрично розміщеним ядром. Навколо таких клітин, чітко виражена мантийна оболонка, яка представлена перинеурональними клітинами глії, нервовими волокнами та прошарками сполучної тканини (рис. 3).

У спинномозкових вузлах домашньої курки домінують нормохромні клітини над гіперхромними, у їх нейроплазмі містяться чітко виражені глибки хроматофільної речовини дрібної зернистості. Також зустрічаються нейроцити з локалізацією хроматофільної речовини на периферії нейроплазми. Ядерний хроматин чітко виражений та рівномірно заповнює каріоплазму. Найінтенсивніше зафарбовувалися ядра гліальних клітин.

За результатами морфометричних досліджень, щільність розміщення

нервових клітин у спинномозкових вузлах домашньої курки, порівняно з пойкилотермними тваринами значно менша ( $p < 0,05$ ). Це обумовлено, згідно результатів наших нейрогістологічних досліджень, ускладненням галуження нервоволокнистого компоненту спинномозкових вузлів, наявністю великих за розмірами нейроцитів ( $33,94 \pm 3,46$  тис.  $\mu\text{м}^3$ ), збільшенням кількості гліальних клітин ( $1746,12 \pm 74,2$ ) та клітин-сателітів ( $17,64 \pm 1,52$ ) ( $p < 0,001$ ). Нервові клітини спинномозкових вузлів домашньої курки характеризуються низьким показником сЯЦВ ( $0,04 \pm 0,03$ ), що є беззаперечним свідченням вищої морфофункціональної активності таких нейроцитів.

Для представників класу Ссавці характерною є складна поведінка – складні умовні та безумовні рефлексії. Водночас рівень розвитку нервової системи в цілому та спинномозкових вузлів зокрема у різних видів ссавців неоднаковий і залежить від умов існування.

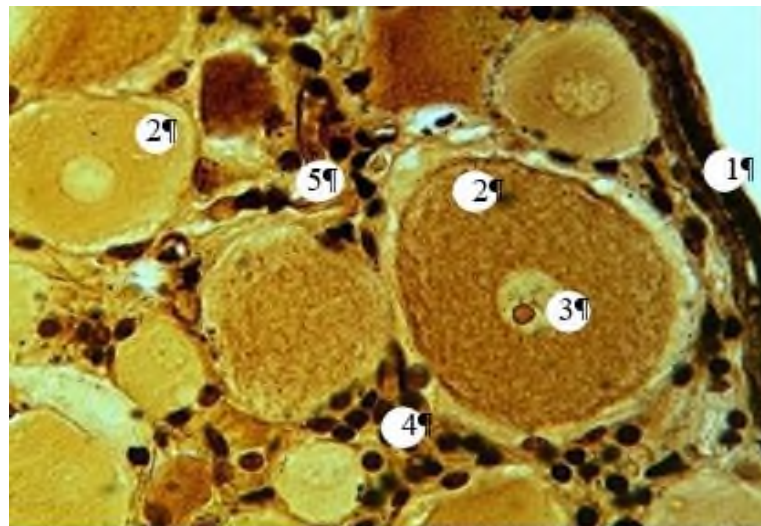


Рис. 3. Фрагмент гістологічної структури спинномозкового вузла домашньої курки *Gallus gallus*, forma domestica L., 1758: 1 – сполучнотканинна капсула вузла; 2 – нервова клітина; 3 – ядро та ядрце клітини; 4 – ядра гліоцитів; 5 – нервові волокна. Більшовський-Грос.  $\times 400$ .

Так, спинномозкові вузли досліджуваних тварин представників класу Ссавці розміщені за межами міжхребцевих отворів. Проте, дорсальні та вентральні корінці СМВ домашньої

свині та корови сформовані кількома пучками нервових волокон, які не з'єднані між собою. Спинномозкові вузли кроля європейського та свійського собаки мають округлу форму, а у свині

та корови – веретеноподібну та сплющені у дорсовентральному напрямку. Сполучнотканинну капсулу СМВ формують еластичні та колагенові волокна різної просторової орієнтації. Особливою морфологічною ознакою спинномозкових вузлів вищих хребетних є упорядковане розташування у них нервових клітин та їх відростків. Нейроцити локалізовані на периферії СМВ під капсулою, у вигляді валиків. У товщі органу нервові клітини розташовані погруповано, між пучками нервових волокон, де зустрічається значна кількість судини

гемомікроциркуляторного русла. Для спинномозкових вузлів корови характерна їх часточковість.

При тотальній імпрегнації спинномозкових вузлів азотнокислим сріблом за методом Рамон-і-Кахаля виявляються світлі нервові клітини малих розмірів, які розміщені невеликими групами, поруч з якими наявні великі більш інтенсивно імпрегновані нейроцити (рис. 4). Навколо останніх чітко виявляється мантійна оболонка, яка складається із клітин-сателітів, нервових волокон та прошарків сполучної тканини (рис. 5; 6).

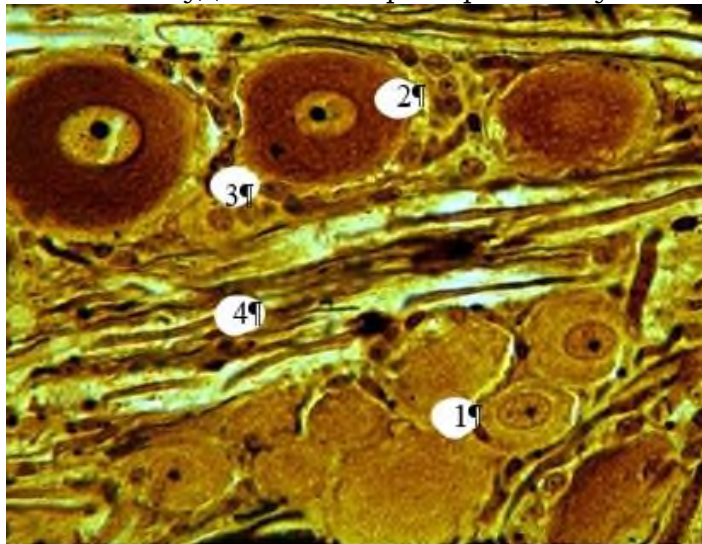


Рис. 4. Фрагмент мікроскопічної будови спинномозкового вузла кроля європейського *Oryctolagus cuniculus* L., 1758: 1 – світлі нейроцити; 2 – темні нейроцити; 3 – ядра мантійних гліоцитів; 4 – нервові волокна. Рамон-і-Кахаль.  $\times 280$ .

Отже, у ряді дослідження представників хребетних від риб до ссавців кількість нервових клітин на одиницю площі СМВ зменшується. При тім, низька їх щільність розташування у тварин класу Ссавці з високою локомоторною функцією, у першу чергу, пов'язана із високим рівнем диференціації клітинних компонентів та підвищенням їх функціонального значення. Кількість гліальних клітин знаходиться у межах від 1295,58 у свині домашньої до 1782,65 – у кроля європейського. Також, ускладнюється нейрогліальне забезпечення нейроциту.

Зокрема, кількість сателітів найбільша у свійського собаки, вона становить  $32,64 \pm 1,96$ . Нервові клітини спинномозкових вузлів ссавців мають найбільші розміри у порівняльно-анатомічному ряді досліджуваних хребетних тварин, а відповідно найменше ЯЦВ, показник якого у процесі філогенезу хребетних тварин має тенденцію до його зменшення. Це є аргументованим свідченням вищого рівня морфофункціональної зрілості нейроцитів у представників класу Ссавці.

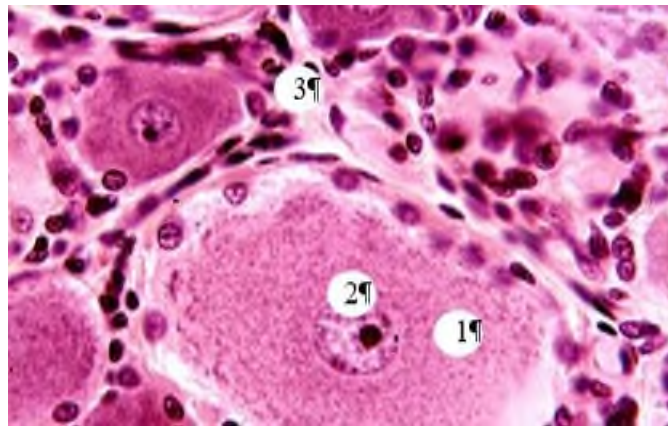


Рис. 5. Фрагмент мікроскопічної будови спинномозкового вузла собаки свійського *Canis lupus familiaris* L., 1758: 1 – цитоплазма нейрона; 2 – ядро та ядерце; 3 – ядра гліальних клітин. Гематоксилін та еозин.  $\times 640$ .

Отже, найбільш характерною мінливою ознакою в організації СМВ теплокровних тварин у процесі еволюції є структурна перебудова їх гісто- та цитоархітекtonіки, що проявляється збільшення їх площі, більш чітким вираженням диференціації нейронного складу, збільшення кількості та розмірів нейронів тощо. Крім того, морфологічною ознакою спинномозкових вузлів вищих

хребетних тварин є упорядковане розміщення нервових клітин та їх відростків: нейрони локалізовані на периферії під капсулою, нервові відростки – переважно у серединній частині вузла. При чому, нервові волокна клітин більш розвинені та розгалужуються у товщі спинномозкових вузлах ссавців, порівняно з відповідним органом нижчих хребетних тварин.

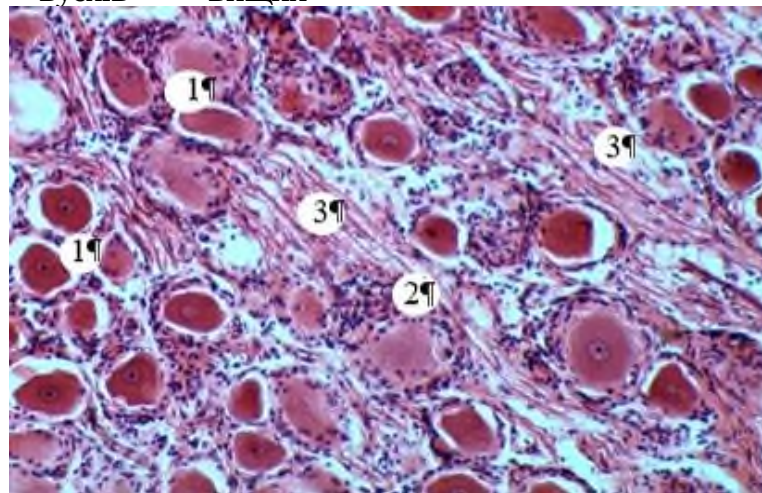


Рис. 6. Фрагмент мікроскопічної будови спинномозкового вузла бика свійського *Bos taurus taurus* L., 1758: 1 – нейрони; 2 – ядра гліальних клітин; 3 – нервові волокна. Гематоксилін та еозин.  $\times 120$ .

### Обговорення

Проведене нами дослідження з позиції оцінки пластичності спинномозкових вузлів хребетних тварин різних рівнів структурної організації, з різною еколого-

функціональною організацією, які відрізняються ступенем рухової активності, середовищем перебування дозволило виявити певні закономірності, тенденції та критерії, які стосуються структурної організації

спинномозкових вузлів на клітинному та популяційно-клітинному рівнях їх організації.

Удосконалення морфології спинномозкових вузлів, їх морфологічна мінливість у філогенетичному ряді хребетних тварин проявляється у перебудові спинномозкових вузлів, їх кількісних характеристик залежно від умов існування тварин у навколишньому середовищі. Так, найбільші розміри нейронів у пойкилотермних тварин відмічали у ставкової жаби, середні – у коропа, малі розміри – у прудкої ящірки, що свідчить про спеціалізацію нейронів у представника класу плазунів. Так, як за даними авторів (Назарчук, 2009), наявність малих розмірів нейронів є свідченням не примітивності, а переконанням щодо їх певної спеціалізації, яка призводить до найбільш економічного шляху виконання функції з мінімальними затратами морфогенного матеріалу. При тім, структурний коефіцієнт ядерно-цитоплазматичних відношень нейронів був найбільшим у коропа ( $0,22 \pm 0,04$ ), а найменшим – у ящірки прудкої ( $0,12 \pm 0,04$ ). Крім того у СМВ холоднокровних, замість уніполярних чутливих нейронів, які характерні для СМВ безхребетних розміщуються псевдоуніполярні з Т-подібно вираженим відростком, що забезпечує більш високу швидкість проведення збудження без участі тіла клітини.

Працями ряду вітчизняних (Горальський, 2016; Sokulskyi, 2021; Назарчук, 2009; Ковалева, 1985; Островський, 2019) та зарубіжних (Pannese, 1999; Khorooshi, 2001; Rubinow & Juraska, 2009) нейрогістологів встановлено, що нервова тканина відрізняється вираженою неоднорідністю клітинного складу, між тим, гліальні клітини значно переважають у кількісному відношенні над нервовими, займають увесь об'єм нервової тканини між судинами та нейронами. За нашими даними, показник щільності гліальних клітин на умовну одиницю площі є

найвищим у спинномозкових вузлах річкового коропа порівняно із іншими представниками хребетних тварин, а найнижчим – у ставкової жаби. З позиції ряду дослідників, це пов'язано із морфологічними перебудовами структур нервової системи при адаптації до нового середовища перебування (Северцов, 1990).

У птахів, нервова система досягає значно високого ступеню розвитку та диференціації (Kang, 2021). Представники класу птахів мають ряд біологічних особливостей: розвиток ембріону поза організмом матері, фізіологічна скороспілість, швидкий ріст, висока температура тіла ( $+40 - 42^\circ\text{C}$ ), своєрідність будови шкіряного покриву та його похідних. І тому гістоцитоархітекtonіка спинномозкових вузлів у курей значно відрізняється від такої у пойкилотермних тварин і характеризується вищим рівнем їх розвитку. На відміну від СМВ ставкової жаби та річкового коропа, у курей вже чітко виражена диференціація нейронів на малі, середні та великі, що підтверджує морфологічними дослідженнями авторів (Назарчук, 2008). Вони більш округлої форми із центрично розміщеним ядром. Від добре розвиненої сполучнотканинної оболонки, яка покриває СМВ, у товщу органу проникають чисельні перегородки, між якими групами розміщуються нервові клітини. Мінливою ознакою у птахів, на відміну від холоднокровних тварин, є наявність навколо нейронів чітко вираженої мантійної оболонки, яка складається із перинейрональних клітин глії, нервових волокон та прошарків сполучної тканини.

У представників вищих хребетних (птиці та ссавців), як відомо із даних літератури (Северцов, 1990; Khorooshi, 2001) та за результатами наших досліджень, існує суттєва подібність у гістологічній будові СМВ. Проте, нами встановлено, що варіабельність розмірів нервових клітин СМВ птиці

коливається у значно вужчих межах, ніж у СМВ ссавців, а щільність розміщення нейроцитів та клітин глії значно вища. Так, середній об'єм нейроцитів спинномозкових вузлів курей у 1,8 раза менший, ніж у представників класу Ссавців, а щільність розміщення їх у 2,2 раза більша. Тобто менший об'єм нейроцитів компенсується щільністю їх розміщення. Кількість гліальних клітин у спинномозкових вузлах курки домашньої перевищує відповідно їх кількість у спинномозкових вузлах ссавців лише у 1,2 рази.

Загально визнаним є факт, що розміри нейронів залежать від таксономічного статусу рівня ссавців (чим вище в систематичному відношенні вид, тим більший об'єм тіла нервової клітини), а також від розмірів і маси тіла тварини (Liebeskind, 2016; Kverková, 2022). Проведений нами морфометричний аналіз нейроцитів СМВ у дослідних тварин, підтвердили точку зору відносно залежності між лінійними параметрами нервових клітин, таксономічним статусом та розмірами тіла і маси тварини в межах класу. Так, найбільшу масу тіла ( $590,49 \pm 15,64$  кг) серед досліджуваних нами тварин мали представники великої рогатої худоби. За результатами морфометричних досліджень саме у спинномозкових вузлах середній показник об'єма нейроцитів був найвищим, але він не суттєво відрізнявся від такого у свині, маса тіла якої майже у 1,8 раза менше, ніж у ВРХ. Дана ж залежність відсутня при порівнянні представників різних класів хребетних. Так, курка домашня знаходиться значно вище у філогенетичному ряді хребетних тварин, ніж ставкова жаба і значно переважає останню у розмірах тіла. Між тим, середній об'єм нейроцитів у СМВ ставкової жаби лише у 1,2 раза менший, ніж такий показник у курки домашньої.

Основним морфометричним показником рівня метаболізму і диференціації клітин при різних

умовах їх існування є ядерно-цитоплазматичне відношення, завдяки якому можна оцінити рівень морфофункціональної зрілості у видовому та віковому аспектах (Svahn, 2018; Moore, 2019). За результатами наших досліджень найбільші показники ЯЦВ були характерні для нейроцитів спинномозкових вузлів нижчих хребетних. У процесі філогенетичного розвитку тварин, такий показник має тенденцію до зменшення. Це беззаперечно є свідченням вищого рівня морфофункціональної активності та зрілості нейроцитів у представників тварин класів Птахи та Ссавці, тварин з високою локомоторною функцією, що насамперед, ми пов'язуємо із високим рівнем диференціації клітинних компонентів у СМВ і підвищенням їх функціональної ролі.

Висновки. Спинномозкові вузли у порівняльно-анатомічному ряді хребетних тварин відрізняються по топографії і формі: у холонокровних (річкового коропа) веретеноподібної форми, округлої – у ставкової жаби та ящірки прудкої; у теплокровних тварин (курки, кроля, собаки) сплющені дорсовентрально, у свині та великої рогатої худоби – неправильної округлої форми.

У філогенетичному ряді дослідних хребетних тварин виявлено різні розміри нервових клітин: найменші об'єми нейроцитів мають спинномозкові вузли холонокровних тварин; найбільші теплокровних – представники класу Ссавців та Птахів. При цьому щільність розподілу нейроцитів в клітинній популяції спинномозкових вузлів хребетних тварин у процесі історичного розвитку зменшується.

Порівняння гістоморфології та морфометричних показників спинномозкових вузлів у різних представників хребетних тварин свідчить про підвищення рівня їх організації (в ряду від риб до ссавців). Водночас, у межах окремого класу тварин, чітко виявляються достовірні

відмінності цитометричних параметрів нейронних популяцій, що можна вважати ідіоадаптацією – прогресивним філогенетичним розвитком, що супроводжується певними змінами у будові нервової

системи дослідних тварин, унаслідок їх пристосування до конкретних умов перебування у певному середовищі існування.

### Список використаних джерел

Горальський А. П., Сокульський І. М., Демус Н. В., Колеснік Н. А. Порівняльно-гісто- та цитологічна характеристика спинного мозку і спинномозкових вузлів шийного і грудного відділів свійського собаки. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Том 18. № 1. (65) Частина 2. С. 26–32.

Горальський А. П., Хомич В. Т., Кононський О. І. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи дослідження у нормі та при патології : навч. посіб. Житомир : Полісся. 2019. 288 с.

Западнюк В. И. К вопросу о возрастной периодизации лабораторных животных. *Геронтология и гериатрия*. Киев: из-во ин-та геронтологии АМН СССР. 1971. С. 433–438.

Ковалева Д. В. Морфометрическая характеристика нейронов спинномозговых и вегетативных узлов. Морфогенез органов и регулирующих систем в норме и эксперименте. Минск. 1985. С. 82–84.

Назарчук Г. О. Морфологічна та морфометрична характеристика спинномозкових вузлів курей у постнатальному періоді онтогенезу. *Вісник ДАУ*. 2008. № 1 (21). С. 113–118.

Назарчук Г. О. Особливості морфології грудних спинномозкових вузлів великої рогатої худоби та свиней. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2009. Том 11 № 2(41) Частина 2. С. 239–243.

Островський М. М. Морфофункціональний стан спинномозкових вузлів при корекції паклітаксел-індукованої нейропатії армадіном. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2019. Том 4. № 6 (22). С. 74–79. <https://doi.org/10.26693/jmbs04.06.074>

Северцов А. С. Внутривидовое разнообразие как причина эволюционной стабильности. *Журнал общей биологии*. 1990. Т. 51. № 5. С. 579–589.

Сисюк Ю. О., Карповський В. І., Журенко О. В., Данчук О. В., Постой Р. В. Зміни в вітамінній ланці антиоксидантної системи корів різних типів вищої нервової діяльності. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій*. 2017. 19(78). С. 81–85. <https://doi: 10.15421/nvlvet7816>.

Яблонська О. В. Використання лабораторних тварин у експериментах: метод. Вказівки. К.: Вид. центр НАУ. 2007. С. 3–16.

Alvarez-Buylla A., Kohwi M., Nguyen T. M., Merkle F. T. The heterogeneity of adult neural stem cells and the emerging complexity of their niche. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology*. 2008. V. 73. P. 357–365. <https://doi.org/10.1101/sqb.2008.73.019>

Braun K, Stach T. Morphology and evolution of the central nervous system in adult tunicates. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2018. V. 57(19). P. 323–344. DOI:10.1111/jzs.12246

De Moraes E. R., Kushmerick C., Naves L. A. Morphological and functional diversity of first-order somatosensory neurons. *Biophysical reviews*. 2017. V. 9(5). P. 847–856. <https://doi.org/10.1007/s12551-017-0321-3>

Horalskyi L. P., Kolesnik N. L., Sokulskiy I. M., Tsekhmistrenko S. I., Dunaievskaya O. F., Goralska I. Y. Morphology of spinal ganglia of different segmentary levels in the domestic dog. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. V. 11(4). P. 501–505. <https://doi:10.15421/022076>

Kang S. W. Central Nervous System Associated With Light Perception and Physiological Responses of Birds. *Frontiers in physiology*. 2021. V. 12. 723454. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.723454>

Khorooshi M., Hansen B.F., Kelling J. et al. Prenatal Localization of the dorsal root ganglion in different segments of the normal human vertebral column. *Spine*. 2001. V. 26, № 1. P. 1–5.

Kverková K., Marhounová L., Polonyiová A., Kocourek M., Zhang Y., Olkowicz S., Straková B., Pavelková Z., Vodička R., Frynta D., Němec P. The evolution of brain neuron numbers in amniotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2022. V. 119(11). e2121624119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2121624119>

Liebeskind B. J., Hillis D. M., Zakon H. H., Hofmann H. A. Complex Homology and the Evolution of Nervous Systems. *Trends in ecology & evolution*. 2016. V. 31(2). P. 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.12.005>

Medici T., Shortland P. J. Effects of peripheral nerve injury on parvalbumin expression in adult rat dorsal root ganglion neurons. *BMC neuroscience*. 2015. V. 16. 93. <https://doi.org/10.1186/s12868-015-0232-9>

Meltzer S., Santiago C., Sharma N., Ginty D. D. The cellular and molecular basis of somatosensory neuron development. *Neuron*. 2021. V. 109, Issue 23. P. 3736–3757. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.09.004>

Moore M. J, Sebastian J. A, Kolios M. C. Determination of cell nucleus-to-cytoplasmic ratio using imaging flow cytometry and a combined ultrasound and photoacoustic technique: a comparison study. *J Biomed Opt*. 2019. V. 24(10). P. 1–10. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.10.106502>

Pannese E., Ventura R., Bianchi R. Quantitative relationships between nerve and satellite cells in spinal ganglion: An electron microscopical study. *The journal of comparative neurology*. 1999. Vol. 160. № 4. P. 463–476.

Ribeiro F. F., Xapelli S. An Overview of Adult Neurogenesis. *Advances in experimental medicine and biology*. 2021. V. 1331. P. 77–94. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74046-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74046-7_7)

Rubinow M.J., Juraska J.M. Neuron and glia number in the basolateral nucleus of the amygdala from preweaning through old age in male and female rats: a stereological study. *The journal of comparative neurology*. 2009. Vol. 512, № 6. P. 717–725.

Sokulskyi I. M., Goralskyi L. P., Kolesnik N. L., Dunaievska O. F., Radzikhovskiy N. L. Histostructure of the gray matter of the spinal cord in cattle (*Bos Taurus*). *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. V. 4(3). P. 11–15. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.02>

Svahn A. J., Don E. K., Badrock A. P., Cole N. J., Graeber M. B., Yerbury J. J., Chung R., Morsch M. Nucleo-cytoplasmic transport of TDP-43 studied in real time: impaired microglia function leads to axonal spreading of TDP-43 in degenerating motor neurons. *Acta neuropathologica*. 2018. V. 136(3). P. 445–459. <https://doi.org/10.1007/s00401-018-1875-2>

Zhurenko O.V., Karpovskiy V.I., Danchuk O.V., Kravchenko-Dovga Yu.V. The content of calcium and phosphorus in the blood of cows with a different tonus of the autonomic nervous system. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2018. V. 20(92). P. 8–12. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9202>

#### References (translated & transliterated)

Goralskyi, L. P., Sokulskyi, I. M., Demus, N. V., & Kolesnik, N. L. (2016). Comparative histo- and cytological characteristics of the spinal cord and spinal nodes of the cervical and thoracic regions of a domestic dog. *Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzhitskyi*, 18, 1. (65), 26–32. [in Ukrainian].



Horalskyi, L.P., Khomych, V.T., & Kononskyi, O.I. (2019). Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology. Zhytomyr: Polissia. [in Ukrainian].

Zapadnyuk, V. I. (1971). To the question of age periodization of laboratory animals. Gerontology and geriatrics. Kyiv: Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR. 433–438. [in Ukrainian].

Kovaleva, D. V. (1985). Morphometric characteristics of neurons of the spinal cord and autonomic nodes. Morphogenesis of organs and regulatory systems in the norm and experiment, Minsk, 1985, 82–84.

Nazarchuk, G. O. (2008). Morphological and morphometric characteristics of spinal nodes of chickens in the postnatal period of ontogenesis. *Bulletin of DAU*, 1 (21), 113–118. [in Ukrainian].

Nazarchuk, G. O. (2009). Peculiarities of morphology of thoracic spinal nodes of cattle and pigs. *Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzhitskyi*, 11, 2 (41), 239–243. [in Ukrainian].

Ostrovskyi, M. M. (2019). Morphofunctional state of spinal nodes during correction of paclitaxel-induced neuropathy with armadine. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 4(6), 74–79. <https://doi.org/10.26693/jmbs04.06.074> [in Ukrainian].

Severtsov, A. S. (1990). Intraspecific diversity as a cause of evolutionary stability. *Journal of general biology*, 51, 5, 579–589.

Sysyuk, Y., Karpovskiy, V., Zhurenko, O., Danchuk, O., & Postoy, R. (2017). Changes in the vitamin chain of the antioxidant system of cows of different types of higher nervous activity. *Scientific Bulletin of the LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 19(78), 81–85. [in Ukrainian].

Yablons'ka, O. V. (2019). Viktoristannya laboratornih tvarin u eksperimentah: metod. Vkazivki. K.: Vid. centr NAU, 3–16. [in Ukrainian].

Alvarez-Buylla, A., Kohwi, M., Nguyen, T. M., & Merkle, F. T. (2008). The heterogeneity of adult neural stem cells and the emerging complexity of their niche. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology*, 73, P. 357–365. <https://doi.org/10.1101/sqb.2008.73.019> [in English].

Braun, K., & Stach, T. (2018). Morphology and evolution of the central nervous system in adult tunicates. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57 (19), 323–344. DOI:10.1111/jzs.12246 [in English].

De Moraes, E. R., Kushmerick, C., & Naves, L. A. (2017). Morphological and functional diversity of first-order somatosensory neurons. *Biophysical reviews*, 9 (5), 847–856. <https://doi.org/10.1007/s12551-017-0321-3> [in English].

Horalskyi, L.P., Kolesnik, N.L., Sokulskiy, I.M., Tsekhmistrenko, S.I., & Dunaievska, O.F., Goralska I.Y. (2020). Morphology of spinal ganglia of different segmentary levels in the domestic dog. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 11(4), 501–505. <https://doi:10.15421/022076> [in Ukrainian].

Kang S. W. (2021). Central Nervous System Associated With Light Perception and Physiological Responses of Birds. *Frontiers in physiology*, 12, 723454. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.723454> [in English].

Khorooshi, M., Hansen, B.F., & Kelling, J. (2010). Prenatal Localization of the dorsal root ganglion in different segments of the normal human vertebral column. *Spine*, 26, № 1, 1–5. [in English].

Kverková, K., Marhounová, L., Polonyiová, A., Kocourek, M., Zhang, Y., Olkowicz, S., Straková, B., Pavelková, Z., Vodička, R., Frynta, D., & Němec, P. (2022). The evolution of brain neuron numbers in amniotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119 (11), e2121624119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2121624119> [in English].

Liebeskind, B. J., Hillis, D. M., Zakon, H. H., & Hofmann, H. A. (2016). Complex Homology and the Evolution of Nervous Systems. *Trends in ecology & evolution*, 31 (2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.12.005> [in English].

Medici, T., & Shortland, P. J. (2015). Effects of peripheral nerve injury on parvalbumin expression in adult rat dorsal root ganglion neurons. *BMC neuroscience*, 16, 93. <https://doi.org/10.1186/s12868-015-0232-9> [in English].

Meltzer, S., Santiago, C., Sharma, N., & Ginty, D. D. (2021). The cellular and molecular basis of somatosensory neuron development. *Neuron*, 109 (23), 3736–3757. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.09.004> [in English].

Moore, M. J., Sebastian, J. A., & Kolios, M. C. (2019). Determination of cell nucleus-to-cytoplasmic ratio using imaging flow cytometry and a combined ultrasound and photoacoustic technique: a comparison study. *J Biomed Opt*, 24 (10), 1–10. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.10.106502> [in English].

Pannese, E., Ventura, R., & Bianchi, R. (1999). Quantitative relationships between nerve and satellite cells in spinal ganglion: An electron microscopical study. *The journal of comparative neurology*, 1999, 1.(160). 4, 463–476. [in English].

Ribeiro, F. F., & Xapelli, S. (2021). An Overview of Adult Neurogenesis. *Advances in experimental medicine and biology*, 1331, 77–94. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74046-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74046-7_7) [in English].

Rubinow, M. J., & Juraska, J. M. (2009). Neuron and glia number in the basolateral nucleus of the amygdala from preweaning through old age in male and female rats: a stereological study. *The journal of comparative neurology*, 512, 6, 717–725. [in English].

Sokulskyi, I. M., Goralskyi, L. P., Kolesnik, N. L., Dunaievska, O. F., Radzikhovskiy, N. L. (2021). Histostructure of the gray matter of the spinal cord in cattle (*Bos Taurus*). *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. V. 4(3), P. 11–15. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.02> [in Ukrainian].

Svahn, A. J., Don, E. K., Badrock, A. P., Cole, N. J., Graeber, M. B., Yerbury, J. J., Chung, R., & Morsch, M. (2018). Nucleo-cytoplasmic transport of TDP-43 studied in real time: impaired microglia function leads to axonal spreading of TDP-43 in degenerating motor neurons. *Acta neuropathologica*, 136(3). P. 445–459. <https://doi.org/10.1007/s00401-018-1875-2> [in English].

Zhurenko, O.V., Karpovskiy, V.I., Danchuk, O.V., & Kravchenko-Dovga, Yu.V. (2018). The content of calcium and phosphorus in the blood of cows with a different tonus of the autonomic nervous system. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(92), 8–12. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9202> [in Ukrainian].

Отримано: 18 травня 2022  
Прийнято: 13 вересня 2022



УДК 594.1:591.522:591.9(477)  
DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.34-42

## ВРАЗЛИВИЙ ВИД ДВОСТУЛКОВИХ МОЛЮСКІВ ФАУНИ УКРАЇНИ PSEUDANODONTA COMPLANATA: ПОШИРЕННЯ, СТАН ПОСЕЛЕНЬ

Л. М. Шевчук<sup>1</sup>, Л. А. Васильєва<sup>2</sup>, Т. А. Зайонц<sup>3</sup>

Двостулкові молюски родини Перлівницеві є важливими компонентами прісноводних екосистем, оскільки є активними фільтраторами і формують якість води у місцях свого існування. Через антропогенну трансформацію водоїм ця група тварин визнана однією з найбільш уразливих. У роботі здійснено аналіз динаміки частоти трапляння та стану поселень *Pseudanodonta complanata* Rossmassler, 1835 впродовж понад 100 останніх років в Україні. Цей вид перлівницевих охороняється у багатьох європейських країнах, до Червоної книги України занесений у 2021 році зі статусом «вразливий». З метою аналізу поширення *P. complanata*, стану її популяції в Україні та можливої динаміки змін обрано три різних часових періоди. Для встановлення популяційних характеристик виду у водоймах близько 100-50 років тому проведено аналіз на основі опрацювання колекцій черепашок виду, що зберігаються у музеях країни, та літературних джерел. Для аналізу стану популяції беззубки вузької другого часового проміжку, було обрано результати власних зборів, що здійснені протягом 2007-2012 рр. у межах усіх річкових басейнів України. Загалом у цей період обстежено 300 пунктів. Третій період аналізу охопив результати власних зборів матеріалу у межах Центрального (Житомирського) Полісся у 2019-2022 роках, обстежено 57 потенційних місць оселення перлівницевих у водоймах та водотоках басейнів Тетерева, Случі, Ужа та Уборті. В Україні до 70-80-х років ХХ ст. *P. complanata*, не дивлячись на спорадичне поширення, була досить розповсюдженим видом. У період дослідження 2007-2012 років *P. complanata* не відмічена у басейні Західного Бугу, верхнього і нижнього Південного Бугу, нижнього Дніпра, водосховища дніпровського каскаду, верхнього Сіверського Дінця і річках Приазов'я та Криму. У зборах 2019-2022 років беззубку не виявлено у жодному пункті. Отримані результати підтверджують необхідність охорони вразливого виду та подальшої розробки природоохоронних заходів.

<sup>1</sup> доктор біологічних наук, професор,  
професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: shevchuk.biol@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-4164-514X

<sup>2</sup> кандидат біологічних наук,  
доцент (б. в. з.) кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: vasiljeva-zhdu@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-0661-927X

<sup>3</sup> доктор біологічних наук,  
професор Інституту охорони природи Польської академії наук  
(Краків, Польща)  
e-mail: tzajac@iop.krakow.pl  
ORCID: 0000-0003-2048-9205

**Ключові слова:** беззубка вузька (*Pseudanodonta complanata*), ареал, щільність поселення, вразливий вид.

## VULNERABLE SPECIES OF BIVALVE MOLLUSCS PSEUDANODONTA COMPLANATA IN THE FAUNA OF UKRAINE: DISTRIBUTION, STATE OF SETTLEMENTS

L. M. Shevshuk, L. A. Vasilieva, T. B. Zajac

*Bivalve molluscs of the family Unionidae are important components of freshwater ecosystems, as they are active filterers and shape the quality of water in their habitats. Due to anthropogenic transformation of water bodies, this group of animals is recognized as one of the most vulnerable. The paper analyzes the dynamics of the frequency of occurrence and the state of Pseudanodonta complanata Rossmassler, 1835 populations over the last 100 years in Ukraine. This species of Unionidae is protected in many European countries, it was included in the Red Data Book of Ukraine in 2021 with the status "vulnerable". Three different time periods were chosen to analyze the distribution of P. complanata, the state of its populations in Ukraine and possible dynamics of changes. To establish the population characteristics of the species in water bodies about 100-50 years ago, an analysis was carried out based on the study of collections of shells of the species stored in museums of the country and literature sources. To analyze the state of P. complanata populations in the second time interval, the results of our own collections carried out during 2007-2012 within all river basins of Ukraine were chosen. In total, 300 sites were surveyed during this period. The third period of analysis covered the results of our own collections within the Central (Zhytomyr) Polissia in 2019-2022, 57 potential habitats of Unionidae were surveyed in the reservoirs and watercourses of the Teteriv, Sluch, Uzh and Ubort basins. In Ukraine, until the 70-80s of the twentieth century, P. complanata, despite its sporadic distribution, was quite widespread species. During the study period of 2007-2012, P. complanata was not recorded in the basin of the Western Bug, upper and lower Southern Bug, lower Dnipro, reservoirs of the Dnipro cascade, upper Siverskyi Donets and rivers of Azov and Crimea. In the collections of 2019-2022, the species was not found in any point. The results confirm the need to protect the vulnerable species and further develop conservation measures.*

**Key words:** *Pseudanodonta complanata*, area, density of population, vulnerable species.

### Вступ

Двостулкові молюски родини Перлівницеві (Unionidae) є об'єктом наукового інтересу багатьох європейських дослідників. Ця група тварин належить до так званих екосистемних інженерів, які є активними фільтраторами, що визначають якість водного середовища (Shevchuk et al., 2021). Через погіршення умов існування у природних оселищах із 16 європейських видів перлівницевих дев'ять перебувають під охороною (Soroaka, 2021). Особливістю життєвого циклу цих тварин є обов'язкова стадія паразитування личинки глохидія на рибах, тому зникнення певних видів риб у водоймах також робить неможливим відтворення перлівницевих. Дедалі гостріше постає питання їх штучного розмноження та

вселення у відновлені оселища. З метою збереження і відтворення рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин до Червоної книги України вперше у 2021 році внесено три види прісноводних двостулкових молюсків родини перлівницевих, серед яких і беззубка вузька *Pseudanodonta complanata* Rossmassler, 1835 (Про затвердження..., 2021). Представники згаданої родини перебувають у вкрай змінених умовах існування, зазнають постійного антропогенного пресингу. Доволі масові види у минулому (щільності поселень обраховували десятками і сотнями на 1м<sup>2</sup>, звичні мешканці всіх типів гідроекосистем), а нині перебувають у пригніченому стані, деякі види є вразливими і, навіть зникаючими або зниклими у деяких водотоках регіонів України. Про те, що

беззубку *P. complanata* варто включити до Червоної книги України наголошувалось різними малакологами неодноразово і досить давно (Мельниченко, 2001, Корнюшин, 2002).

Метою цієї роботи було здійснити аналіз динаміки змін поширення та стану поселень *P. complanata* впродовж понад 100 останніх років в Україні.

#### Матеріал і методи

З метою аналізу поширення беззубки вузької, стану її популяцій в Україні та можливої динаміки змін обрано три різних часових періоди. Для встановлення популяційних характеристик виду у водоймах близько 100-50 років тому опрацьовано літературні джерела того періоду та колекції черепашок цього виду Державного природознавчого музею НАН України, Зоологічного музею імені Б. Дибовського Львівського національного університету імені Івана Франка, Зоологічного музею Інституту зоології імені І. І. Шмальгаузена НАН України, Зоологічного музею Зоологічного інституту РАН, музею природи Житомирського державного

університету імені Івана Франка. Для аналізу стану популяцій беззубки вузької другого часового проміжку, було обрано результати власних зборів, що здійснені протягом 2007-2012 рр. у межах усіх річкових басейнів України (рис. 1). Загалом у цей період обстежено 300 пунктів. Третій період аналізу охопив результати власних зборів матеріалу у межах Центрального (Житомирського) Полісся у 2019-2022 роках, обстежено 57 потенційних місць оселення перлівницевих у водоймах та водотоках басейнів Тетерева, Случі, Ужа та Уборті.

У роботі використані загальноприйняті методи збору, транспортування та обробки матеріалу (Стадниченко, 1984). Щільність поселень молюсків визначали у місцях їх виявлення на 1 м<sup>2</sup>. Зустрічальність виду розраховували як виражене у відсотках співвідношення кількості пунктів, де виявлено молюска, до загальної кількості обстежених пунктів. Видова ідентифікація (рис. 2) здійснена за роботами авторів (Васільєва, 2011; Янович 2013).

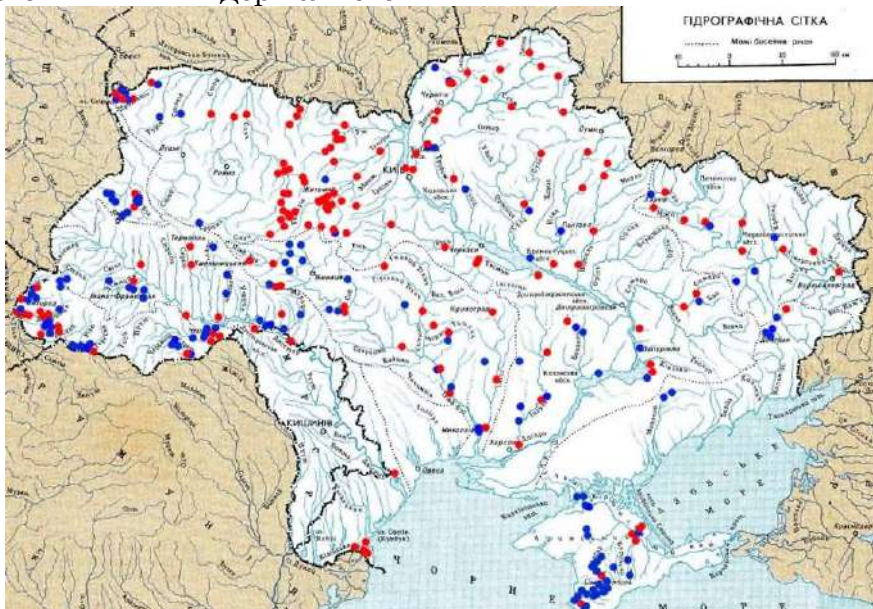


Рис. 1. Карта пунктів дослідження. Перлівницеві: виявлені – заповнення червоним кольором, не виявлені – синім.

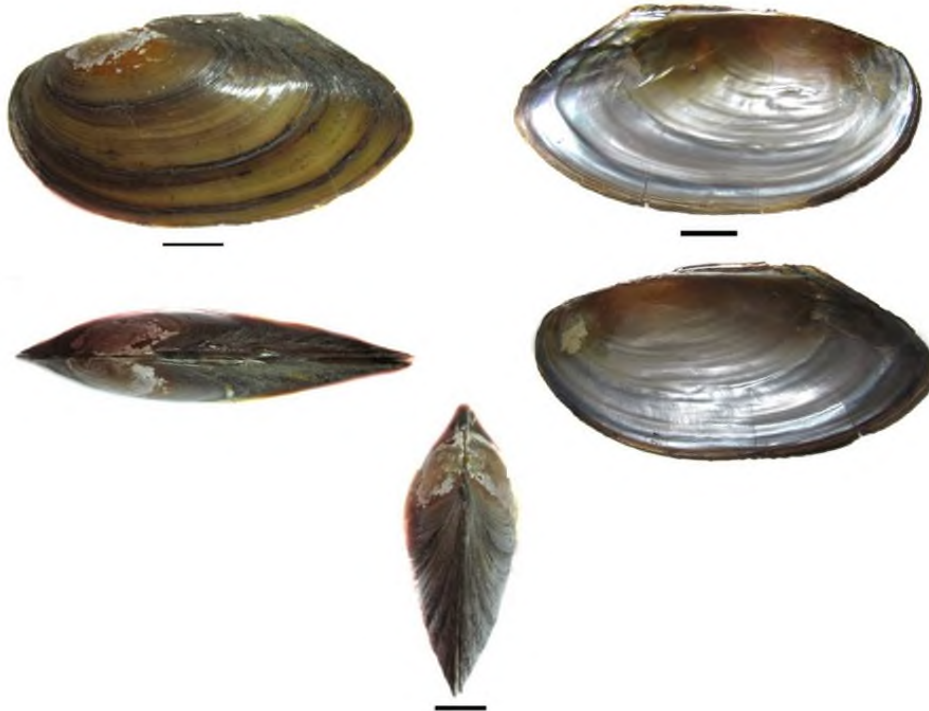


Рис. 2. Черепашка *Pseudanodonta complanata* Rossmassler, 1835 (р. Уж, Тартак, Житомирська обл.).

### Результати

*P. complanata* поширена у багатьох європейських країнах, хоча в переважній більшості випадків її популяції мають не значну щільність поселення. Для фауни України вид вперше зазначається у 1862 році для околиць Києва (Ельський, 1862). В подальшому, як показав аналіз численних фауністичних списків та публікацій, його виявлено у всіх річкових басейнах України (рис. 3). Детальний аналіз літературних джерел щодо виявлення цього виду, починаючи від перших згадок, зроблено у монографії Агнеси Стадниченко (1984). Існування беззубки вузької у водоймах того періоду підтверджує проведений нами аналіз музейних фондів. Що правда, різними вченими зазначається різна кількість видів *Pseudanodonta* для водойм та водотоків України. Це обумовлено відсутністю єдиних підходів до вирізнення видових

діагностичних ознак та загалом розумінням поняття «виду». Проведені у останні десятиліття генетичні дослідження спростували думку про існування у фауні України кількох видів несправжніх беззубок і підтвердили існування лише одного виду *P. complanata* (Васільєва, 2011; Янович, 2013).

Уже у кінці минулого та на початку нового століть через тривалу антропогенну трансформацію водойм та водотоків України було неодноразово підкреслено тенденцію до скорочення частоти трапляння, щільності населення, або навіть повного зникнення *P. complanata* з прісноводних екосистем (Мельниченко и др. 2001; Корнюшин, 2002, Пампура & Янович, 2010). Дослідження гідроекосистем України, що були здійснені протягом 2007–2012 рр., на жаль, підтвердили дане явище (Янович, 2012, Пампура, 2013).

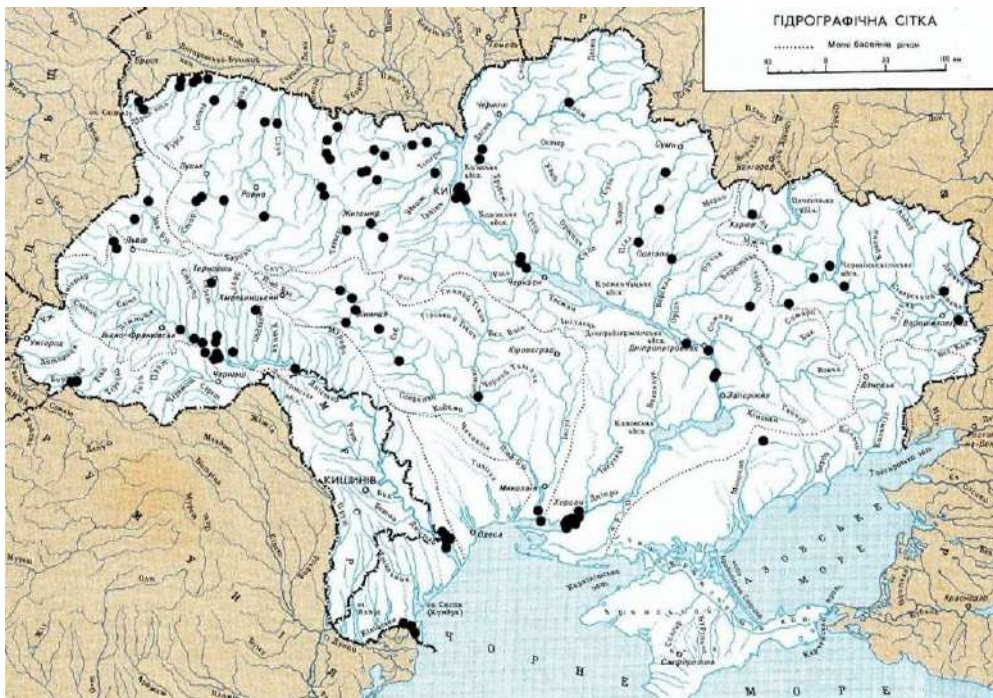


Рис. 3. Поширення *P. complanata* у річкових басейнах України за літературними та музейними даними XIX-XX ст.

Дійсно, значно зменшилися як ареал виду (рис. 4), так і щільність населення. Дана беззубка в Україні має найнижчі показники зустрічальності та щільності населення серед місцевих видів перлівницевих – 9,7 % (Янович, 2012). Вид знайдено у басейні Дунаю (лише у 7 місцях із 50 досліджених), Дністра (у 4 із 26), Південного Бугу (в 3 із 34), Прип'яті (у 10 з 32), Дніпра (в 3 із 85), Сіверського Донця (у 2 із 15). Аналіз екологічної валентності цього виду дозволив встановити, що він надає перевагу проточним ділянкам водойми з дуже незначною кількістю мулу. Саме вибагливість виду до умов існування, зробила не можливим його існування в зарегульованих, замулених, з не сприятливим кисневим режимом ділянках водойм, які стали не рідкими в Україні після будівництва численних дамб та гребель і перетворення річок на систему ставків та водосховищ. Аналіз сумісних поселень різних видів перлівницевих показав, що *P. complanata* у 82,8 % випадків було виявлено разом з *U. pictorum*, в 79,3 % — з *U. tumidus*, в 69 % — з *A. anatina*, в 55,2 % — з

*U. crassus* та в 6,9 % *P. complanata* оселялась з *A. cygnea*. Останній вид також став доволі рідкісним у фауні України, він переважно трапляється у заплавах з чистою водою та не значною течією. Доволі високий показник сумісного трапляння *P. complanata* та *U. crassus*, який також рекомендований тепер до охорони, свідчить про їх тяжіння до проточних, з достатньою кількістю кисню ділянок річок. Тобто ці види можна охарактеризувати як реофільні та оксифільні. Відсутність *P. complanata* у зборах, виконаних нами у цей період у басейнах Західного Бугу, верхнього і нижнього Південного Бугу, Нижнього Дніпра, водосховищах дніпровського каскаду, верхнього Сіверського Донця і річках Приазов'я, де вони відзначались раніше, може свідчити про можливе вимирання популяції виду в цих регіонах або різке їх скорочення. За матеріалами зборів показано, що у 79,3 % пунктів збору щільність поселень молюска становила лише 1 екз./м<sup>2</sup>, що безсумнівно робить не можливим відтворення цього роздільностатевого виду.

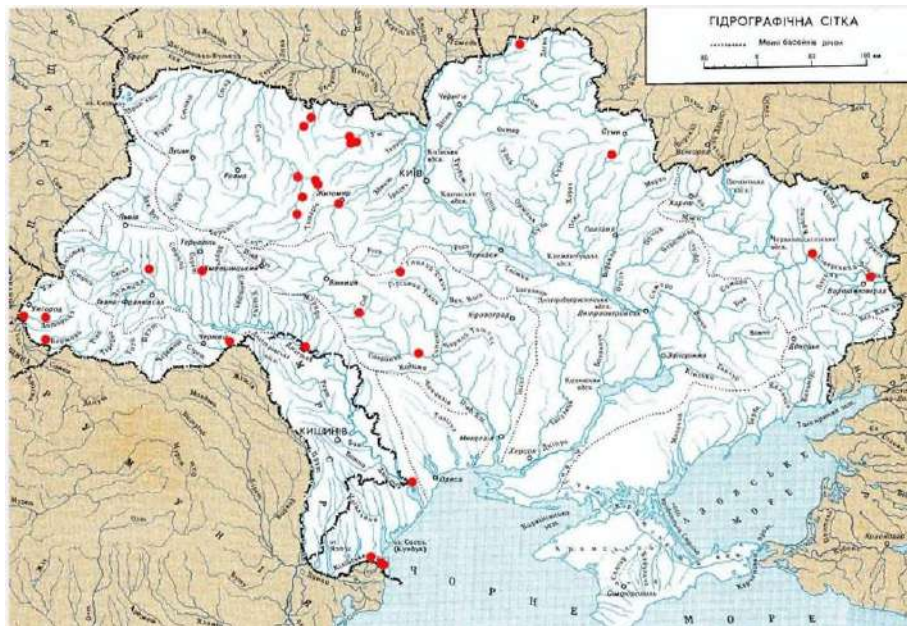


Рис. 4. Поширення *P. complanata* у річкових басейнах України за власними даними (2007-2012 рр.).

Тобто у такому випадку тенденція до зменшення представленості виду у типових для нього місцях існування буде лише зростати. На користь цього припущення був і той факт, що у популяціях беззубки вузької майже не траплялись одно- та дворічні особини. Лише у 6,9 % випадків щільність поселення досягала значень 4 екз./м<sup>2</sup>, що також не зовсім достатньо для повноцінного розмноження.

Як вже зазначалось, у період 2007-2012 років майже у всіх місцях збору беззубка вузька була виявлена лише поодинокі. У зв'язку із цим аналіз вікової структури виду у більшості вибірок є проблематичним, за винятком однієї із Сіверського Дінця, де відмічена найвища для цього виду у цей період щільність населення (4 екз./м<sup>2</sup>). Саме тому вдалося дослідити 22 особини. Вік виявлених тварин становив 4–7 років. Причому, якщо чотири- і п'ятирічні особини становили відповідно 36,7 і 50 %, то шести- і семирічні – лише 9,1 і 4,5 %. Невеликий відсоток молюсків двох останніх вікових груп у вибірці також викликає занепокоєння, адже це свідчить про зменшення тривалості життя молюсків. Згідно літературних даних максимальний вік життя

*P. complanata* становить 14–15 років (Brander, 1956). У колекціях перлівницевого Зоологічного музею Зоологічного інституту РАН зберігаються черепашки 11-річних особин виду, а у фондах ННПМ — 12-річних. Нами досліджені особини, найбільша тривалість життя яких становила лише 10 років, та і зустрічальність яких була вкрай низька (2 %). У більшості ж вибірок максимальний вік беззубок сягав лише 6–7 років.

Отримані результати дослідження стали підставою для рекомендації щодо надання *P. complanata* охоронного статусу та включення її до чергового видання Червоної книги.

На жаль, ситуація щодо стану популяції *P. complanata* наразі продовжує погіршуватись. Обстеження водойм та водотоків басейнів Тетерева, Случі, Уборті, Ужа у межах Центрального Полісся у період 2019-2022 років підтвердило критичність ситуації. В жодному з 57 досліджених пунктів беззубку вузьку виявлено не було. Однак, саме у водоймах та водотоках Центрального Полісся у 2007-2012 роках ситуація з станом поселень перлівницевого була однією з найкращих в Україні. Так, у басейні



Случі в межах Житомирської області у цей період *P. complanata* мала найвищу частоту трапляння в Україні, а саме 46%, тоді як загалом її частота трапляння в межах усіх обстежених тоді пунктів становила всього 10%. Все це означає, що надання охоронного статусу *P. complanata* в Україні було цілком виправданим.

### Обговорення

Дослідження двостулкових молюсків родини перлівницевих (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) набуває актуальності у світі та Європі. Не стає виключенням у цьому аспекті й Україна. Ці види мають важливе значення для біоіндикації стану водного середовища. Відомості щодо їх поширення можуть бути використані для прийняття рішень з управління водними ресурсами, для організації природоохоронної діяльності та оцінки якості водного середовища, у тому числі можуть доповнити вже існуючі дані. Чутливі до антропогенних зрушень гідроценозів перлівниці вже рекомендовані до охорони у багатьох країнах Європи (Bonk, 2019; Özgo et al., Markovi, 2021; Ollard & Aldridge, 2022).

Аналіз літературних даних, матеріалів музейних фондів та результатів власних зборів дозволяють констатувати тенденцію до зникнення перлівниці вузької *P. complanata* з

водойм та водотоків України. Відсутність особин виду у зборах 2019-2022 років, виконаних у межах Центрального Полісся, підтверджує не лише необхідність надання виду охоронного статусу, а й необхідність розробки заходів по відновленню стану природних оселищ та реституції виду. Позитивний досвід здійснення таких заходів, що правда по відношенню до іншого виду, що також потребує охорони, а саме *U. crassus*, існує в Польщі, зокрема на прикладі річки Ніда. У такому випадку виникає потреба у продовженні дослідження поширення та популяційних характеристик виду в Україні з метою встановлення місць максимальної щільності населення, генетичної різноманітності популяцій тощо та, в подальшому, можливого внесення цієї території до природоохоронної мережі.

### Висновки

Потреба в охороні виду *P. complanata* в Україні безсумнівна. При цьому важливо розробити конкретні заходи щодо виділення територій, котрі могли б у подальшому бути внесені до природоохоронної мережі (зокрема, Смарагдова мережа в Україні, створена за прикладом європейської Natura 2000). Такий підхід також вимагає продовження дослідження біології та екології цього рідкісного виду.

### Список використаних джерел

- Васільєва Л. А. Перлівниці Unionidae (Bivalvia) фауни України: алозимна й морфологічна мінливість: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08. Київ, 2011. 23 с.
- Ельський К. М. О малакологической фауне окрестностей города Киева. *Изд-во ун-та Св. Владимира*. 1862. 8. С. 187-194.
- Корнюшин А. В. О видовом составе пресноводных двустворчатых моллюсков Украины и стратегии их охраны. *Вестник зоологии*. 2002. 36, 1. С. 9-23.
- Мельниченко Р. К., Янович Л. Н., Корнюшин А. В. Особенности экологии и морфологии *Pseudanodonta* (Bivalvia, Unionidae) фауны Украины. *Вестник зоологии*. 2001. Т. 35. № 3. С. 61-70.
- Пампура М. М. Сучасне поширення і структура поселень перлівницевих Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) фауни України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08 Київ, 2013. 29 с.
- Пампура М. М., Янович Л. М. Распространение и экология моллюсков родов *Pseudanodonta* и *Anodonta* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) в бассейне Днепра в пределах Украины. *Наукові записки Тернопільського національного*

педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія біологічна. 2010. № 2 (43). С. 387-390.

Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключені з Червоної книги України (тваринний світ): Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 19.01.2021 р. № 29. [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#n19> (дата звернення 29.11.2022)

Стадниченко А. П. Фауна України. Перлівниці. Кулькові (Unionidae, Cycludidae). Київ: Наукова думка, 1984. 29, 9. 384 с.

Янович Л. М. Перлівниці Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) в сучасних екологічних умовах України (стан популяцій, особливості статевої структури і розмноження, біоценологічні зв'язки та фауна): автореф. дис. ... д-ра біолог. наук: 03.00.08. Київ, 2013. 53 с.

Bonk M. A new locality of the depressed river mussel *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler, 1835) (Bivalvia: Unionidae) in the Wisłok River (Carpathian Mountains). *Folia Malacologica*. 2019. 27(1). P. 71–74.

Brander T. Zur Nomenklatur Einiger Skandinavischen Unionazeen. *Archiv für Zoologie*, 1956. 9. P. 175-185.

Soroka M., Wasowicz B., Zając K. Conservation status and a novel restoration of the endangered freshwater mussel *Unio crassus* Philipsson, 1788: Poland case. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 2021. 422, 3.

Shevchuk L., Vasilieva L., Romaniuk R. and Pavliuchenko O. Species diversity of unionid mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) as a bioindicator of the state water environment of river basins of Ukraine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 915

Markovi V., Gojina V., Novakovi B., Boani M., Stojanovi K., Karan-Nidari T., Ivi I. The freshwater molluscs of Serbia: Annotated checklist with remarks on distribution and protection status. *Zootaxa*. 2021. 5003 (1). P 1-64.

Ollard I., Aldridge D. C. Declines in freshwater mussel density, size and productivity in the River Thames over the past half century. *Journal of Animal Ecology*. 2022. P. 1–12.

Ożgo M., Urbańska M., Marzec M., Kamocki A. Occurrence and distribution of the endangered freshwater mussels *Unio crassus* and *Pseudanodonta complanata* (Bivalvia: Unionida) in the Pisa River, north-eastern Poland. *Folia Malacologica*. 2020. 28 (1). P. 84–90.

### References (translated & transliterated)

Vasilieva, L. A. (2011). Perlivnytsevi Unionidae (Bivalvia) fauny Ukrainy: alozymna y morfolohichna minlyvist [Unionidae (Bivalvia) in the fauna of Ukraine: allozymic and morphological variability]. (Extended abstract of PhD dissertation). Kyiv [in Ukrainian].

El'skij, K. M. (1862). O malakologicheskoy faune okrestnostej goroda Kieva [On the malacological fauna of the environs of the city of Kyiv]. Izd-vo un-ta Sv. Vladimira [in Russian].

Kornjushin, A. V. (2002). O vidovom sostave presnovodnyh dvustvorchatykh molljuskov Ukrainy i strategii ih ohrany [On the species composition of freshwater bivalve mollusks in Ukraine and the strategy for their protection]. *Vestnik zoologii*, 36, 1, 9-23. [in Russian].

Mel'nichenko, R. K., Janovich, L. N. & Kornjushin, A. V. (2001). Osobennosti jekologii i morfologii *Pseudanodonta* (Bivalvia, Unionidae) fauny Ukrainy [Peculiarities of ecology and morphology of *Pseudanodonta* (Bivalvia, Unionidae) fauna of Ukraine]. *Vestnik zoologii*, 35, 3, 61-70. [in Russian].

Pampura, M. M. (2013). Suchasne poshyrennja i struktura poselenj perlivnycevykh Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) fauny Ukrajiny [Modern distribution and structure of settlements of pearly Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) Fauna of Ukraine]. (Extended abstract of PhD dissertation). Kyiv [in Ukrainian].

Pampura, M. M. & Janovich, L. M. (2010). Rasprostranenie i jekologija molljuskov rodov *Pseudanodonta* i *Anodonta* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) v bassejne

Dnepra v predelah Ukrainy [Distribution and ecology of molluscs of the genera *Pseudanodonta* and *Anodonta* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) in the Dnieper basin within Ukraine]. *Naukovi zapysky Ternopil'skogo nacional'nogo pedagogicheskogo universytetu imeni Volodymyra Ghnatjuka. Serija biologichna* [Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology], 2 (43), 387-390. [in Russian].

Pro zatverdzhennja perelikiv vydiv tvaryn, shho zanosjatsja do Chervonoji knyghy Ukrajinny (tvarynnyj svit), ta vydiv tvaryn, shho vykljucheni z Chervonoji knyghy Ukrajinny (tvarynnyj svit): Nakaz Ministerstva zakhystu dovkilja ta pryrodnykh resursiv Ukrajinny vid 19.01.2021 № 29. [On the approval of the lists of animal species included in the Red Book of Ukraine (animal world) and animal species excluded from the Red Book of Ukraine (animal world): Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine dated January 19, 2021]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#n19> (Access date 29.11.2022) [in Ukrainian].

Stadnychenko, A. P. (1984). Fauna Ukrajinny. Perlivnycevi. Kuljkovi (Unionidae, Cycladidae). [Fauna of Ukraine. Unionidae, Cycladidae] Kyjiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

Yanovych, L. M. (2013). Perlivnytsevi Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) v suchasnykh ekolohichnykh umovakh Ukrainy (stan populiatsii, osoblyvosti statevoi struktury i rozmnozhenia, biotsenotychni zv'язky ta fauna) [Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) in modern ecological conditions in Ukraine (population state, sex structure and reproduction peculiarities, biocenotic links and the fauna)]. (Extended abstract of D. dissertation). Kyiv [in Ukrainian].

Bonk, M. (2019). A new locality of the depressed river mussel *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler, 1835) (Bivalvia: Unionidae) in the Wisłok River (Carpathian Mountains). *Folia Malacologica*, 27(1), 71–74. <https://doi.org/10.12657/folmal.027.003> [in English].

Brander, T. (1956). Zur Nomenklatur Einiger Skandinavischen Unionazeen. *Archiv für Zoologie*, 9, 175-185. [in English].

Soroka, M., Wasowicz, B. & Zajac K. (2021). Conservation status and a novel restoration of the endangered freshwater mussel *Unio crassus* Philipsson, 1788: Poland case. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 422, 3. <https://doi.org/10.1051/kmae/2021003> [in English].

Shevchuk, L., Vasilieva, L., Romaniuk R. & Pavliuchenko, O. (2021). Species diversity of unionid mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) as a bioindicator of the state water environment of river basins of Ukraine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 915 doi:10.1088/1755-1315/915/1/012006 [in English].

Markovi, V., Gojina, V., Novakovi, B., Boani, M., Stojanovi, K., Karan-Nidari, T. & Ivi I. (2021). The freshwater molluscs of Serbia: Annotated checklist with remarks on distribution and protection status. *Zootaxa*, 5003 (1), 1-64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5003.1.1> [in English].

Ollard, I., Aldridge, D. C. (2022). Declines in freshwater mussel density, size and productivity in the River Thames over the past half century. *Journal of Animal Ecology*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13835> [in English].

Ożgo, M., Urbańska, M., Marzec, M. & Kamocki, A. (2020). Occurrence and distribution of the endangered freshwater mussels *Unio crassus* and *Pseudanodonta complanata* (Bivalvia: Unionida) in the Pisa River, north-eastern Poland. *Folia Malacologica*, 28 (1), 84–90. <https://doi.org/10.12657/folmal.028.004> [in English].

Отримано: 14 червня 2022  
Прийнято: 12 вересня 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

## ЕКОЛОГІЯ

УДК 598.112.23:591.4

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.43-59

### ІНВАЗІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ *DAREVSKIA ARMENIACA* (MÉNELY, 1909) В УКРАЇНІ: ОЦІНКА НА ОСНОВІ ГІС-МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НІШИ

О. В. Гарбар<sup>1</sup>, Р. К. Романюк<sup>2</sup>, І. Б. Доценко<sup>3</sup>

Стаття присвячена актуальній проблемі визначення інвазійного потенціалу виду-вселенця, вірменської скельної ящірки *Darevskia armeniaca*. Популяція інтродукованих партеногенетичних скельних ящірок існує в каньйоні р. Тетерів (Житомирська область, Україна) близько 60 років. Їх наявність у герпетофауні України є результатом наукового експерименту, що мав на меті дослідження процесів акліматизації та існування локальної популяції клонів на обмеженій території, можливостей гібридогенезу партеногенетичних і двостатевих видів та інших питань популяційної генетики.

Інвазійний потенціал вірменських скельних ящірок в цьому районі вивчався методом біокліматичного моделювання екологічної ніші. Матеріалом послужили дані Глобальної інформаційної системи з біорізноманіття (GBIF.org (03 November 2021) GBIFOccurrenceDownload. Для моделювання екологічної ніші використано 19 біокліматичних змінних, середньомісячні дані щодо інтенсивності сонячної радіації для сучасного періоду (1970-2000 рр.), дані щодо висоти над рівнем моря з бази даних WorldClim 2.1. Встановлено, що більшість значущих параметрів екологічної ніші для інтродукованої популяції знаходяться в зоні нижнього песимуму. Модель, побудована за всією сукупністю точок реєстрації виду, свідчить, що територія Житомирщини, де вид було інтродуковано в Україні, належить до малоприсаєданих. Проте популяція партеногенетичних скельних ящірок-інтродуцентів нині є стабільною, процвітаючою, багаточисельною та незначно розширює свій ареал, заселяючи нові території. Вочевидь, сприятливі умови для існування *D. armeniaca* тут визначаються не макрокліматичними показниками, а мікрокліматичними.

Аналіз моделі, побудованої на основі точок реєстрації виду в інтродукованій популяції, свідчить, що за сучасних кліматичних умов широка експансія виду в Україні не є можливою,

<sup>1</sup> доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: o.v.harbar@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-4357-4525

<sup>2</sup> доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук,  
професор (б.в.з.) кафедри зоології,  
біологічного моніторингу та охорони природи  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: melnyuchenko.ruslana@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-6306-7427

<sup>3</sup> кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
(Національний науково-природничий музей НАН України, Зоологічний музей)  
e-mail: icoronella@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2127-1064

хоча невелике розширення його ареалу цілком вірогідне. Також нема підстав прогнозувати перехід скельних ящірок у ранг інвазійних видів.

**Ключові слова:** інтродукція, інвазійний потенціал, ГІС-моделювання, екологічна ніша, партеногенез, скельні ящірки, *Darevskia armeniaca*.

## INVASION POTENTIAL OF DAREVSKIA ARMENIACA (MEHELY, 1909) IN UKRAINE: ASSESSMENT BASED ON GIS MODELING OF THE ECOLOGICAL NICHE.

O. V. Harbar, R. K. Romaniuk, I.B. Dotsenko

The article is devoted to the actual problem of determining the invasive potential of the invader species, the Armenian rock lizard *Darevskia armeniaca*. A population of introduced parthenogenetic rock lizards *Darevskia armeniaca* has existed in the canyon of the Teteriv River (Zhytomyr region, Ukraine) for about 60 years. Their presence in the herpetofauna of Ukraine is the result of a scientific experiment aimed at studying the processes of acclimatization and the existence of a local population of clones in a limited area, the possibilities of hybridogenesis of parthenogenetic and bisexual species and other issues of population genetics.

The invasive potential of rock lizards in this area was studied by the method of bioclimatic modeling of the ecological niche. The material was based on data from the Global Biodiversity Information System (GBIF.org (03 November 2021) GBIFOccurrenceDownload. To model the ecological niche, 19 bioclimatic variables, average monthly data on solar radiation intensity for the modern period (1970-2000), data on altitude from the WorldClim 2.1 database were used. Most of the significant parameters of the ecological niche for the introduced population are in the lower pessimum zone. The model built based on the entire collection of points of registration of the species shows that the territory where the species was introduced in Ukraine is one of the least suitable.

Nevertheless, the population of introduced parthenogenetic rock lizards is now stable, thriving, numerous and slightly expanding its range by inhabiting new territories. Obviously, favorable conditions for the existence of *D. armeniaca* here are determined not by macroclimatic factors, but by microclimatic ones.

The analysis of the model built on the basis of points of registration of the species in the introduced population shows that under existing climatic conditions, wide expansion of the species in this region of Ukraine is not possible, although a small expansion of its range is quite likely. There is also no reason to predict the transition of rock lizards to the number of invasive species.

**Keywords:** introduction, invasive potential, GIS-modeling, ecological niche, parthenogenesis, rock lizards, *Darevskia armeniaca*.

### Вступ

Серед актуальних проблем, які стоять перед людством у XXI ст., однією з найгостріших є деградація природних екосистем. У глобальному звіті «Оцінка екосистем на порозі тисячоліття», над яким працювало понад 1000 науковців різних країн світу, зазначено, що майже 60 % природних екосистем Землі є сьогодні деградованими, а рівень біорізноманіття невідповідно знижується. Серед основних причин цього явища зазначено зміни природних місць існування, зміни клімату, інвазійні види, надмірна експлуатація природних ресурсів та забруднення довкілля (Millenium ecosystem Assessment, 2005).

Загальновідомо, що поряд з нативними, аборигенними видами певної місцевості, існують такі, які були цілеспрямовано чи випадково завезені людиною на ту чи іншу територію. Ці інтродуковані (аллохтонні) види пристосовуються до нових умов існування. Трапляється так, що види-вселенці починають активно розмножуватися, розширювати свій ареал і витісняти місцеві види, порушувати рівновагу в природних угрупованнях. Тоді інтродуковані види стають інвазійними. Вони ставлять під загрозу природні екосистеми і ведуть до зниження біорізноманіття.

Сьогодні в країнах Європейського союзу діє документ «Regulation on invasive alien species», законодавчо

закріплений Європарламентом в жовтні 2014 року. Кожна країна має свій перелік видів, а також спільний список інвазійних видів в масштабі ЄС, розташований на офіційному веб-сайті Європейської комісії, останнє оновлення якого було влітку 2019 року (List of Invasive Alien Species of Union, 2019).

На жаль, сьогодні в Україні поняття «інвазійний вид» на законодавчому рівні відсутнє, також немає програм боротьби з такими видами. Не розмежовані поняття інтродукованих та інвазійних видів. Тому дослідження інвазійного потенціалу видів-вселенців є актуальним і відповідає вимогам часу.

Серед рептилій-інтродуцентів, які з'явилися на території України відносно недавно, особливий інтерес представляють скельні ящірки. Особливістю роду *Darevskia* Arribas, 1997 скельних ящірок є те, що в природних умовах існують як двостатеві, так і партеногенетичні види. Самки останніх здатні без участі самців давати нащадків, і це зумовлює значну перевагу у можливості швидко пристосовуватись до несприятливих умов і заселяти нові території. Нині на Житомирщині разом з аборигенними видами ящірок-лацертид існують інтродуковані, штучно акліматизовані партеногенетичні види скельних ящірок роду *Darevskia*.

У 1963 році засновник української герпетологічної школи М. Щербак та першовідкривач партеногенезу у рептилій І. Даревський, скориставшись подібністю скельних біотопів Житомирщини та Кавказу, поклали початок експерименту з акліматизації партеногенетичного виду вірменської скельної ящірки *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909) із Закавказзя у локальну ділянку скельних виходів у каньйоні р. Тетерів (Житомирська обл.) (Даревський, Щербак, 1968). Засновниками експерименту було застосовано метод інтродукції самок партеногенетичного виду на ділянку скель (за межі якої тварини, за задумом дослідників, не мали

поширюватися внаслідок своєї стенотопності), з наступним підселенням самців іншого, спорідненого двостатевого виду аджарської ящірки *D. mixta* (Méhely, 1909) для дослідження можливостей гібридогенезу і отримання поліплоїдних видів рептилій. Останнє завдання не було здійснене, оскільки двостатевий вид не зміг акліматизуватися в Україні (Даревський, 2006). Крім того, важливою метою науковців було дослідження екологічних особливостей становлення і розвитку популяції скельних ящірок на невеликій території; вивчення морфологічної мінливості інтродукованих видів-клонів у порівнянні з вихідною популяцією із Закавказзя та інші питання популяційної екології та генетики.

Детально історію експерименту і сучасний стан популяції інтродукованих видів с. Дениші Житомирського району описано у працях І. Доценко (Доценко, 2007; 2013). Крім того, при роботі з колекцією скельних ящірок, що створювалася співробітниками та аспірантами Зоологічного музею Національного науково-природничого музею НАН України (збори з 1966 по 2013 рр.), було виявлено самок іншого партеногенетичного виду – *D. dahli* (Darevsky, 1957), вселення якого не планувалося (Доценко, 2005). Видова приналежність останнього була підтверджена молекулярно-генетичними дослідженнями (Малишева, 2010). Відсутність цього виду в герпетологічних колекціях ранніх зборів і збільшення його частки в останні роки (Доценко, 2005), вочевидь, свідчить про випадкове потрапляння ящірки Даля під час повторних підселень тварин у 1980-х роках, здійснених при неодноразових відвідинах І. Даревським каньйону Тетерева (наприклад, із М. Щербаком та І. Доценко у 1982 р. (Доценко, 2016)).

Сьогодні на Житомирщині існує мета-популяція інтродукованих партеногенетичних скельних ящірок *D. armeniaca* і *D. dahli*, що налічує кількості тисяч особин, з чисельним домінуванням вірменської скельної ящірки. Протягом останніх років було

досліджено біотопи, освоєні інтродуцентами, характер сезонної і добової активності ящірок експериментальної популяції, щільність поселення тварин, описано випадок виявлення самця *D. armeniaca* (Доценко, 2007). Моніторинг популяції скельних ящірок протягом ряду років здійснювався також викладачами і студентами природничого факультету Житомирського державного університету імені Івана Франка під час навчально-польових зоологічних практик (Мельниченко, 2013).

Слід зазначити, що, починаючи експеримент по інтродукції скельних ящірок в каньйоні р. Тетерів, його автори виходили з передумови, що ці петрофільні види тісно пов'язані зі скельними виходами гірських порід, тому цей чинник буде стримувати і обмежувати їх розселення по території України. Проте, у ряді робіт (Доценко, 2016; Nekrasova, 2016) повідомляється про поширення інтродуцентів в західному напрямку по лівому берегу р. Тетерів до с. Буки і в північному напрямку вгору за течією р. Бобрівка (ліва притока р. Тетерева). При цьому авторами відмічено, що у більшості ділянок, де виявлені нові стійкі популяції скельних ящірок, зокрема вздовж русла р. Бобрівка, скелі відсутні.

Більш детальне вивчення нами поширення *D. armeniaca* і *D. dahli* підтвердило наявність постійного чисельного поселення скельних ящірок біля с. Буки поблизу мосту через р. Бобрівка на трасі Житомир-Чернівці. За відсутності скельних виступів тварини успішно заселили міст, покриття із вивітрених та порослих трав'янисто-чагарниковою рослинністю залізобетонних плит площею близько 2500 кв. м. та прилеглі ділянки галявин вздовж річки, крім того, поодинокі особини ящірок обох видів зустрічалися вздовж усього кам'янистого лівого берега р. Бобрівка від санаторію аж до мосту (Доценко, 2016; Юрчук, 2019).

Отже, для інтродукованої на Житомирщині популяції скельних ящірок притаманні такі риси як: швидке зростання чисельності і щільності поселення, освоєння нових

біотопів, зокрема, антропогенно змінених. Проте дотепер залишається не з'ясованим питання можливості експансії скельних ящірок на інші території України.

Ряд робіт іноземних колективів авторів відображає аналіз географічного поширення партеногенетичного виду *D. armeniaca* у нативному ареалі, у тому числі з використанням методів екологічного моделювання (Arakelyan, 2011; Sindaco, 2000; Petrosyan, 2020), проте для популяції інтродукованих в Україну ящірок цього виду такий аналіз виконується вперше.

Метою дослідження є встановити межі екологічної толерантності вірменської скельної ящірки *D. armeniaca* на основі моделювання екологічної ніші та з'ясувати можливість розширення її ареалу в Україні та набуття нею якості інвазійного виду.

#### Матеріал та методи

У якості модельного виду з двох інтродукованих був обраний саме *D. armeniaca* (рис.1), оскільки другий вид *D. dahli* має суттєво менший ареал (<https://www.lacerta.de/AS/Taxon.php?Genus=33&Species=125>) порівняно з таким вірменської скельної ящірки (<https://www.lacerta.de/AS/Taxon.php?Genus=33&Species=118>), та у значній мірі співпадає з ним (Arakelyan, 2011). Ареал виду охоплює північну та північно-західну Вірменію, південь Грузії (Малий Кавказ), північний схід та північний захід Туреччини, західний Азербайджан, а також північ України (де є інтродукованим) ([https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search\\_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29](https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29)).

Матеріалом для дослідження послужили дані Глобальної інформаційної системи з біорізноманіття (GBIF.org (03 November 2021) GBIFOccurrenceDownload. У вказаній базі було виявлено 417 геореферованих пунктів реєстрації *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909), які охоплюють сучасний ареал виду.



Рис. 1. Об'єкт дослідження – *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909)

Для екологічного моделювання нами використано 18 точок, що відповідають різним стаціям, у яких зустрічаються ящірки у дослідженій

інтродукованій популяції, згідно з попередніми літературними даними (Доценко, 2007; 2016; Nekrasova, 2016) (рис. 2).

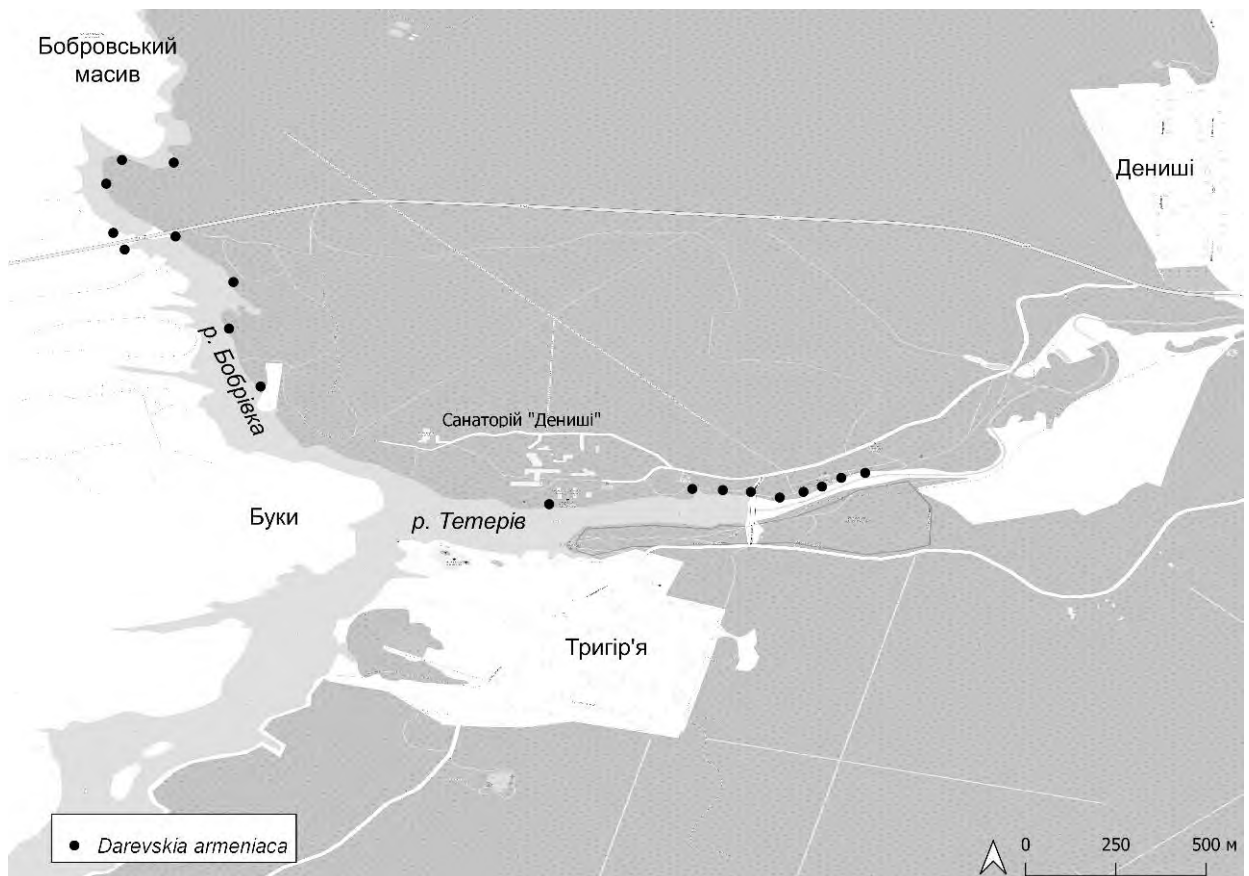


Рис. 2. Точки реєстрації вірменської ящірки *D. armeniaca* в околицях с. Дениші та с. Буки (Житомирська обл.)



Отже, всього для моделювання використано 413 пунктів реєстрації вірменської скельної ящірки (395 – в нативному ареалі та 18 – в околицях с. Дениші і с. Буки Житомирської області).

Для моделювання екологічної ніші вірменської скельної ящірки використано 19 біокліматичних змінних (таблиця 1) та середньомісячні дані щодо інтенсивності сонячної радіації (12 змінних) для сучасного (історичного) періоду (1970-2000 рр.) а також дані щодо висоти над рівнем моря (роздільна здатність 30") з бази даних WorldClim 2.1.

Для моделювання екологічної ніші виду використано підхід максимальної ентропії (MaxEnt 3.4.3) (Steven, 2022). При цьому 25% даних про поширення

було виділено у якості тестових даних, а процедура моделювання MaxEnt була застосована з автоматичними налаштуваннями. Для визначення продуктивності моделі аналізували значення площі під кривою (AUC - area under the curve) з робочих характеристик моделі (ROC - receiver operating characteristics). Для інтерпретації значення AUC прийняті такі порогові значення:  $AUC \geq 0,9$  - дуже хороший рівень,  $0,9 > AUC \geq 0,8$  - хороший і  $AUC < 0,8$  - поганий.

Для статистичного аналізу отриманих даних використано програмний пакет STATISTICA 6.0. Для просторового аналізу та представлення даних використано програмний пакет Q-GIS 3.16.13.

Таблиця 1

Біокліматичні показники, використані для моделювання екологічної ніші

№ змінної	Змінна
Bio01	Середньорічна температура
Bio02	Середній місячний температурний діапазон
Bio03	Ізотермічність
Bio04	Температурна сезонність
Bio05	Максимальна температура найтеплішого місяця
Bio06	Мінімальна температура найхолоднішого місяця
Bio07	Річний температурний діапазон
Bio08	Середня температура наймокрішого кварталу
Bio09	Середня температура найсухішого кварталу
Bio10	Середня температура найтеплішого кварталу
Bio11	Середня температура найхолоднішого кварталу
Bio12	Середньорічна кількість опадів
Bio13	Опади наймокрішого місяця
Bio14	Опади найсухішого місяця
Bio15	Сезонність опадів
Bio16	Опади найвологішого кварталу
Bio17	Опади найсухішого кварталу
Bio18	Опади найтеплішого кварталу
Bio19	Опади найхолоднішого кварталу

Крім макрокліматичних показників, які характеризують преференції виду як у нативному ареалі, так і у місцях успішної інтродукції (що дає можливість їх порівняння), нами використані

характеристики різних стацій у Житомирській обл., у яких масово розселилися ящірки-інтродуценти. Нами було виділено та описано шість типів стацій (Доценко та ін., 2016). У кожній з них було обрано невеликі,

найбільш характерні ділянки площею 4-5 кв.м, на яких переважно проводилися описи та спостереження.

Головні параметри опису стацій подано у таблиці 2:

Таблиця 2

Параметри опису стацій, у яких масово зустрічаються вірменські скельні ящірки

Параметри	Основні складові; одиниці виміру
Характер рельєфу	Скелі, кам'янисті розсипи, ґрунт, об'єкти антропогенного походження: греблі, бетонні плити, опори мосту, асфальтове покриття тощо
Експозиція схилу	N, S, W, E, NW, NE, SW, SE
Кут нахилу схилу	Градуси: 0 – 90°
Проективне покриття рослинності	% (0 – 100)
Характер рослинності	дерева, кущі, трав'янисті рослини(%), основні види рослин
Густина листового опаду	% (0 – 100), см
Період інсоляції ділянки	Години: початок і кінець (від... – до...), тривалість
Температура (max) поверхні під час інсоляції	Град. С
Температура повітря	Град. С
Наявність кількості та щільність розміщення укриттів	тріщини скель, простори під камінням та корінням дерев, нори та ін.
Число ящірок у період інсоляції	Кількість (особин)

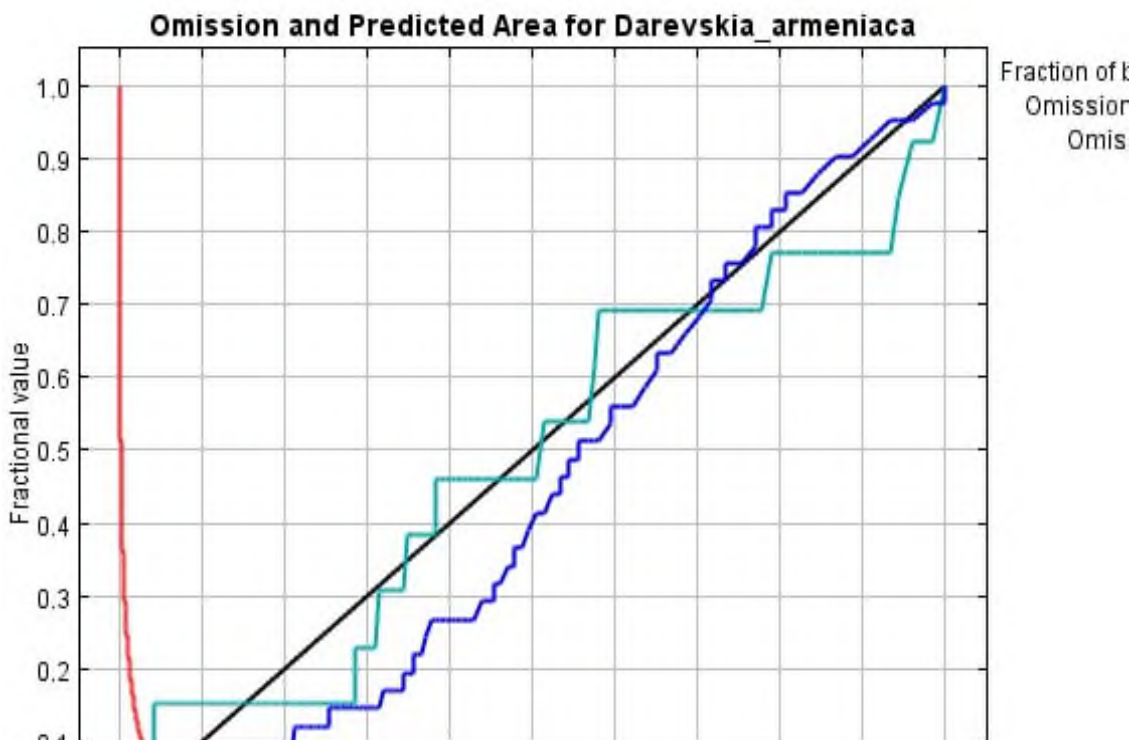


Рис. 3. Зміни омісії моделі в залежності від кумулятивного порогу

Для складання описів стацій та облік чисельності ящірок використовували світлини, зроблені фотоапаратами Canon EOS 1100D,

Olympus Imaging Corp., Samsung SM-J510H .

Як видно з наступного графіка (рис. 3-4), отримана модель

характеризується високою чутливістю та специфічністю (AUC=0,992).

Змінні, які роблять найбільший внесок в побудову моделі, наведено у таблиці 3.

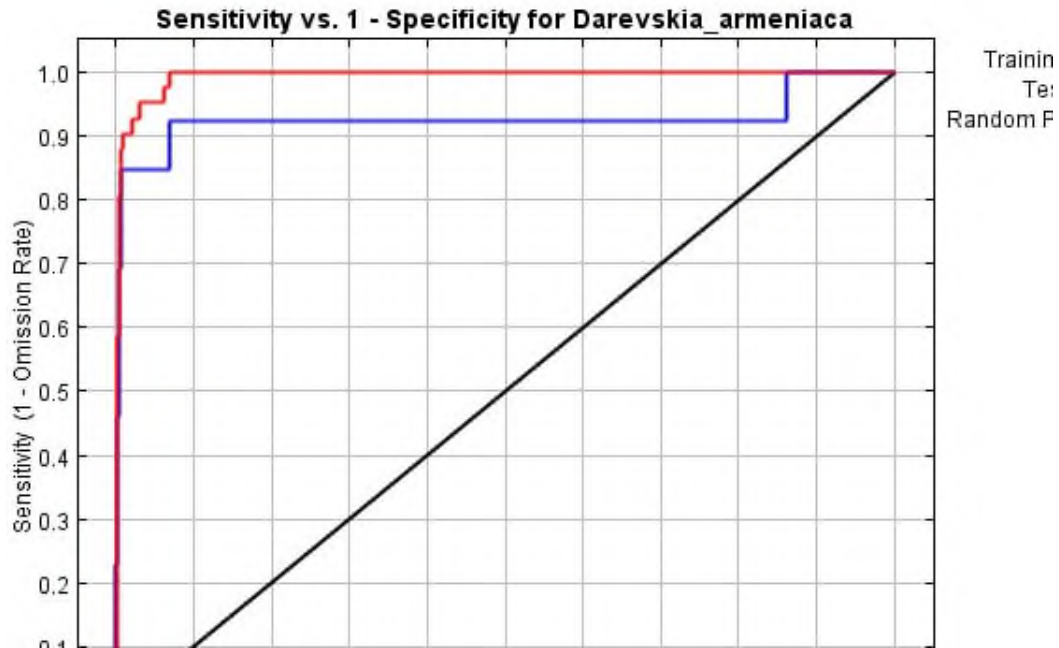


Рис. 4. Чутливість та специфічність моделі екологічної ніші *D. armeniaca*

Таблиця 3

Змінні, що характеризуються найвищим внеском у побудову моделі (%) та їх важливість для пермутації (кольором виділено параметри, спільні для двох моделей)

Усі точки			Популяція с. Дениші		
Змінна	Відсотковий внесок	Важливість для пермутації	Змінна	Відсотковий внесок	Важливість для пермутації
Висота н.р.м.	38,2	0,9	Srad03	36,9	56,3
Bio9	12,8	0,3	Bio15	24,1	7,8
Bio18	12,2	3,3	Srad05	18	2
Srad12	9,4	0	Bio18	6,9	16,3
Srad05	8,3	11,9	Bio7	5,4	0
Bio5	8,1	0	Srad07	3,4	6,2
Bio19	4,1	29,2	Bio2	2,3	0
Srad08	1,8	0	Висота н.р.м.	1	0,2
Srad03	1,5	15,4	Srad09	0,6	5,6
Bio6	1,3	0	Srad02	0,2	2,1
Bio13	1	17,1	Bio6	0,1	3,1
Srad10	0,4	6,9			
Bio14	0,2	9,2			
Bio11	0,1	3			

При цьому ліва частина таблиці характеризує модель, у яку включено всі наявні пункти реєстрації виду, а права частина – модель, побудовану лише за точками реєстрації виду в Україні. Звичайно, обмежена кількість цих точок та їх локалізація на незначній території робить другу модель не дуже надійною, але дозволяє встановити особливості екологічної ніші популяції виду в Україні (інтродукованої). Це, в свою чергу, робить можливим порівняльний аналіз параметрів екологічних ніш виду в нативному ареалі та в умовах інтродукції і встановлення можливості подальшого поширення виду в Україні за сучасних кліматичних умов.

Для першої моделі виділено 14 предикторів (із 32 використаних), які роблять найбільший внесок у побудову моделі або мають високе значення для пермутації (внесок кожної змінної визначається за допомогою випадкової зміни значень цієї змінної у

тренувальних точках і вимірювання зміни AUC). Враховано лише змінні, внесок яких перевищує 1 %. Отримані дані свідчать, що найбільший внесок в модель роблять такі предиктори, як висота над рівнем моря, середня температура найсухішого кварталу (bio 9) та опади найтеплішого кварталу (bio 18). Для пермутації виявились важливими інші предиктори: опади найвологішого місяця (bio 13), інтенсивність сонячної радіації у березні (srad 03) та травні (srad 05). Набір найбільш важливих параметрів екологічної ніші для популяції на Житомирщині дещо відрізняється. Так п'ять предикторів виявились важливими для обох моделей, але їх відсотковий внесок суттєво відрізняється (див. табл. 3). При цьому рівень сонячної радіації у березні (srad 03) виявився найбільш важливим і для побудови моделі і для пермутації.

Таблиця 4

Порівняльний аналіз характеристик екологічних ніш *D. armeniaca* у нативному ареалі та інтродукованої популяції в околицях с. Дениші

Variable	Нативний ареал		Популяція с. Дениші	
	Mean	SE	Mean	SE
srad_03	13217,97	12,51	9916,83	5,30
bio_15	50,17	0,18	41,45	0,10
srad_05	20286,92	17,94	19586,17	19,29
bio_18	133,75	1,04	253,83	0,17
bio_7	34,70	0,08	30,45	0,08
srad_07	24060,23	31,67	20665,83	12,39
bio_2	11,06	0,03	8,34	0,04
elev	1738,46	16,46	224,50	1,91
srad_09	17682,74	27,52	12023,67	11,69
srad_02	9978,86	10,51	5827,67	0,61
bio_6	-11,48	0,10	-7,68	0,04

Для статистичного аналізу параметрів екологічної ніші *D. armeniaca* за допомогою плагіна «Mapswipe tool» в Q-gis виділено значення використаних предикторів у точках реєстрації виду. Отримані значення проаналізовано методами варіаційної статистики. У таблиці 3

наведено середні значення (Mean) та їх похибки (SE) для найбільш значущих параметрів екологічної ніші виду (згідно моделі для інтродукованої популяції) для нативного ареалу та популяції на Житомирщині (табл. 4). Як видно з таблиці, значення більшості параметрів екологічної ніші

інтродукованої популяції вірменської скельної ящірки суттєво нижчі порівняно з аналогічними показниками для нативного ареалу.

Графічний аналіз даних дозволяє конкретизувати цей висновок. Більшість значущих параметрів екологічної ніші вірменської скельної ящірки для інтродукованої популяції

знаходяться в зоні нижнього песимуму згідно закону толерантності Шелфорда. Це означає, що значення цих параметрів у біотопі, зайнятому інтродукованою популяцією, знаходяться на критично низькому рівні, який наближається до межі витривалості виду (рис. 5, 6).

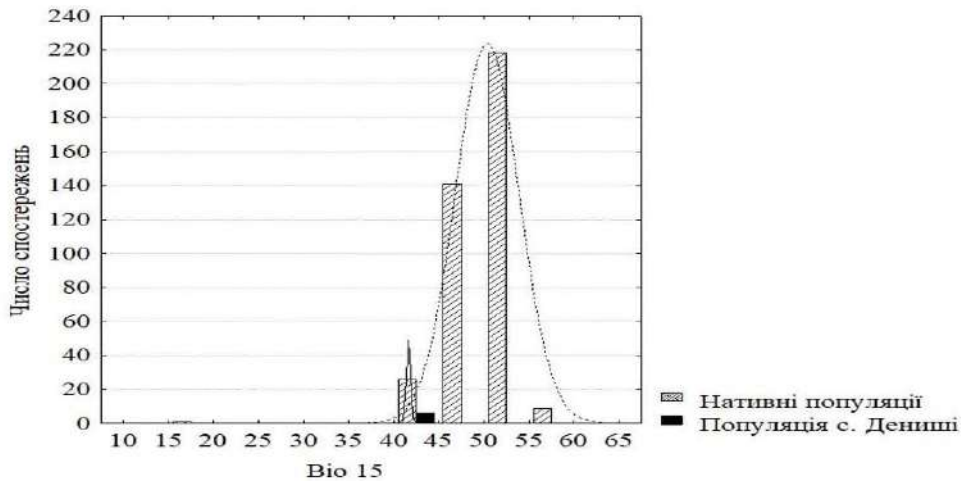


Рис. 5. Розподіл значень сезонності опадів (bio 15)

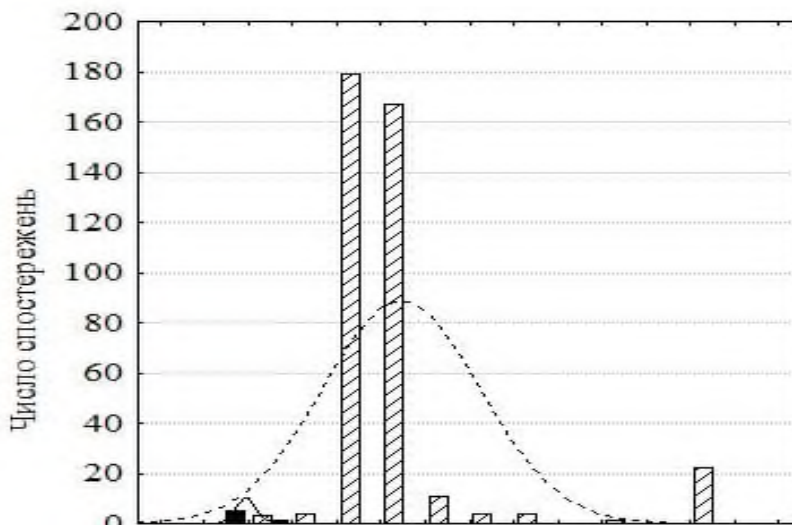


Рис. 6. Розподіл значень інтенсивності сонячної радіації у травні

Лише для двох значущих біокліматичних параметрів спостерігається діаметрально протилежна ситуація (мінімальна температура найхолоднішого місяця

(bio 6) та опади найтеплішого кварталу (bio 18). Значення цих параметрів для інтродукованої популяції лежать у зоні верхнього песимуму (рис. 7).

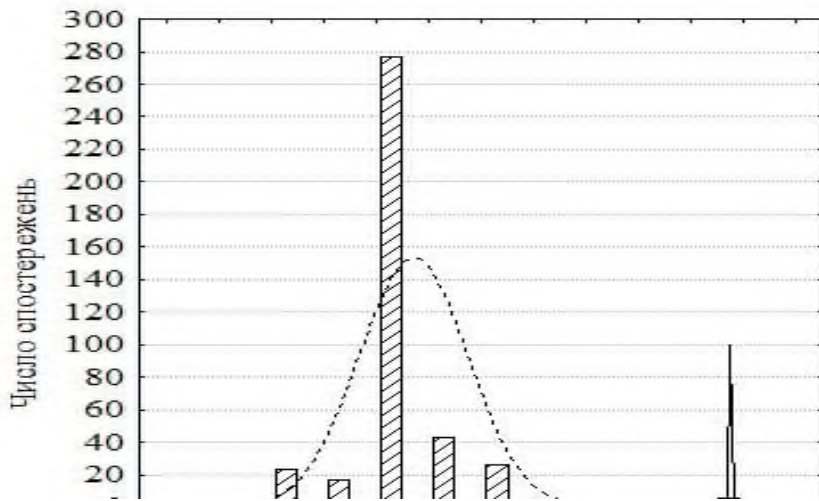


Рис. 7. Розподіл значень опадів найтеплішого кварталу (біо 18)

Окрему групу за характером розподілу складають параметри інтенсивності сонячної радіації. Значення цих параметрів для інтродукованої популяції лежать суттєво нижче їх діапазону в нативному ареалі (рис. 8). Це означає, що вірменська скельна ящірка має широкий діапазон екологічної толерантності по відношенню до

параметрів інсоляції і може успішно виживати навіть при низьких значеннях цих параметрів, які не характерні для нативного ареалу. Не дивлячись на це, для неї критичними є значення інтенсивності сонячної радіації в березні (ймовірно, пов'язано із виходом тварин із зимової сплячки) та у травні (період активного розмноження).

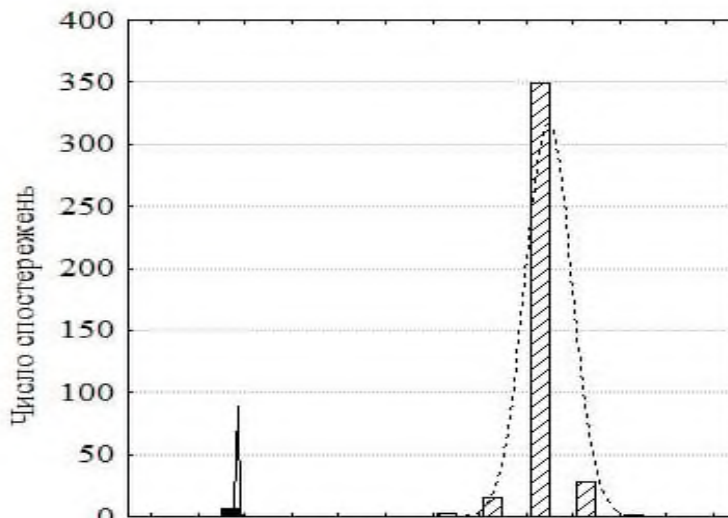


Рис. 8. Розподіл значень інтенсивності сонячної радіації у березні

Модель, побудована за всією сукупністю точок реєстрації виду свідчить, що поза межами нативного ареалу оптимальні для існування виду

умови відсутні (рис. 9). Територія, де вид інтродуковано в Україні, належить до малопродуктивних.

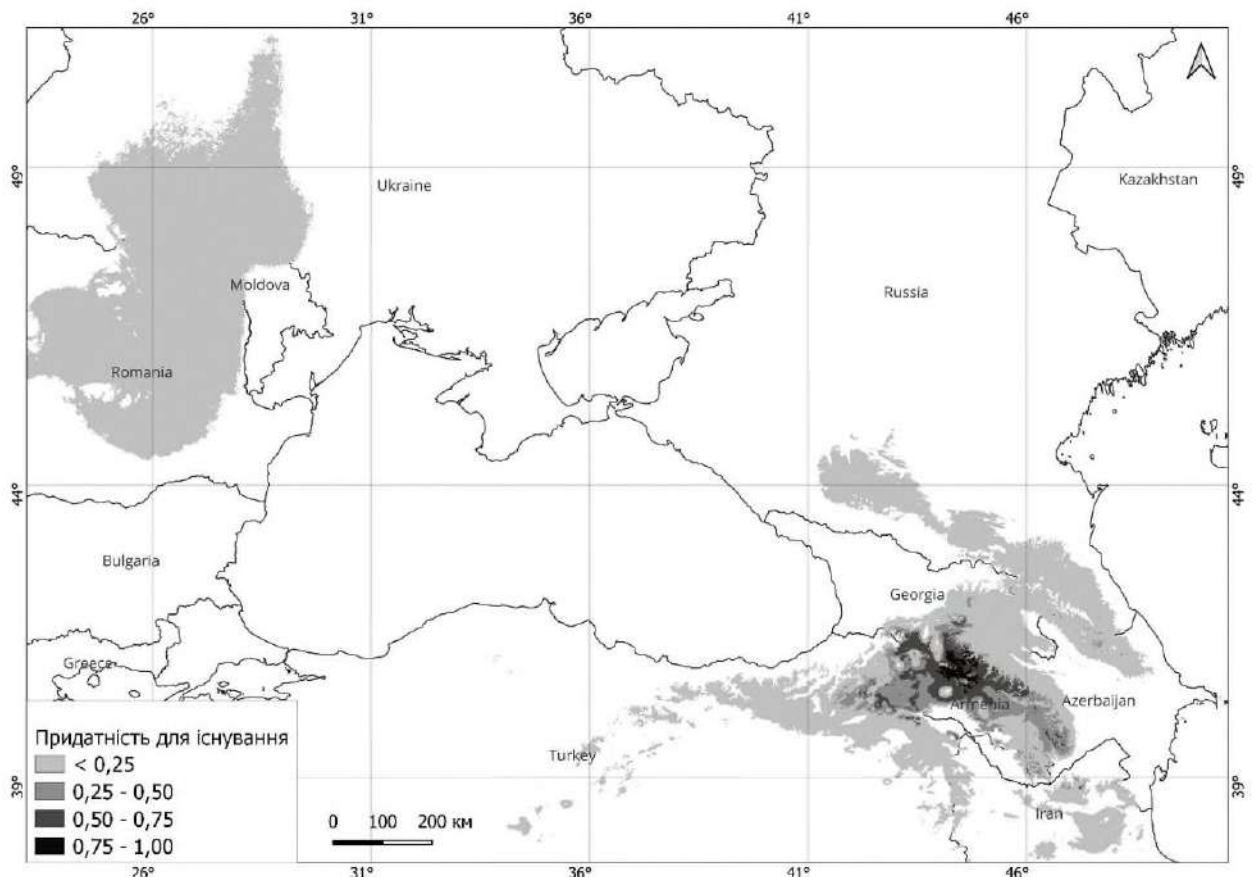


Рис. 9. Модель екологічної ніші *D. armeniaca*, яку побудовано з врахуванням усіх пунктів реєстрації виду

Вочевидь, сприятливі умови для існування виду тут визначаються не макрокліматичними показниками, а мікрокліматичними. Сприятливість останніх для виду з найбільшою вірогідністю, згідно з нашими моніторинговими спостереженнями (Доценко, 2007; 2016), визначається режимом інсоляції, на яку впливають переважно експозиція схилу, особливості рельєфу, характер рослинності. На користь такого висновку свідчить той факт, що в околицях с. Дениші популяція ящірок зосереджена переважно на лівому скелястому березі р. Тетерів, який має південну (і, частково, південно-західну) експозицію і вранці та вдень добре прогрівається сонцем. У той же час на протилежному, також скелястому, березі, куди сонячне проміння сягає лише надвечір, ящірки не зустрічаються далі, ніж 15-20 м від греблі, по якій вони переміщуються

протягом дня. Біотопи ж на р. Бобрівка мають інший режим інсоляції, оскільки лівий берег має західну орієнтацію, правий – східну, обидва вони не високі, тому не дають довготривалої тіні і не перешкоджають сонячному освітленню. Там ящірки утворюють поселення на мосту та по обидва боки річки (Доценко, 2016).

Спостереження за добовою і сезонною активністю скельних ящірок, здійснені нами, підтверджують приуроченість місць скупчення тварин до «вікон» серед лісу, які добре освітлюються, при виборі ними місць для баскінгу, міграції впродовж доби на освітлені місця тощо. Крім того, ще одним надзвичайно важливим чинником для інтродукованих видів роду *Darevskia*, є наявність надійних укриттів, які добре прогріваються (тріщини в скелях, бетонних плитах тощо), що є важливим не тільки для

існування дорослих скельних ящірок, але й для розвитку кладок яєць.

Особливе питання щодо можливості розселення скельних ящірок становить наявність у Житомирській області великої кількості кар'єрів та скельних виходів (<http://surl.li/cvqdd>)

Звертає на себе увагу та обставина, що розміщення гранітних виходів, та, відповідно, кар'єрів, в значній мірі співпадає з найбільш придатними для існування *D.armeniaca* місцями на отриманій моделі екологічної ніші інтродукованої популяції (рис. 10). Кілька з них знаходяться досить недалеко від каньйону р. Тетерів та мосту біля с. Буки, де нині масово зустрічаються скельні ящірки. Тому нами було здійснено огляд ряду таких місць, у першу чергу найближчих до місць розселення скельних ящірок та таких, на які вказує аналіз моделі екологічної ніші інтродукованих скельних ящірок: скельні виходи на території м. Житомир – «Голова Чацького», Соколовський гранітний кар'єр та ін., ділянка берега р. Тетерів від скель поблизу с. Дениші до сіл Нова Рудня, Висока Піч, а також Коростишівський та Корнинський кар'єри, але ні в одному із вказаних місць скельних ящірок не було знайдено.

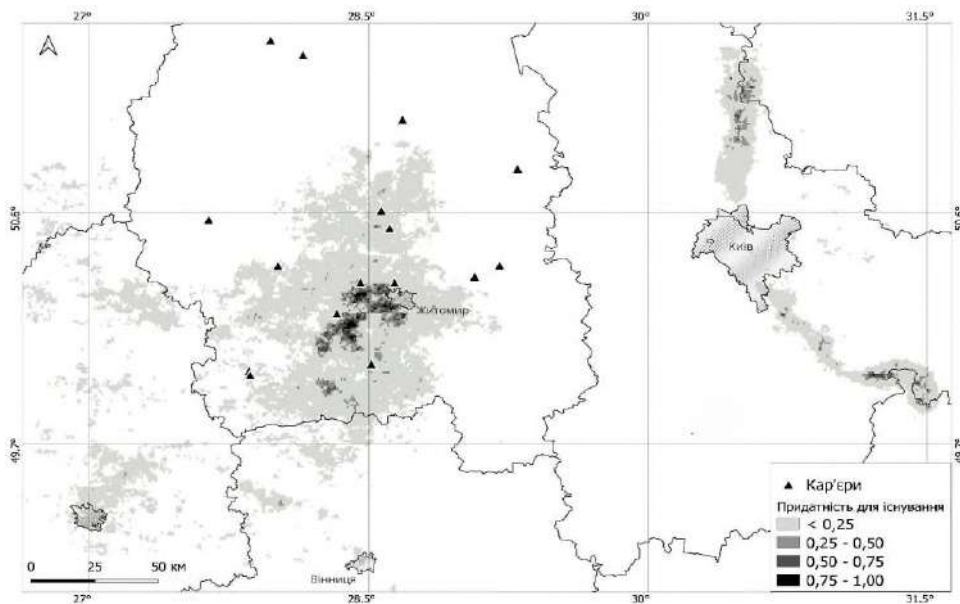
Аналіз моделі, побудованої на основі точок реєстрації виду в інтродукованій популяції (рис. 10) свідчить, що за сучасних кліматичних умов широка експансія виду в Україні навряд чи можлива. Хоча деяке розширення його ареалу цілком вірогідне.

Подальше розселення виду у Житомирській обл., у безпосередній близькості до вихідного місця, де було започатковано експеримент з інтродукції, згідно з отриманими

результатами аналізу макрокліматичних показників (Див. Рис. 10), може відбуватись на скелястих ділянках берегів р. Тетерів від с. Тригір'я до східної околиці м. Житомир. Проте, враховуючи вирішальний вплив на поширення тварин ступеню та добового розподілу інсоляції, а отже, експозиції схилів, стає зрозуміло, що успішне розселення з протилежного берега (де розташоване с. Тригір'я) навряд чи можливе. Вірогідність такого розселення ще зменшується внаслідок стенотопності скельних ящірок та їх тісного зв'язку зі скелями або їх «замінниками» антропогенного походження (як це спостерігається у поселенні біля мосту через р. Бобрівку). Не виключене також поширення виду по скельних виходах вздовж берегів приток Тетерева у межах цієї ділянки (річки Бобрівка, Гуйва, Гнилопять). Проте більш-менш протяжні рівнинні ділянки території, позбавлені скель або кам'янистих виходів та розсипів, є суттєвою перепорою на шляху розселення скельних ящірок, як і інші вищезгадані особливості їх стаціональних пріференцій.

Враховуючи темпи і характер розширення популяції виду в околицях с. Дениші, розселятись на нові території ці тварини можуть лише у випадку їх перенесення людиною (антропохорно). Крім того, є припущення про можливість розселення скельних ящірок хижими птахами і сорокопудам та самостійну міграцію вздовж річок, але лише на невеликі відстані до кількох кілометрів (Доценко, 2016). За весь період існування експериментальної популяції (а це майже 60 років), розселення їх відбулося, за нашими даними, на відстань, що не перевищує 10 км від вихідної точки випуску ящірок.



Рис. 10. Модель екологічної ніші інтродукованої популяції *D. armeniaca*

### Висновки

Моделювання екологічної ніші вірменської скельної ящірки на основі макрокліматичних показників свідчить про те, що найбільший внесок в модель для всього ареалу виду роблять: висота над рівнем моря, середня температура найсухішого кварталу (bio 9) та опади найтеплішого кварталу (bio 18). Для пермутації виявились важливими опади найвологішого місяця (bio 13), інтенсивність сонячної радіації у березні (srad 03) та травні (srad 05).

Для інтродукованої популяції виду на Житомирщині п'ять предикторів виявились ідентичними з попередньою моделлю. При цьому рівень сонячної радіації у березні (srad 03) виявився найбільш важливим як для побудови моделі, так і для пермутації.

Більшість значущих параметрів екологічної ніші для інтродукованої популяції знаходяться в зоні нижнього песимуму, значення двох біокліматичних параметрів (мінімальна температура найхолоднішого місяця (bio 6) та опади найтеплішого кварталу (bio 18) лежать у зоні верхнього песимуму. Значення параметрів інтенсивності сонячної радіації лежать суттєво нижче їх діапазону в нативному ареалі.

Модель, побудована за всією сукупністю точок реєстрації виду,

свідчить, що поза межами нативного ареалу оптимальні для існування виду умови відсутні. Територія, де вид інтродуковано в Україні, належить до малоприсаєднаних. Проте, за даними багаторічних спостережень, популяція партеногенетичних скельних ящірок-інтродуцентів нині є стабільною, процвітаючою, багаточисельною та такою, що розширює свій ареал, заселяючи нові території. Вочевидь, сприятливі умови для її існування тут визначаються не макрокліматичними показниками, а мікрокліматичними.

Вагільність партеногенетичних видів скельних ящірок, зокрема виду *D. armeniaca*, в умовах інтродукції у Житомирській області України виявилася дещо вищою від очікуваної при заснуванні експерименту. Стало можливим незначне розширення ареалу з освоєнням нових антропогенних біотопів, придатних для існування та розмноження.

Аналіз моделі, побудованої на основі точок реєстрації виду в інтродукованій популяції, свідчить про те, що за сучасних кліматичних умов широка експансія виду в Україні не є можливою, хоча невелике розширення його ареалу цілком вірогідне. Також немає підстав прогнозувати перехід скельних ящірок у число інвазійних

видів – як на основі результатів аналізу макрокліматичних показників, що характеризують їх екологічну нішу, так і особливостей біології, а саме їх

стенотопності та зв'язку зі скельними біотопами, де вони переважно не складають конкуренції нативним видам ящірок.

### Список використаної літератури

Даревский И. С., Щербак Н. Н. Акклиматизация партеногенетических ящериц на Украине. *Природа*, 1968. 5. № 3. С. 93.

Даревский И. С. Последствия несостоявшейся попытки интродукции двуполого вида скальной ящерицы *Darevskia mixta* (Méhely, 1909) (Sauria, Lacertidae) из Грузии в Житомирскую область Украины. *Вестник зоологии*, 2006. 40. № 4. С. 370.

Доценко И. Б. Состояние экспериментальной популяции кавказских скальных ящериц рода *Darevskia* в Житомирской области Украины. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 2007. 21. С. 14–19.

Доценко І. Б. Історія експерименту з акліматизації скельних ящірок роду *Darevskia* (Arribas, 1999) до каньйону у руслі річки Тетерів у Житомирській області. *Природниче краєзнавство Житомирщини — Волині: історія та сучасність*. Зб. «Велика Волинь», 2013. № 49. С. 128–135.

Доценко И. Б., Даревский И. С. О находке скальной ящерицы Даля *Darevskia dahli* (Darevsky, 1957) в составе популяции армянской скальной ящерицы *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909), интродуцированной на территорию Украины. *Матеріали Першої конференції Українського герпетологічного товариства*, 2005. С. 47 – 50.

Доценко И. Б., Мельниченко Р. К., Демидова М. И. Особенности биологии и факторы расселения партеногенетических скальных ящериц рода *Darevskia* (Reptilia, Lacertidae), интродуцированных в Житомирской области Украины. *Збірник праць Зоологічного музею*, 2016. 47. С. 41–51.

Мальшева Д. Н., Доценко И. Б. Сравнительный анализ образцов ДНК скальных ящериц *Darevskia dahli* и *D. armeniaca* из популяций Украины и Армении. *Збірник праць Зоологічного музею*, 2010. № 41. С. 122–127.

Мельниченко Р. К., Кротюк О. Л., Радіонов О. А. та ін. Біологія партеногенетичних скельних ящірок роду *Darevskia*, інтродукованих на Житомирщині. *Біологічні дослідження – 2013*: Матер. IV науково-практичної Всеукр. конф. для молодих учених та студентів (м. Житомир 16-18 квітня 2013 р.). Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. С. 121–124.

Юрчук Є. С., Мельниченко Р. К. Нове поселення інтродукованої популяції партеногенетичних скельних ящірок роду *Darevskia* у Житомирській області. *Актуальні питання біологічної науки*. Матеріали V Міжнародної заочної науково-практичної конференції, м. Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2019. С. 112 – 114.

Arakelyan M. S., Danielyan F. D., Corti C., Sindaco R. & Leviton A. E. Herpetofauna of Armenia and NagornoKarabakh. *SSAR Publications (Society for the Study of Amphibians and Reptiles)*. Salt Lake City, USA, 2011. 154 pp.

GBIF.org (Accessed: 03 November 2021) URL: <https://doi.org/10.15468/dl.z5ncms>

List of Invasive Alien Species of Union. Web-site of European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm) (Accessed: 10.07.2022).

Millenium ecosystem assessment, 2005. Guide to the Millenium Assessment Reports. URL: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>(Accessed: 10.07.2022).

Nekrasova O. D., Kostiusyn V. A. Current Distribution of the Introduced Rock Lizards of the *Darevskia* (Saxicola) Complex (Sauria, Lacertidae, *Darevskia*) in Zhytomyr Region (Ukraine). *Vestnik zoologii*, 2016. № 50 (3). P. 225–230.

Petrosyan V., Osipov F., Bobrov V., Dergunova N., Nazarenko E., Omelchenko A., Danielyan F. & Arakelyan M. Analysis of geographical distribution of the parthenogenetic

rock lizard *Darevskia armeniaca* and its parental species (*D. mixta*, *D. valentini*) based on ecological modelling. *Salamandra*, 2019. № 55 (3). P. 173–190.

Petrosyan V. G., Osipov F. A., Bobrov V. V., Dergunova N. N., Kropachev I. I., Danielyan F. D., Arakelyan M. S. New records and geographic distribution of the sympatric zones of unisexual and bisexual rock lizards of the genus *Darevskia* in Armenia and adjacent territories. *Biodiversity Data Journal*, 2020. 8: e56030.

Sindaco R., Venchi A., Carpaneto G. M., Bologna, M. A. The reptiles of Anatolia: a checklist and zoogeographical analysis. *Biogeographia*. 2000. Vol. XXI. P.441 – 554.

Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). URL: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) (Accessed: 03.10.2022).

The reptile database.

URL: [https://reptiledatabase.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search\\_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29/](https://reptiledatabase.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29/)

WorldClim. URL: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> (Accessed: 03.11.2021).

### References (translated & transliterated)

Darevckiy, I. C., Shcherbak, N. N. (1968) Akklymatyzatsiya paptenohenetycheckyykh yashchepyt na Ukrayne [The acclimatization of parthenogenetic lizards in Ukraine] *Prypoda* [Nature]. 5. № 3. S. 93 [in Russian].

Darevskiy, I. S. (2006). Posledstviya nesostoiavsheisia popytki introduktsii dvupoloho vida skalnoi yashcheritsy *Darevskia mixta* (Méhely, 1909) (Sauria, Lacertidae) iz Gruzii v Zhytomyrskuju oblast Ukrainy [Consequences of the failed attempt to introduce the bisexual rock lizard *Darevskia mixta* (Méhely, 1909) (Sauria, Lacertidae) from Georgia to the Zhytomyr region of Ukraine]. *Vestnik zoologii* [Bulletin of Zoology]. 40. № 4. S. 370 [in Russian].

Dotsenko, I. B. (2007). Sostoianie eksperymentalnoi populiatsii kavkazskikh skalnykh yashcherits roda *Darevskia* v Zhytomyrskoi oblasti Ukrainy [The state of the experimental population of Caucasian rock lizards of the genus *Darevskia* in the Zhytomyr region of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya Biologiya*. [Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series Biology]. 21. S. 14–19 [in Russian].

Dotsenko, I. B. (2013). Istoriia eksperymentu z aklymatyzatsii skelnykh yashchirok rodu *Darevskia* (Arribas, 1999) do kanionu u rusli richky Teteriv u Zhytomyrskii oblasti [The history of the experiment on the acclimatization of rock lizards of the genus *Darevskia* (Arribas, 1999) to the canyon in the bed of the Teteriv River in the Zhytomyr region]. *Pryrodnyche kraieznavstvo Zhytomyrshchyny — Volyni: istoriia ta suchasnist*. [Nature local history of Zhytomyr region- Volynia: history and modernity]. Zb. «Velyka Volyn». 49. S. 128–135. [in Ukrainian].

Dotsenko, I. B., Darevskiy, I. S. (2005). O nakhodke skalnoi yashcherytsy *Dalia Darevskia dahli* (Darevsky, 1957) v sostave populiatsyy armianskoi skalnoi yashcherytsy *Darevskia armeniaca* (Mehely, 1909), introdutsyrovannoi na terrytoriyu Ukrainy [About finding of the rock lizard *Darevskia dahli* (Darevsky, 1957) in the population of the rock lizard *Darevskia armeniaca* (Mehely, 1909) introduced into the territory of Ukraine]. *Materialy Pershoi konferentsii Ukrainskoho herpetologichnoho tovarystva*. [Materials of the First Conference of the Ukrainian Herpetological Society]. S. 47 – 50 [in Russian].

Dotsenko, I. B., Melnychenko, R. K., Demydova, M. Y. (2016). Osobennosti byologii i factory rasseleniya paptenohenetycheskikh skalnykh yashcherits roda *Darevskia* (Reptilia, Lacertidae), intpodutsyrovannykh v Zhytomyrskoi oblasti Ukrainy [Characteristics of biology and resettlement factors of the genus *Darevskia* (Reptilia, Lacertidae) parthenogenetic rock lizards, introduced into the Zhytomyr region of Ukraine]. *Zbirnyk prats Zoolohichnoho muzeyu* [Collection of works of the Zoological Museum]. 47. S. 41–51. [in Russian].

Malysheva, D. N., Dotsenko, I. B. (2010). Sravnytelnyy analiz obraztsov DNK skalnykh yashcheryts *Darevskia dahli* y *D. armeniaca* iz populiatsyi Ukrainy s Armenyy [Comparative analysis of DNA samples of rock lizards *Darevskia dahli* and *D. armeniaca* from the

populations of Ukraine and Armenia]. *Zbirnyk prats Zoolohichnoho muzeyu* [Collection of works of the Zoological Museum]. № 41. S. 122–127 [in Russian].

Melnychenko, R. K., Krotiuk, O. L., Radionov O. A. ta in. (2013). *Biologia papterohenetychnykh skelnykh yashchirok rodu Darevskia, introdukovanykh na Zhytomyrshchyni* [Biology of parthenogenetic rock lizards of the genus *Darevskia*, introduced into the Zhytomyr region]. *Biolohichni doclidzhennia – 2013: Mater. IV naukovo-praktychnoi Vseukr. konf. dlia molodykh uchenykh ta studentiv (Zhytomyr 16-18 kvitnia 2013 p.)*. Zhytomyr, Vyd-vo ZhDU im. I. Franka. C. 121–124 [in Ukrainian].

Yurchuk, Ye. S., Melnychenko, R. K. (2019). *Nove poselennia introdukovanoi populatsii partenohenetychnykh skelnykh yashchirok rodu Darevskia u Zhytomyrskii oblasti* [The new settlement of the introduced population of parthenogenetic rock lizards of the genus *Darevskia* in Zhytomyr region]. *Aktualni pytannia biolohichnoi nauky* [Current issues of biological science]. *Materialy V Mizhnarodnoi zaochnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Nizhyn: NDU imeni Mykoly Hoholia. S. 112 – 114 [in Ukrainian].

Arakelyan, M. S., Danielyan, F. D., Corti, C., Sindaco, R. & Leviton A. E. (2011). *Herpetofauna of Armenia and NagornoKarabakh. SSAR Publications (Society for the Study of Amphibians and Reptiles)*. Salt Lake City, USA, 154 pp. [in English].

GBIF.org (Accessed: 03 November 2021) URL: <https://doi.org/10.15468/dl.z5ncms> [in English].

List of Invasive Alien Species of Union. Web-site of European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm) (Accessed: 10.07.2022) [in English].

Millenium ecosystem assessment, 2005. Guide to the Millenium Assessment Reports. URL: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html> (дата звернення: 10.07.2022) [in English].

Nekrasova, O. D. & Kostiusyn, V. A. (2016). Current Distribution of the Introduced Rock Lizards of the *Darevskia* (*Saxicola*) Complex (*Sauria*, *Lacertidae*, *Darevskia*) in Zhytomyr Region (Ukraine). *Vestnik zoologii*. № 50 (3). P. 225–230 [in English].

Petrosyan, V., Osipov F., Bobrov V., Dergunova N., Nazarenko E., Omelchenko A., Danielyan F. & Arakelyan M.. Analysis of geographical distribution of the parthenogenetic rock lizard *Darevskia armeniaca* and its parental species (*D. mixta*, *D. valentini*) based on ecological modelling. *Salamandra*. 2019. 55 (3). P. 173– 190 [in English].

Petrosyan V. G, Osipov, F. A, Bobrov ,V. V, Dergunova, N. N, Kropachev, I. I, Danielyan, F. D & Arakelyan, M. S. (2020). New records and geographic distribution of the sympatric zones of unisexual and bisexual rock lizards of the genus *Darevskia* in Armenia and adjacent territories. *Biodiversity Data Journal*. 8: e56030 [in English].

Sindaco, R., Venchi, A., Carpaneto, G. M. & Bologna, M. A. (2000). The reptiles of Anatolia: a checklist and zoogeographical analysis. *Biogeographia*. Vol. XXI. P.441 – 554 [in English].

Steven, J. Phillips, Dudík, Miroslav & Schapire Robert E. (2022). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). URL: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) (Accessed: 03.10.2022) [in English].

The reptile database. URL: [https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search\\_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29/](https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Darevskia&species=armeniaca&search_param=%28%28search%3D%27Darevskia+armeniaca%27%29%29/) [in English].

WorldClim. URL: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> (Accessed: 03.11.2021) [in English].

Отримано: 8 червня 2022  
Прийнято: 14 вересня 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

УДК: 581.5

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.60-70

## ВИДОВА РІЗНОМАНІТНІСТЬ ФЛОРИ ЗАХІДНО-ГЛИНЯНСЬКОЇ ДІЛЯНКИ ДУБРІВСЬКОГО РОДОВИЩА ПЕРВИННИХ КАОЛІНІВ

І.В. Хом'як<sup>1</sup>, І.Ю. Коцюба<sup>2</sup>

У публікації описуються результати дослідження флори відновлюваної та трансформованої рослинності Західно-Глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів. Авторами було визначено видовий склад вищих судинних рослин та мохів досліджуваної території. Також зроблено короткий аналіз екологічних особливостей поширення окремих видів чи їхніх систематичних груп. Зокрема, було встановлено зв'язок між особливостями структури екосистем та співвідношеннями представників різних родин рослин, а також побудовано синтаксономічну схему рослинних угруповань за принципами еколого-флористичної школи Браун-Бланке. Під час дослідження було виявлено 151 представник флори. Серед них 143 види вищих судинних рослин із 33 родин та 9 видів мохів із 7 родин. Найбільш численними є родини Rosaceae (24 види), Asteraceae (21 вид), Rosaceae (14 видів) та Fabaceae (10 видів). Рослинність досліджуваної території належить до 13 класів, 19 порядків, 35 союзів, 40 асоціацій. В процесі природного відновлення рослинного покриву у вигляді первинних автогенних сукцесій відбувається активна перебудова оселищ із постійним переформатуванням упаковки еконіш. Утворюються незайняті еконіші, які потенційно можуть бути заселені, як раритетними представниками біоти та оселищами, так і небезпечними синантропними видами. Наприклад, такі оселища стають вразливими для проникнення інвазійних видів-трансформерів, які несуть загрозу раритетним компонентам біоти, процесам стійкості екосистем, сільському господарству та здоров'ю людей. У зв'язку із цим, території, на яких ведеться активний вибуток корисних копалин або які відновлюються після його припинення, повинні бути під постійним моніторингом, щодо флористичного та фітоценотичного різноманіття. На території не виявлено видів, внесених у Червоний список МСОП, Європейський Червоний список, додатки та резолюції до Бернської конвенції, Червону книгу України та до переліку регіонально рідкісних видів. На території виявлено інвазійний вид-трансформер *Solidago canadensis*. Він знаходиться на ранніх стадіях проникнення та перетворення оселищ відновлюваної природної рослинності.

**Ключові слова:** флористичне різноманіття, родовище каолінів, відновлювана рослинність.

<sup>1</sup> кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: khotyukivan@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-0080-0019

<sup>2</sup> кандидат біологічних наук,  
старший викладач кафедри екології та географії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: is-p-ko@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-1875-4973

## SPECIES DIVERSITY OF THE FLORA OF THE WESTERN HLYNIANSKA AREA OF THE DUBRIVSKE PRIMARY KAOLIN DEPOSIT

I. V. Khomiak, I. Y. Kotsiuba

*We describe the results of the study of the flora of regenerated and transformed vegetation on the territory of the Zahidno-Glynske section of the Dubrivske deposit of primary kaolin. The authors determined the species composition of higher vascular plants and mosses in the studied area. They made a brief analysis of the ecological features of the distribution of individual species or their systematic groups. They also made a short analysis of the ecological features of the distribution of individual species or their systematic groups. In particular, we established a connection between the features of the ecosystem structure and the ratios of representatives of different plant families, and also constructed a syntaxonomic scheme of plant groups based on the principles of the Brown-Blanke ecological and floristic school. During the research, we discovered 151 representatives of the flora. Among them are 143 species of higher vascular plants from 33 families and 9 species of mosses from 7 families. The most numerous are the families Poaceae (24 species), Asteraceae (21 species), Rosaceae (14 species), and Fabaceae (10 species). The vegetation of the studied area belongs to 13 classes, 19 orders, 35 unions, and 40 associations. There is an active restructuring of settlements with constant reformatting of the econiche packaging during the process of natural restoration of the vegetation cover with the help of primary autogenous successions. Empty econiches are formed here. They can potentially be inhabited, both by rare representatives of biota and habitats and by dangerous synanthropic species. For example, these habitats become vulnerable to the introduction of invasive species of transformers, which threaten rare biota components, ecosystem stability processes, agriculture, and human health. In this regard, territories, where active mineral extraction is carried out or restored after its termination, should be under constant monitoring regarding floristic and phytocenotic diversity. No species included in the IUCN Red List, the European Red List, annexes, and resolutions to the Berne Convention, Red Book of Ukraine, and to the list of regionally rare species were found on the territory. The invasive species-transformer *Solidago canadensis* was located on the territory. It is in the early stages of penetration and transformation of habitats of renewable natural vegetation.*

**Key word:** floristic diversity, kaolin deposits, restoration vegetation

### Вступ

Діяльність людини призводить до порушення динамічної рівноваги в екосистемах. Часом ці зміни є настільки сильними, що відбувається їхня повна антропогенна трансформація. Це відображається, насамперед, у перетвореннях видового складу автотрофів. Однак, тривалість активного перетворення природи людиною і тривалість еволюції окремих видів рослин неспівставні. Отже, види, які виникли еволюційно раніше за появу людської цивілізації лише займають еконіші, створені під антропогенним тиском. Це вказує на те, що ми створюємо ніші, які часто є аналогами, вже існуючих у природі.

Процес видобування корисних копалин – це аналог зміщення динаміки екосистем у бік піонерного стану (Хом'як та ін., 2020; Хом'як, 2022). Водночас із цим запускаються

процеси природного відновлення рослинного покриву у вигляді первинних автогенних сукцесій. Такі упаковки еконіш потенційно можуть бути заселені раритетними представниками біоти та оселищами (Дідух, 2001; Мельник, 2009). При цьому, незаповнені еконіші стають вразливими для проникнення інвазійних видів трансформерів, які несуть загрозу раритетним компонентам біоти, процесам стійкості екосистем, сільському господарству та здоров'ю людей (Дідух, 2014).

Метою статті є публікація результатів вивчення видового складу флори для встановлення наявності раритетних, вразливих та небезпечних інвазійних видів рослин у районі видобування каоліну Дубрівського родовища. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- встановити видове різноманіття вищих судинних рослин Західно-Глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів;

- проаналізувати екологічні аспекти формування флористичного різноманіття досліджуваної території.

### Матеріал та методи

Обстежувалася Західно-Глинянська ділянка Дубрівського родовища первинних каолінів, що знаходиться на північній околиці с. Глинянка (до 2016 р. – с. П'ятирічка) (Про затвердження...). Територія родовища розташована в Дубрівській сільській територіальній громаді Новоград-Волинського району Житомирської області. Обстежено територію видобутку каоліну та її околиці площею близьке 7 га.

Раритетними вважаються види, що занесені до міжнародних, національних та регіональних охоронних списків (за умови ратифікації Україною певних міжнародних зобов'язань). До раритетів міжнародного значення належать Червоний список МСОП, Європейський Червоний список, додатки та резолюції до Бернської конвенції (Критерії... 2017; Мосякін, 1999). До національних – Червона книга України (в останній редакції. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №111 від 15 лютого 2021 року) (Червона книга, 2009). Регіональним списком раритетних видів є перелік регіонально рідкісних видів рослин, затверджений рішеннями Житомирської обласної ради № 1162 від 08.09.2010.

Дослідження проводилися за стандартними польовими (напівстаціонарними та маршрутно-експедиційними) і камеральними методами. Для визначення видів використовувався «Определитель высших растений Украины» з поправками щодо окремих груп, які виникли з часу його виходу (Доброчаєва, 1987). Назви видів наводилися з врахуванням зауважень

С. А. Мосякіна та С. А. Федорончука (Mosyakin & Fedoronchuk, 2002).

У межах досліджуваної території визначався видовий склад рослин, тварин і грибів, структура їхніх популяцій та утворені ними угруповання, класифіковані за еколого-флористичною класифікацією Браун-Бланке (Хом'як, 2020; Westhoff &, Maarel, 1973). Рослинні угруповання визначалися через створення стандартних геоботаничних описів та їхню обробку із використанням програми TURBOVEG for Windows (Дубина, 2019; Hennekens, 2009). Показники факторів середовища, зокрема інтегрований показник антропогенного тиску (Хом'як та ін., 2020) та показник динаміки визначалися синфітоіндикаційними методами із застосуванням пакету програм «Simargl 1.12» (Дідух і Плюта, 1994; Дідух, 2012). Оселища визначалися відповідно до міжнародних та національних стандартів за класифікацією EUNIS (Davies & Moss, 2004).

### Результати дослідження

Незважаючи на невелику площу та активну виробничу діяльність, територія має відносно високе флористичне різноманіття. Під час досліджень тут було виявлено 143 види вищих судинних рослин, які належать до 33 родин та 9 видів мохів із 7 родин.

#### Родина Adoxaceae E. Mey.

- *Viburnum opulus* L.

#### Родина Alismataceae Vent.

- *Alisma plantago-aquatica* L.

#### Родина Asteraceae Bercht. &

#### J. Presl

• *Achillea submillefolium* Klok. Et Krytzka

- *Artemisia absinthium* L.
- *Artemisia vulgaris* L.
- *Bidens tripartita* L.
- *Carduus crispus* L.
- *Cirsium arvense* (L.) Scop.
- *Cirsium vulgare* (Savi) Ten.
- *Crepis tectorum* L.
- *Erigeron canadensis* L.

- *Filago arvensis* L.
- *Hieracium pilosella* L.
- *Leontodon autumnalis* L.
- *Leontodon hispidus* L.
- *Leonurus cardiaca* L.
- *Leonurus quinquelobatus* Gilib.
- *Matricaria recutita* L.
- *Onopordum acanthium* L.
- *Solidago canadensis* L.
- *Stenactis annua* Nees
- *Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.
- *Tussilago farfara* L.
- Родина Apiaceae Lindl
- *Daucus carota* L.
- Родина Betulaceae Gray
- *Betula pendula* Roth.
- Родина Caryophyllaceae Juss
- *Scleranthus annuus* L.
- *Sagina procumbens* L.
- *Cerastium arvense* L.
- *Cerastium glomeratum* Thuill.
- Родина Celastraceae R.Br.
- *Euonymus verrucosa* Scop.
- Родина Cyperaceae Juss
- *Carex acuta* L.
- *Carex acutiformis* Ehrh.
- *Carex elongata* L.
- *Carex hirta* L.
- *Carex vesicaria* L.
- *Scirpus sylvaticus* L.
- *Eleocharis palustris* (L.)Roem.et Schult.
- Родина Euphorbiaceae Juss
- *Euphorbia stricta* L.
- Родина Equisetaceae Michx. ex DC
- *Equisetum arvense* L.
- *Equisetum sylvaticum* L.
- Родина Haloragaceae R.B
- *Muriophyllum alterniflorum* DC.
- Родина Hypericaceae Juss.
- *Hypericum maculatum* Crantz
- *Hypericum perforatum* L.
- Родина Fabaceae Lindl
- *Medicago lupulina* L.
- *Medicago sativa* L.
- *Trifolium arvense* L.
- *Trifolium aureum* Poll.
- *Trifolium hybridum* L.
- *Trifolium medium* L.
- *Trifolium pratense* L.
- *Trifolium repens* L.
- *Vicia cracca* L.
- *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb.
- Родина Fagaceae Dumort.
- *Quercus robur* L.
- *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
- Родина Iridaceae Juss.
- *Iris pseudacorus* L.
- Родина Juncaceae Juss
- *Juncus effusus* L.
- *Juncus articulatus* L.
- *Juncus bufonius* L.
- *Juncus tenuis* Willd.
- *Luzula pilosa* (L.)Willd.
- Родина Lamiaceae Martinov
- *Glechoma hederacea* L.
- *Leonurus quinquelobatus* Gilib.
- *Lycopus europaeus* L.
- *Mentha aquatica* L.
- *Prunella vulgaris* L.
- *Prunella vulgaris* L.
- *Thymus serpyllum* L.
- Родина Onagraceae Juss.
- *Oenothera biennis* L.
- Родина Orobanchaceae Vent
- *Odontites vulgaris* Moench
- Родина Oxalidaceae R.Br.]
- *Oxalis stricta* L
- Родина Papaveraceae Juss.
- *Chelidonium majus* L.
- Родина Pinaceae Lindley
- *Pinus sylvestris* L.
- Родина Plantaginaceae Juss.
- *Callitriche cophocarpa* Sendtner
- *Plantago lanceolata* L.
- *Plantago major* L.
- *Plantago media* L.
- *Veronica chamaedrys* L.
- *Veronica officinalis* L.
- Родина Poaceae Barnhart
- *Agrostis capillaris* L.
- *Agrostis vinealis* Schreb.
- *Arrhenatherum elatius* (L.) J.Presl & C.Presl
- *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth
- *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth
- *Dactylis glomerata* L.
- *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.



- *Digitaria ischaetum* (Schreb.) Schreb. ex Muhl.
  - *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.
  - *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Bea
  - *Elymus repens* (L.) Gould.
  - *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski
  - *Eragrostis pilosa* (L.) P.Beauv.
  - *Festuca ovina* L.
  - *Festuca polesica* Zapal.
  - *Festuca pratensis* Huds.
  - *Festuca rubra* L.
  - *Glyceria fluitans* (L.) R. Br.
  - *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.
  - *Nardus stricta* L.
  - *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.
  - *Poa annua* L.
  - *Poa pratensis* L.
  - *Setaria glauca* (L.) P.Beauv
  - Родина Polygonaceae Juss
  - *Polygonum arenarium* Boreau
  - *Polygonum aviculare* L.
  - *Polygonum hydropiper* L.
  - *Rumex acetosella* L.
  - *Rumex crispus* L.
  - *Rumex confertus* Willd.
  - Родина Primulaceae Batsch ex Borkh.
  - *Lysimachia vulgaris* L.
  - Родина Ranunculaceae Juss
  - *Ranunculus acris* L.
  - *Ranunculus cassubicus* L.
  - *Ranunculus repens* L.
  - *Ranunculus sceleratus* L.
  - Родина Rhamnaceae Juss.
  - *Frangula alnus* Mill.
  - Родина Rosaceae Juss
  - *Agrimonia eupatoria* L.
  - *Fragaria vesca* L.
  - *Geum urbanum* L.
  - *Malus sylvestris* Mill.
  - *Potentilla argentea* L.
  - *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.
  - *Potentilla reptans* L.
  - *Prunus armeniaca* L.
  - *Prunus cerasifera* Ehr.
  - *Prunus domestica* L.
  - *Pyrus communis* L.
  - *Rubus caesius* L.
  - *Rubus idaeus* L.
  - *Rubus saxatilis* L.
  - Родина Rubiaceae Juss.
  - *Galium aparine* L.
  - Родина Salicaceae Mirb.
  - *Populus tremula* L.
  - *Salix caprea* L.
  - *Salix cinerea* L.
  - *Salix fragilis* L.
  - *Salix pentandra* L.
  - *Salix rosmarinifolia* L.
  - *Salix triandra* L.
  - Родина Typhaceae Juss
  - *Sparganium emersum* Rehm.
  - *Typha angustifolia* L.
  - *Typha latifolia* L.
  - Родина Violaceae Batsch
  - *Viola canina* L.
  - *Viola arvensis* Murr.
  - *Viola tricolor* L.
  - Мохи:
  - Родина Brachytheciaceae Schimp
  - *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp
  - *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H.Rob.
  - Родина Bryaceae Schwägr
  - *Bryum caespiticium* Hedw.
  - Родина Climaciaceae Kindb
  - *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Moh
  - Родина Dicranaceae Schimp.
  - *Dicranum polysetum* Swartz
  - Родина Leucodontaceae Schimp.
  - *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr.
  - Родина Pottiaceae Schimp
  - *Tortula muralis* Hedw
  - *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr
  - Родина Thuidiaceae Schimp
  - *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Bruch et al.
- Найчисленішими є родини *Poaceae* (24 види), *Asteraceae* (21 вид), *Rosaceae* (14 видів) та *Fabaceae* (10 видів). Така картина характерна для початкових стадій відновлення деревної рослинності (Хом'як, 2016). Флора відповідає лучній стадії заростання порушених екоотопів та молодих похідних лісів (Хом'як, 2015; 2018a). Серед злаків (родина *Poaceae*)

зустрічаються як лучні так і прибережно-водні види. Найбільше видове різноманіття має рід *Festuca*. В ньому зустрічаються лісові види костриці, такі як *F. ovina*, типові лучні види *F. pratensis* *F. rubra* та пустищний вид *F. polesica*. Двома видами представлені роди *Agrostis*, *Calamagrostis*, *Digitaria*, *Glyceria*, *Poa*. Злаки пов'язані із прибережно-водними та болотними оселищами належать до трьох родів та чотирьох видів: *Calamagrostis canescens*, *Glyceria fluitans*, *Glyceria maxima*, *Phragmites australis*. Синантропні злаки представлені *Digitaria ischaemum*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Elymus repens*, *Elytrigia intermedia*, *Eragrostis pilosa*, *Poa annua*, *Setaria glauca*.

Родина складається із 17 родів, із яких 13 представлені одним видом. По два види на території дослідження мають роди *Artemisia*, *Cirsium*, *Leontodon*, *Leonurus*. Більшість видів цієї родини є синантропними. Меншу залежність від діяльності людини проявляють *Achillea submillefolium*, *Filago arvensis*, *Hieracium pilosella*, *Leontodon autumnalis*, *Leontodon hispidus*. Представники родини представлені в основному мезо- та еугемеробними видами. Серед них трапляються й інвазійні види трансформери. Наприклад, *Solidago canadensis*. На момент обстеження ми виявили лише кілька особин. Отже, це лише перший етап інвазії та трансформації екосистем (Хом'як, 2018a).

Представники родини *Rosaceae* належать в основному до трьох родів – *Potentilla*, *Prunus* та *Rubus*. Вони включають у себе 9 із 14 видів, що складає 64% флористичного різноманіття родини. На території зустрічається велика кількість здичавілих фруктових дерев. Вони належать до 5 видів і охоплюють 35% фіторізноманіття. Поширюються такі види прямим або опосередкованим антропохорним способом. Явних антропохорних видів відносно

небагато. До них можна віднести *Geum urbanum*. Решта можуть проявляти помірну антропотолерантність, але не обов'язково прив'язані до антропогенно трансформованих оселищ.

Опираючись на запропоновану в 1994 році Я.П. Дідухом і П.Г. Плютою методу флористичної індикації стану екосистем, ми провели розрахунки співвідношень між різними родинами (Дідух, 1994; Шафер, 1956). Розроблене родовище має досить високе оселищне різноманіття. Оскільки, не в кожному оселищі можна зустріти представництво використаних для індикації родин, то застосуємо цю методику для усього родовища в цілому. Співвідношення між представниками *Asteraceae* плюс *Brassicaceae* до *Rosacea* рівне 1,5, а *Fabaceae* плюс *Coryophylaceae* до *Superaceae* рівне 1,3. Це відповідає проміжному стану між лучними або болотними оселищами і похідними лісами.

Флора досліджуваної території формує відносно невелике число рослинних угруповань. Рослинність досліджуваної території належить до 13 класів, 19 порядків, 35 союзів, 40 асоціацій. Синтаксономічна схема, згідно із системою Браун-Бланке, має такий вигляд:

Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941: Oenathetalia aquaticae Hejny ex Balátová-Tuláčeková et al. 1993: Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae Passarge 1964: Eleocharitetum palustris Savič 1926; Phragmitetalia Koch 1926: Phragmition Koch 1926: Phragmitetum australis Savič 1926, Typhetum angustifoliae Pignatti 1953, Typhetum latifoliae Nowiński 1930; Magnocaricetalia Pignatti 1953: Magnocaricion elatae Koch 1926: Caricetum elatae Koch 1926; Magnocaricion gracilis Géhu 1961: Caricetum gracilis Savič 1926, Carici acutae-Glycerietum maximae Jilek et Valisek 1964.

Molinio-Arrhenatheretea R.Tx 1937: Galietalia veri Mirk. et Naum. 1986:

Agrostion vinealis Sipaylova, Mirk., Shelyag et V.Sl. 1985: Agrostio vinealis-Calamagrostietum epigeioris (Shelyag et al. 1981) Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985, Agrostietum vinealis-tenuis Shelyag et al. 1985, Potentillo argenteae-Poetum angustifoliae Solomakha 1996, Achillea submifolium-Dactyletum glomeratae Smetana, Derpoluk, Krasova 1997; Molinetalia Koch. 1926: Mentho longifoliae-Juncion inflexi T. Müller et Görs ex de Foucault 2009: Juncetum effusi (Pauc 1941) Soó 1947, Deschampsion caespitosae Horvatic 1930: Poo trivialis-Alopecuretum pratensis Regel 1925, Poo palustris-Alopecuretum pratensis Shel.-Sos. et al. 1987; Calthion palustris R.Tx 1937: Scirpetum sylvatici Ralski 1931.

Trifolio-Geranietea Th.Müll 1962: Origanetalia Th.Müll 1962: Trifolion medii Th.Müll 1962: Agrimonio eupatoriae-Trifolietum medii (T. Müller 1962) Dengler et al. 2003.

Epilobieteae angustifolii Tx. et Preising ex von Rochow 1951: Galeopsio-Senecionetalia sylvatici Passarge 1981: Fragarion vescae Tüxen ex von Rochow 1951: Epilobion angustifolii Oberd. 1957: Calamagrostietum epigii Juraszek 1928.

Robinietea Jurco ex Hadac et Sofron 1980: Sambucetalia racemosae Oberd. ex Doing 1962: Sambuco-Salicion capreae Tx. et Neum et Oberd. 1957: Salicetum capreae Schreier 1955.

Salicetea purpurea Moor 1958: Salicetalia purpureae Moor 1958: Salicion albae de Soó 1951: Salicetum albae Issler 1926.

Alnetea glutinosae Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk et al. 1946: Alnetalia glutinosae R.Tx 1937: Alnion glutinosae Malcuit 1929: Ribeso nigri-Alnetum Sol.-Gorn (1975) 1987

Franguletea Doing ex Westhoff in Westhoff et Den Held 1969: Salicetalia auritae Doing 1962: Salicion cinereae Th.Müll et Görs ex Pass 1961: Salicetum pentandro-cinereae Pass 1961.

Stellarietea mediae R.Tx., Lohmaer et Preising 1950: Aperetalia spicae-venti J. Tx. & Tx. in Malato-Beliz et al. 1960: Scleranthion annui (Kruseman et Vlieger

1939) Sissingh in Westhoff et al. 1946: Aphano-Matricarietum R.Tx 1937; Galeopsion bifidae Abramova in Mirkin et al. 1985: Euphobio peplichenopodietum albi Solomakha 1988; Papaveretalia rhoeadis Hüppe et Hofmeister ex Theurillat et al. 1995: Malvion neglectae (Gutte 1972) Hejný 1978: Polygono arenastri-Chenopodietum muralis Mucina 1987.

Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951: Agropyretalia intermedio-repentsis Th.Müll et Görs 1969: Convolvulo-Agropyron repentis Görs 1966: Agropyretum repentis Felföldy 1942, Elytrigio repentis-Lycietum barbarum Kostylev in Solomakha et al. 1992, Poo compressae-Tussilaginetum farfarae R. Tx. 1931; Onopordetalia acanthii Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944: Dauco-Melilotenion Görs ex Rostański et Gutte 1971: Dauco-Picridetum hieracioidis Görs 1966; Onopordion acanthii Br.-Bl. et al. 1926: Potentillo-Artemisietum absintii Faliński 1965.

Polygono arenastri-Poëtea annuae Rivas-Martínez 1975: Polygono arenastri-Poëetalia annuae Tx. in Géhu et al. 1972 corr. Rivas Martínez et al. 1991: Polygono-Coronopion Sissingh 1969: Polygonetum arenastri Gams 1927 corr. Láníková in Chytrý 2009, Saginion procumbentis Tüxen et Ohba in Géhu et al. 1972: Poetum annuae Gams 1927

Plantagenetea majoris Tx. et Preising ex von Rochow 1951: Potentillo-Polygonetalia avicularis R. Tx. 1947: Plantagini-Prunellion Eliáš 1980: Agrostio tenuis-Poetum annuae Gutte et Hilbig 1975, Prunello-Plantaginetum Faliński 1963, Juncetum tenuis Schwick. 1944, Festuco pratensis-Plantaginetum Balserc et Pawlak 2000; Potentillion anserinae Tüxen 1947: Rumici crispae-Agrostietum stoloniferae Moor 1958, Potentilletum reptantis Eliáš 1974, Potentilletum anserinae Rapaics 1927.

Galio-Urticetea Passarge et Kopecký 1969: Galio aparines-Alliarietalia petiolatae Oberdorfer ex Görs et T. Müller 1969: Aegopodion podagrariae

R.Tx 1967: Elytrigio repentis-Aegopodietum podagrariae Tüxen 1967.

Bidentetea tripartiti Tx. et al. ex von Rochow 1951: Bidentetalia tripartiti Br.-Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944: Bidenton tripartiti Nordhagen ex Klika et Hadač 1944: Polygonetum hydropiperis Passarge 1965.

#### Висновки

Під час дослідження Західно-Глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів було виявлено 151 представник флори. Серед них 143 види вищих судинних рослин із 33 родин та 9 видів мохів із 7 родин.

Найчисельнішими є родини *Rosaceae* (24 види), *Asteraceae* (21 вид),

*Rosaceae* (14 видів) та *Fabaceae* (10 видів).

Рослинність досліджуваної території належить до 13 класів, 19 порядків, 35 союзів, 40 асоціацій.

На території не виявлено видів, внесених у Червоний список МСОП, Європейський Червоний список, додатки та резолюції до Бернської конвенції, Червону книгу України та до переліку регіонально рідкісних видів.

На території виявлено інвазійний вид-трансформер *Solidago canadensis*. Він знаходиться на ранніх стадіях проникнення та перетворення оселищ відновлюваної природної рослинності.

#### Список використаних джерел

Дідух Я. П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем. *Наукові записки НаУКМА*, 2014. Т. 158. Біологія та екологія. С. 54–60.

Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : Наукова думка, 2012. 342 с

Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ, 1994. 280 с.

Дідух Я. П., Ромащенко К. Ю. Теорія еконіші. Вимір широти та перекриття. *Укр. ботан. журн.*, 2001. Т. 58. № 5. С. 529–542.

Продромус рослинності України / Д. В. Дубина та ін. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с.

Категорії та критерії червоного списку МСОП: Версія 3.1. 2-ге вид. Пер. з англ. Київ, 2017. 36 с.

Мельник В. І., Баранівський О. Р., Харчишин В.Т., Корнійчук В. С., Тітова О. Т., Хом'як І. В. Флористичні знахідки на Житомирському Поліссі. *Інтродукція рослин*, 2009. № 2. С. 3–8.

Мінерально-сировинна база Житомирської області. Надра. URL: <https://eprder.zht.gov.ua/ND2014-7.htm> (дата звернення: 11.10.2022).

Мосякін С.А. Рослини України у світовому Червоному списку. *Укр. ботан. журн.*, 1999. Т. 56, № 1. С. 79–88.

Доброчаева Д.Н. и др. Определитель высших растений Украины. К.: Наукова думка, 1987. 548 с.

Про затвердження Інструкції із застосування "Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ каолінів". URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0016-07> (дата звернення: 11.10.2022).

Хом'як І. В., Онищук І. П., Коцюба І. Ю., Брень А. Л., Шкилюк Ю. В. Рецензія на монографічне видання «Продромус рослинності України» . *Екологічні науки*, 2020. №2(29). Т. 1 . С. 170–173.

Хом'як І. В. Вплив інвазій видів-трансформерів на динаміку рослинності перелогів Українського Полісся. *Біоресурси і природокористування*, 2018. Т. 10, № 1-2. С. 29–35.

Хом'як І. В. Вплив умов середовища на напрям первинних сукцесій в районі виходів лесових порід Правобережного Полісся. *Питання біоіндикації та екології*, 2015. Вип. 20, № 1. С. 35–46.

Хом'як І. В. Динаміка флори перелогів Українського Полісся. *ScienceRise: Biological Science*, 2018. №1 (10). С 8–13.

Хом'як І. В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. *Екологічні науки*, 2018. №1 (20), том 2. С. 69–73.

Хом'як І. В. Характеристика асоціацій *Agrostio-Populetum tremulae* та *Epilobio-Salicetum capreae* класу *Epilobietea angustifoliae* для Правобережного Полісся. *Український ботанічний журнал*, 2016. №4. С. 239–254.

Хом'як І. В., Василенко О. М., Гарбар Д. А., Андрійчук Т. В., Костюк В. С., Власенко Р. П., Шпаковська Л. В., Демчук Н. С., Гарбар О. В., Онищук І. П., Коцюба І. Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. *Екологічні науки*, 2020. № 5 (32), Т. 1 . С. 136–141.

Хом'як І. В., Гарбар Д. А., Андрійчук Т. В., Костюк В. С., Власенко Р. П. Динаміка відновлюваної рослинності піщаних кар'єрів Житомирського Полісся. *Екологічні науки*, 2021. № 6 (39). С. 204–207.

Хом'як І. В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. *Український ботанічний журнал*, 2022. № 79 (3). С. 142–153.

Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

Davies C. E., Moss D., Hill M. O. EUNIS Habitat Classification Revised. Report to the European Environment Agency, European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. Paris, 2004. 310 p.

Hennekens S. Turboveg for Windows. 1998–2007. Version 2. Wageningen: Inst. voor Bos en Natuur, 2009. 84 p.

Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 345 p.

Westhoff V, Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science*. Part V: Ordination and Classification of Vegetation / Ed. By R.H. Whittaker. The Hague, 1973. P. 619–726.

### References (translated & transliterated)

Didukh, Ya. P. (2014) Otsinka stiikosti ta ryzykiv vtraty ekosystem [Assessment of sustainability and risks of ecosystem loss]. *Naukovi zapysky NaUKMA*. [Scientific notes of NaUKMA]. 158, 54–60. [in Ukrainian].

Didukh, Ya. P. (2012) Osnovy bioindykatsii [Basics of bioindication]. Kyiv : Naukova dumka. [in Ukrainian].

Didukh, Ya.P., Pliuta, P.H. (1994) Fitoindykatsiia ekolohichnykh faktoriv [*Phytoindication of environmental factors*]. Kyiv [in Ukrainian].

Didukh, Ya.P., Romashchenko, K.Iu. (2001) Teoriia ekonishi. Vymir shyroty ta perekryttia [The theory of econiche. Measure of width and overlap]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal* [Ukrainian botanical journal]. 58 (5), 529–542. [in Ukrainian].

Dubyna, D. V. (2019). Prodromus roslynnosti Ukrainy [Prodromus vegetation of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

Katehorii ta kryterii chervonoho spysku MSOP: Versiia 3.1. (2017) [IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1.]. Kyiv [in Ukrainian].

Melnyk, V. I., Baranivskiy, O. R., Kharchyshyn V.T., Korniiichuk V.S., Titova O.T., Khomiak I.V. (2009). Florystychni znakhidky na Zhytomyrskomu Polissi [Floristic finds in Zhytomyr Polissia]. *Introduktsiia roslyn* [Introduction of plants], 2, 3–8. [in Ukrainian].

Mineralno-syrovynna baza Zhytomyrskoi oblasti [Mineral and raw material base of Zhytomyr region]. [Electronic resource] URL: <https://eprdep.zht.gov.ua/ND2014-7.htm> (Access date 11.10.2022) [in Ukrainian].

Mosiakin, S.L. (1999). Roslyny Ukrainy u svitovomu Chervonomu spysku [Plants of Ukraine in the world Red List]. *Ukr. botan. zhurn.* [Ukrainian botanical journal], 56 (1), 79–88. [in Ukrainian].

Dobrochaeva, D.N. i dr. (1987). *Opredelitel' vysshih rastenij Ukrainy* [Determinant of the highest plants of Ukraine]. K.: Naukova dumka. [in Russian].

Pro zatverdzhennia Instruksii iz zastosuvannia "Klasyfikatsii zapasiv i resursiv korysnykh kopalyn derzhavnogo fondu nadr do rodovyshch kaoliniv" [On the approval of the Instructions for the application of "Classification of reserves and resources of mineral resources of the State Subsoil Fund to kaolin deposits"]. [Electronic resource] URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0016-07> (Access date 11.10.2022) [in Ukrainian].

Khomiak, I.V., Onyshchuk, I.P. Kotsiuba, I.Iu., Bren, A.L., Shkyliuk, Yu.V. (2020). *Retsenziia na monohrafichne vydannia «Prodromus roslynnosti Ukrainy»* [Review of the monographic publication "Prodromus of the Vegetation of Ukraine"]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], 2(29), 1, 170–173.

Khomiak, I. V. (2018). *Vplyv invazii vydiv-transformeriv na dynamiku roslynnosti perelohiv Ukrainського Polissia* [The influence of invasions of transformer species on the dynamics of vegetation of the fallows of the Ukrainian Polissia]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia* [Bioresursy and nature management], 10 (12), 29–35. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2015). *Vplyv umov seredovyscha na napriam pervynnykh suktsesii v raioni vykhodiv lesovykh porid Pravoberezhnogo Polissia* [The influence of environmental conditions on the direction of primary successions in the area of outcrops of loess rocks of the Right Bank Polissia]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii* [Issues of bioindication and ecology], 20 (1), 35–46. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2018). *Dynamika flory perelohiv Ukrainського Polissia* [The dynamics of the fallow flora of the Ukrainian Polissia]. *ScienceRise: Biological Science*, 1 (10), 8–13. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2018). *Osoblyvosti antropohennoho vplyvu na pryrodnu dynamiku ekosystem Ukrainського Polissia* [Peculiarities of anthropogenic impact on the natural dynamics of the ecosystems of the Ukrainian Polissia]. *Ekolohichni nauky* [Environmental Sciences], 1 (20), 2, 69–73. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2016). *Kharakterystyka asotsiatsii Agrostio-Populetum tremulae ta Epilobio-Salicetum capreae klasu Epilobietea angustifolii dlia Pravoberezhnogo Polissia* [Characteristics of the Agrostio-Populetum tremulae and Epilobio-Salicetum capreae associations of the Epilobietea angustifolii class for the Right-Bank Polissia]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal* [Ukrainian botanical journal], 4, 239–254. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V., Vasylenko, O. M., Harbar, D. A., Andriichuk, T. V., Kostiuk, V. S., Vlasenko, R. P., Shpakovska, L. V., Demchuk, N. S., Harbar, O. V., Onyshchuk, I. P., Kotsiuba, I. Iu. (2020). *Metodolohichni pidkhody do stvorennia intehrovanoho synfitoindykatsiinoho pokaznyka antropohennoi transformatsii* [Methodological approaches to the creation of an integrated synphytoindicative indicator of anthropogenic transformation]. *Ekolohichni nauky* [Ecological Sciences], 5 (32), 1, 136–141. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V., Harbar, D. A., Andriichuk, T. V., Kostiuk, V. S., Vlasenko, R. P. (2021). *Dynamika vidnovliuvanoi roslynnosti pishchanykh karieriv Zhytomyrskoho Polissia* [Dynamics of regenerating vegetation of sand quarries of Zhytomyr Polissia]. *Ekolohichni nauky* [Ecological Sciences], 6 (39), 204–207. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2022). *Syntaksonomiia vidnovliuvanoi roslynnosti karieriv Tsentralnogo Polissia* [Syntaxonomy of the regenerating vegetation of the quarries of Central Polissia]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal* [Ukrainian botanical journal], 79 (3), 142–153. [in Ukrainian].

Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit (2009). [Red Book of Ukraine. Plant world]. K.: Hlobalkonsal'tynh. [in Ukrainian].

Davies, C. E., Moss, D., Hill, M. O. (2004). EUNIS Habitat Classification Revised. Report to the European Environment Agency, European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. Paris. [in English].

Hennekens, S. (2009). Turboveg for Windows. 1998–2007. Version 2. Wageningen: Inst. voor Bos en Natuur. [in English].

Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev. [in English].

Westhoff, V, Maarel, E. van der. (1973). The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science. Part V: Ordination and Classification of Vegetation*, 619–726. [in English].

Отримано: 29 травня 2022

Прийнято: 5 вересня 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

## ГЕОГРАФІЯ

УДК 911.3:353.5(477.44)(091)

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.71-88

### ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО УСТРОЮ СХІДНОПОДІЛЬСЬКОГО ПРИДНІСТЕР'Я

А.В. Гудзевич<sup>1</sup>

*У статті розглядаються історико-географічні аспекти досвіду організації адміністративно-територіального устрою південно-східної частини Подільського Придністер'я, яка досі немає синтетичного вираження цієї проблематики, з метою виявлення можливостей його застосування для удосконалення функціонування в умовах децентралізації. Зокрема, увага акцентується на встановленні трансформаційних процесів адміністративно-територіального устрою на субрегіональному рівні національної територіальної структури, з урахуванням його історичних і географічних особливостей упродовж усього часового відтинку, в унісон формування України (з найдавніших часів – сьогодні). Дослідження ґрунтуються на комплексному використанні загальнонаукових і спеціально-наукових методів, що уможливило висвітлення усіх аспектів наукової проблеми.*

*На основі базового територіально-часового виміру охарактеризовано розмаїття адміністративно-територіальної організації субрегіонального рівня, яке є результатом впливу різнорідних чинників (історичного, географічного, військово-політичного, етнокультурного) і відображає основні її форми в умовах державності (громадського самоврядування, віче Київської Русі, Галицько-Волинського князівства, Гетьманщини, УНР, України), окупаційних режимів (золотоординського, Литовського князівства, Польського й Румунського королівств, монархічної конфедерації Речі Посполитої, Османської, Російської й Німецької (Третій рейх) імперії, Советського союзу). Вивчення реалій трансформації адміністративно-територіального устрою південно-східної частини Подільського Придністер'я упродовж більш як тисячолітнього періоду дозволяють цілісно простежити особливості створення й функціонування місцевого самоврядування на субрегіональному мезовому рівні, що є ціннісно важливо з огляду на децентралізацію органів виконавчої влади та стратегічний євроінтеграційний курс держави. Результати дослідження можуть бути використані у подальших історико-географічних дослідженнях адміністративно-територіального устрою Придністер'я, суміжних регіонів, зокрема й для розв'язання нагальних проблем територіальної організації адміністративної одиниці рівня району; для підготовки лекційних курсів із загального чи тематичного краєзнавства, передусім географічного й історичного.*

**Ключові слова:** адміністративно-територіальний устрій, організація, регіон, Східноподільське Придністер'я, субрегіональний рівень, історико-географічний аналіз.

<sup>1</sup> доктор географічних наук, професор,  
професор кафедри географії,  
(Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського)  
e-mail: amarek@ua.fm,  
ORCID: 0000-0001-8884-9436



## FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL ORGANIZATION OF THE EASTERN PODILSK REGION

A. V. Gudzevich

*The article examines the historical and geographical aspects of the experience organization of the administrative-territorial system of the southeastern part of Podilsk Transnistria, which still does not have a synthetic expression of this problem, in order to identify the possibilities of its application to improve functioning in conditions of decentralization. In particular, attention is focused on the establishment of transformation processes of the administrative-territorial system at the sub-regional level of the national territorial structure, taking into account its historical and geographical features throughout the entire time period, in unison with the formation of Ukraine (from ancient times to the present). The research is based on the complex use of general scientific and special scientific methods, which made it possible to cover all aspects of the scientific problem. On the basis of the basic territorial-temporal dimension, the diversity of the administrative-territorial organization of the subregional level is characterized, which is the result of the influence of various factors (historical, geographical, military-political, ethno-cultural) and reflects its main forms in the conditions of statehood (public self-government, the Vichy of Kyiv Rus, Galicia -Volyn Principality, Hetmanship, UNR, Ukraine), occupation regimes (Golden Horde, Lithuanian Principality, Polish and Romanian Kingdoms, Commonwealth of Independent States, Ottoman, Russian and German (Third Reich) Empires, Soviet Union). The study of the realities of the transformation of the administrative-territorial system of the southeastern part of Podilskyi Transnistria over a period of more than a thousand years allows us to holistically trace the peculiarities of the creation and functioning of local self-government at the sub-regional meso level, which is valuable in view of the decentralization of executive authorities and the state's strategic European integration course. The results of the research can be used in further historical-geographical studies of the administrative-territorial system of Transnistria and neighboring regions, in particular, to solve urgent problems of the territorial organization of the district-level administrative unit; for the preparation of lecture courses on general or thematic regional studies, primarily geographical and historical.*

**Keywords:** administrative-territorial system, organization, region, East Podilsk Transnistria, subregional level, historical-geographical analysis.

### Вступ

У становленні та функціонуванні держави Україна, як і будь-якої іншої суверенної держави, «каркасною» частиною системи організації держави і суспільства взагалі та системи державного управління зокрема, є система територіального устрою держави. Вона включає різні форми поділу. Особливе місце серед них посідає адміністративно-територіальний. Означена форма передбачає поділ території держави на складові частини – адміністративно-територіальні одиниці з метою побудови чіткої організації органів державної влади та раціональної системи управління соціально-економічними процесами, збалансованого розвитку усієї території держави.

Історико-географічне вивчення цієї проблеми необхідне для: розуміння умов та набутого досвіду формування й територіальної належності споконвічно українських земель на різних етапах

розвитку України упродовж століть; планування науково-обґрунтованих шляхів розвитку адміністративно-територіального устрою на регіональному й субрегіональному рівнях, удосконалення її організації та функціонування в умовах децентралізації.

Це має особливе значення на нинішньому етапі розвитку держави й її історико-географічних країв (регіонів), передусім для з'ясування причин українсько-російської війни 2014-2022-? рр., пояснення агресивних прагнень московського загарбника (Російської Федерації) збройним шляхом розширити свою територію за рахунок земель України та визначення науково обґрунтованих шляхів подальшого розвитку й удосконалення організації адміністративно-територіального устрою субрегіонального рівня.

### Матеріал і методи

Проблематика територіальної організації комплексна і багатоаспектна, що зумовлює увагу до

неї представників різних галузей наукового знання. Зокрема, пошук форм конструктивно-управлінської діяльності людства в межах і щодо свого довкілля (навколишнього середовища) спонукає до виокремлення антропогенної організації на противагу первинної спонтанної природної самоорганізації (Hudzevych, 2012, 2020, 2021) та системі державного управління. Історичним передумовам територіальної організації держави України присвячені праці О. Андрощука і Я. Верменича (2014), В. Кубійовича (1963), В. Куйбіди та ін. (2009), А. Матвієнко (2015), В. Олуйко та ін. (2005), В. Слабенко-Ванжули (2009), О. Стогової (2019) та ін. Вагомий доробок щодо питань реформування адміністративно-командної системи часів Радянського Союзу шляхом децентралізації, що визнається європейським співтовариством прогресивним засобом управління, здійснили Р. Безсмертний (2005), Б. Данилишин і В. Пилипів (2016), М. Дністрянський (2013), М. Schuryk (2018), R. Panchishin (2021), О. Стогова (2021) та інші вчені й практики з державотворення. Проаналізовано стан конституційно-правового забезпечення реформування адміністративно-територіального устрою (АТУ) України Р. Бедрієм (2020), етнокультурної спадщини АТУ України Роговенком О. (2020), здійснено періодизацію політичних режимів розвитку України впродовж 1917–2021 рр. з виокремленням найзнаковіших періодів та означено історичну місію рад як своєрідного традиційного демократичного інструменту-скелету системи організації влади в процесі державотворення й трансформації АТУ А. Гудзевичем та І. Романюком (2022).

Водночас, за доволі значної кількості узагальнень цих питань на загальнодержавному рівні, є потреба у проведенні досліджень, спрямованих на з'ясування субрегіональної специфіки становлення адміністративно-територіального устрою на різних етапах історичного

розвитку південно-східної частини Подільського Придністер'я, яка досі не має синтетичного вираження цієї проблематики. Вона зумовлена, передусім, практичною необхідністю розв'язання нагальних проблем територіальної організації адміністративної одиниці рівня району, своєрідного проміжного (мезорівневого) підрозділу трьохступеневої національної територіальної структури, з урахуванням їх історичних і географічних особливостей. Це, у свою чергу, й обумовило вибір теми та структури публікації.

Методологічну основу дослідження становить сукупність загальнонаукових і спеціально-наукових методів, які використовуються в природничих і гуманітарних науках. Зокрема, для встановлення субрегіональних особливостей еволюції адміністративно-територіального устрою застосовано низку методів – ретроспективний, хронологічний, періодизації, порівняльно-історичний, діалектичний, і структурно-функціональний для уточнення принципів організації й функціонування окремих елементів системи територіальної організації. Для узагальнення застосовувалися такі логічні прийоми, як аналіз, синтез, гіпотеза, індукція, дедукція, тощо. При визначенні кількісних змін адміністративно-територіальних одиниць у процесі реформування адміністративно-територіального устрою періоду XIX–XXI ст. використовувався порівняльно-географічний та статистичний методи дослідження.

Важливе місце серед спеціально-наукових методів посіли міждисциплінарні дослідницькі підходи, зокрема, – наукової ідентифікації, історико-правовий, системний і генетичний. Їх застосування сприяло з'ясуванню закономірностей та логіки прояву різномірних чинників (демографічних,

економічних, інфраструктурних, природно- й суспільно-географічних тощо) у формуванні регіональної специфіки адміністративно-територіального устрою Придністер'я. Серед іншого, у визначенні зв'язку між давніми та сучасними формами територіальної організації регіону дослідження, з урахуванням численних змін фактичних адміністративно-територіальних систем.

Усебічне висвітлення досліджуваної проблематики у взаємозв'язку, взаємозалежності та розвитку між давніми та сучасними формами територіальної організації регіону стало можливим завдяки застосуванню історичного й системного методів наукового пізнання.

#### **Результати**

Дослідження особливостей організації адміністративно-територіального устрою (АТУ) України субрегіонального рівня здійснено в умовах Східноподільського Придністер'я, осердям якого по праву здавна є Могилівщина, а за нинішніх умов відповідає території новоствореного (2020 р.) Могилів-Подільського району.

Історія територіальної організації управління Східноподільського Придністер'я сягає глибин віків. Вона нерозривно пов'язана із процесом розселення на теренах Вінницької області та України. Еволюційний шлях адміністративно-територіальної структури регіону охоплює період від архаїчної родоплемінної організації доби палеоліту (100–13 тисяч років тому – стоянки поблизу сіл Лядова, Нагоряни, Озаринці, Суботівки, Яришів, Яруги), неоліту (Буго-Дністровська культура землеробських племен – 6–4 тис. років до н.е.), ієрархічно організованих об'єднань (у т.ч. й рабовласницьких) доби бронзи і заліза (III тис. до н.е. початок I тис. років н. е. – праслов'янські поселення білогрудівської культури – XI–IX ст. до н. е. у межах сіл Кричанівки, Оленівки, Серебрії, Яришева; трипільської

культури – початок IV тис. до н. е. поблизу с. Бернашівка; городища кочівників-скіфів – VII–II ст. до н. е. – с. Григорівка; ранньослов'янські поселення зарубинецької – II ст. до н. е. – II ст. н. е. та черняхівської культур – II–VI ст. н. е.) – до віча як форми справжнього народовладдя з нечітким територіальним вираженням у Київській Русі та Галицько-Волинському князівстві (до середини XIII ст.).

Татаро-монгольська навала XIII ст. спричинила зміни в організації феодального управління регіону. Територія Східноподільського Придністер'я на 100 років відійшла до Кам'янецької тьми Подільського улусу. Останній також включав Брацлавську і Сокальську тьми. З другої половини XIV ст. територія регіону попала під владу Великого князівства Литовського (Сіцінський, 2009).

Після смерті князя литовського Витовта (1430 р.) територія переходить до польських феодалів. Удільний устрій українських земель польською владою було ліквідовано. Натомість регіон став складником, утвореного у 1434 році Подільського воєводства Польської корони.

У 1595 році засновано поселення Могилів (Могилів-на-Дністрі), яке досить швидко перетворилося на містечко зі самоврядним статусом у формі магдебурзького права (1643 р.). Статус міста поселення здобуло лише в 1795 році.

У середині XVII ст. землі регіону попадають під гетьманську владу. Запроваджується новий устрій, який набував характеру військово-адміністративного. Вищою одиницею територіального устрою Гетьманської України ставали полки, які поділялися на сотні. У 1648–1649 рр. функціонує Подільський (Могилівський) полк. Пізніше, у 1656–1676 рр. – Подністрянський (Могилівський). Містечко Могилів у цей час виконує функцію центра, тобто набуває статусу полкового. Лише у 1657–1658 рр. полковим містом був Меджибіж.

З 1672 по 1699 роки частина території козацької України попадає під владу турків. Утворюється особлива адміністративна одиниця Османської імперії – Кам'янецький (Подільський) еялет (провінція), який охоплював територію колишніх Подільського, Могилівського і, частково, Брацлавського й Уманського полків. Еялет поділявся на чотири адміністративні одиниці – санджаки з центрами у Кам'янці-Подільському, Барі, Язлівцях, Меджибожі, яким підпорядковувалися менші округи – нахії. З 1676 року місто Могилів стало центром невеликої адміністративної одиниці – нахії, яка входила до Кам'янецького санджаку Кам'янецького еялету (Адміністративно-територіальний устрій ..., 2001).

Із 1699 року до 1793 року – Поділля зі складу Османської імперії повертається до Польського королівства, а з ним і до відповідного адміністративно-територіального устрою – воєводсько-повітового.

Після поділу Польщі у 1793 році територія моголів-подільських земель переходить під юрисдикцію Російської імперії, зокрема, до щойно утвореного Брацлавського намісництва й у 1795 році стає одним із його повітів (Могилівським). У такому статусі вони залишаються й після територіально-адміністративної реформи 1796 року, у результаті якої Брацлавське намісництво було підпорядковане новоутвореній Подільській губернії. Зміцнюється й положення Могилева, який майже одночасно з викупом його російським урядом здобуває волю від польського володаря, а також статуси – міста (до цього Могилів фактично був у якості містечка) й центра повіту. Нічого не змінилося для Могилівщини, у територіальному плані, й після скасування намісництв у першому десятилітті XIX ст., незважаючи на процес укрупнення повітів у 1797–1803 рр., окрім уже безпосереднього підпорядкуванню повіту губернії. Натомість Подільська губернія стала управлятися військовим губернатором

і разом із Київською та Волинською (дещо пізніше утворили Південно-Західний край Російської імперії (1831–1917 рр.). Офіційна назва нового територіального утворення, по суті військово-адміністративної одиниці – Київське генерал-губернаторство (Шабельников, 2006).

Після запровадження реформи 1861 р. повіти було поділено на дрібніші адміністративні одиниці – волості та вже з 1866 року встановлюється чотиріступенева система управління: центр (генерал-губернаторство) – губернія – повіт – волость). Як результат, до складу Могилівського повіту станом на 1913 рік входило 14 волостей та 2 населених пункти з правами міста (табл. 1).

Станом на 1897 рік площа Могилівського повіту становила 2734 км<sup>2</sup>, населення сягало 227 672 осіб (Могилівський повіт, 2022).

У період 1917–1921 років територія Східноподільського Придністер'я перебувала у складі УНР, Української держави при збереженні старого устрою: губернія – повіт – волості. Такий поділ зберігався до 1923 року, коли було запроваджено новий устрій за схемою: губернія – округа – район. Із липня 1921 року територія Могилівського повіту зменшується за рахунок утворення Жмеринського повіту. Постановою ВУЦВК від 7 березня 1923 р. «Про адміністративно-територіальний поділ Подільської губернії» повіти були ліквідовані і утворено 6 округ (а не округів, як це часто пишуть, А.В.), зокрема й Могилівську (рис. 1) з 15 районів, у т. ч. й Могилівський район. У цей же час, донедавна повітове, а відтепер окружне, і водночас районне місто, отримує нову офіційну назву – Могилів-Подільський. Варто відзначити, що у Могилівській окрузі виділялися три райони на чолі з містечками-райцентрами, які є складниками сучасної Могилівщини. Так, окрім Могилева, на короткий

термін (1923–1925 рр.) районним центром у складі 16 сіл стає і містечко Озаринці (Яцуба, 2002). На противагу йому, Яришівський район

функціонував аж до 1931 року, коли був віднесений до Могилів-Подільського району.

Таблиця 1

Волості та поселення з правами міста Могилів-Подільського повіту (станом на 1913 рік)

№ з/п	Назва волості	Тип і назва центру волості	Кількість поселень	Поселення з правами міста
1.	Бронницька	с. Бронниця	17	Повітове місто Могилів із передмістями Карантин, Карпівський Яр, Немія, Озаринецька Гора, Острови, Пологи, Шаргородська Гора
2.	Вендичанська	с. Вендичани	6	
3.	Копайгородська	м-ко Копайгород, магд. право з 1624 р	13	
4.	Котюжанська	с. Вищий Ольчедаїв	15	
5.	Кукавська	с. Кукавка	11	
6.	Лучинецька	м-ко Лучинець	20	
7.	Мар'янівська	с. Мар'янівка	12	
8.	Озаринецька	м-ко Озаринці	8	
9.	Сербянська	с. Біляни-Шаргород	11	
10.	Снітківська	м-ко Снітків	17	
11.	Терешківська	с. Терешки	25	
12.	Хоньківецька	с. Хоньківці	14	
13.	Шаргородська	м-ко Шаргород, магд. право з 1588 р.	20	
14.	Яришівська	м-ко Яришів	10	

Примітка: с.– село; м-ко – містечко; магд. право – магдебурзьке право

З ліквідацією губерній у 1925 році округи стають найвищою адміністративною одиницею в УРСР. Вносяться зміни і до ранжування поселень: скасовується таке означення для найнижчої категорії міських поселень, як містечко та застосовується – «селище міського типу». Станом на 1927 рік Могилівська округа мала 5658 км<sup>2</sup> площі (Верменич, 2010).

У 1930 році припиняється використання округової системи. Розформована Могилівська округа на короткий перехідний період (1 липня – 15 вересня 1930 року) приєднується до Вінницької округи. Після скасування Вінницької округи територія Могилівщини попадає під пряме підпорядкування УРСР. Діє адміністративна система: центр – район – сільрада.

У 1932 році найвищою ланкою адміністративного поділу стає область

(Верменич, 2010). Від 9 лютого 1932 року в Україні створено 5 областей: Харківську, Київську, Вінницьку, Дніпропетровську та Одеську. У лютому 1932 р. місто Могилів-Подільський і навколишні території увійшли до новоутвореної Вінницької області як один із районів. Але уже зовсім швидко знову сталися організаційні й територіальні зміни Могилівщини. 26 лютого 1935 року через розукрупнення районів у складі Вінницької області відновлюється Яришівський район (скасований у 1931 році). Проте, уже в травні 1935 року він разом із іншими районами (Копайгородський, Муровано-Куриловецький, Чернівецький, Ямпільський) та містом (Могилів-Подільський) увійшов до складу Могилів-Подільської округи, однієї із чотирьох округ, які були утворені в області (Гудзевич, 2018).



Рис. 1. Карта Могилівської округи, адміністративні межі станом на 1 березня 1927 (Територія колишньої Подільської губернії ..., 1927)

У 1937 році з утворенням Кам'янець-Подільської та Житомирської областей округи були ліквідовані, а з тим припинив функціонувати і Яришівський район, який увійшов до складу Могилів-Подільського району. Місто ж Могилів-Подільський із 1937 року набуває статусу обласного значення. У Вінницькій області на той час лише м. Вінниця мала обласне підпорядкування.

У період другої світової війни з липня 1941 року до березня 1944 року

територія Могилів-Подільського району була окупована німецькими та румунськими військами. Більшість територій України відійшла під управління спеціально створеного райхскомісаріату України (Reichskommissariat Ukraine) із центром у м. Рівне (керівник гауляйтер і оберпрезидент Е.Кох (Стратулат, 2011; Рендюк, 2011). Могилів-Подільський район був розділений на дві зони впливу: німецьку та румунську. Межею стала річка Лядова. На захід від неї – територія підконтрольна німецькому

генеральному округу Волинь-Поділля. Східніше – румунська зона окупації з тимчасовою румунською цивільною управою – губернаторством Трансністрією (центр Тирасполь – із 19 серпня до 17 жовтня 1941 року, Одеса – увесь інший окупаційний період). Територіальний устрій губернаторства «Трансністрія» складався із 13 жудців (дистриктів), що поділялися на 59 плас (районів). Могилевський жудць (часто означений дослідниками повітом), як територіально-адміністративна одиниця губернаторства простягалася від Дністра на півдні до Південного Бугу та річки Рів (правої притоки Пд. Бугу) – на півночі. Західною межею виступала р. Лядова, а східною – р. Мурафа (Нікульча, 1997). Адміністративно жудць

поділявся на вісім пласів (Могилівський, Яришівський, Шаргородський, Станіславчицький, Копайгородський, Болкхський, Краснянський і Жмеринський) та два міста із самоуправлінням – Могилів (центр жудця й місце перебування префекта) і Жмеринку. Могилівський жудць мав таку ж кількість територіальних одиниць як і Балтський, чим обидва вигідно виділялися на тлі інших. Цікаво, що у дисертаційному дослідженні Левченко Ю. І. чомусь посилається лише на шість пласів (Левченко, 2015). Зовсім не згадує Могилівський та Болкхський пласи, а також міста як території з особливим статусом. При цьому, карта, на яку посилається автор, свідчить про інше (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент карти «Трансністрія» (Левченко, 2015)

Німецька зона окупації нинішнього Могилів-Подільського району включала лише Яришівський район, який разом із Барським, Муровано-Куриловецьким і Ново Ушицьким формував Барський дебіт – один із складників генерального округу «Волинь-Поділля».

Структура управління адміністративно-територіальними одиницями мала певні особливості у залежності від окупаційної зони впливу.

Зокрема, німецьку систему цивільної адміністрації складали: рейхскомісаріат – генерал-комісаріати – гебітскомісаріати – районні управління – міські та сільські управи (Левченко, 2015). Натомість румунська система носила характер цивільно-військової адміністрації, а тому окрім цивільної структури (губернаторство – префектури – приторії – сільські та міські примарії) включала комендатури, які виконували

різноманітні охоронно-безпекові (військові, охоронні, поліцейні) функції.

У післявоєнний період на території Східноподільського Придністер'я відновлюється радянська територіально-адміністративна система. Зміни територіального характеру краю відбулися у 1962 році, коли у відповідь на указ «Про укрупнення сільських районів Української РСР» було здійснено об'єднання Чернівецького, Ямпільського та Могилів-Подільського районів в один – Могилів-Подільський. Незабаром, у січні 1965 року Ямпільський район відокремлюється і виокремлюється як самостійний район Вінницької області. Територія ж Чернівецького району залишається у складі Могилів-Подільського аж до його відновлення у листопаді 1990 року (Гудзевич, 2018).

Попередні 27 років Могилів-Подільський район не зазнавав якихось суттєвих організаційно-структурних змін. Незначні структурні зміни в адміністративно-територіальному поділі району сталися у результаті прийняття рішення Вінницькою обласною Радою народних депутатів від 12 листопада 1993 року стосовно утворення Бернашівської сільради з центром у селі Бернашівка, а також зняття з обліку с. Теклівка (Хоньковецька с/рада). Останній факт указує на загальні тенденції Вінницької області, яка за останні 16 років втратила 12 населених пунктів.

Проте, Могилівщини не торкнулися процеси декомунізації у частині змін назв населених пунктів, які випробувала Вінниччина, як і уся Україна у 2014–2016 рр. Проголосована Верховною Радою України 12 і 19 травня 2016 року друга частина постанови «Про перейменування окремих населених пунктів та районів» затвердила зміни назв 25 сільських населених пунктів на Вінниччині (Гудзевич, 2018). Перейменовані передусім пам'яткові назви на зразок Ворошилове, Кіровка, Ленінка, Чапаєвка та інші, які з'явилися на теренах Вінниччини у ХХ ст. Могилів-Подільський район, у числі ще 8 районів

Вінницької області, не зазнав подібних перейменувань своїх населених пунктів у недалекому минулому.

До липня 2020 року до складу Могилів-Подільського району входило 54 населених пункти, які були підпорядковані одній селищній та 27 сільським радам. Усі вони були підпорядковані Могилів-Подільській районній раді. Окрім того функціонувала Могилів-Подільська районна державна адміністрація, яка в межах своїх повноважень здійснювала виконавчу владу на території Могилів-Подільського району, а також реалізовувала повноваження, делеговані їй Могилів-Подільською районною радою.

На той час місто Могилів-Подільський було самостійною адміністративно-територіальною одиницею – міським населеним пунктом обласного підпорядкування, в межах якого громада здійснювала міське самоврядування і яка мала органи міського самоврядування, свою комунальну власність та свій місцевий бюджет. У складі міськради окрім міста були представлені два селища (Одая і Сонячне). Варто зауважити, що у Вінницькій області тоді лише Ладижин мав більше поселень (три селища) у своєму підпорядкуванні. Одночасно місто Могилів-Подільський виконувало функцію районного центру, але не входило до складу району. Міста обласного значення формально прирівнюються до районів, а тому є адміністративно-територіальними одиницями другого порядку в Україні.

Принциповим моментом в трансформації адміністративно-територіального устрою став проголошений державою курс на виконання положення п. 13 ст. 92 Конституції України (1997), що передбачає прийняття Закону України «Про адміністративно-територіальний устрій України» і розбудову системи місцевого самоврядування на основі європейських принципів самоврядування.



Зокрема у 2016 році Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України підготовлений проект Закону «Про засади адміністративно-територіального устрою України». Проект оприлюднено 02 вересня 2016 року на офіційному сайті Мінрегіону. За задумом розробників новий Закон мав унормувати порядок утворення, реєстрації, перетворення адміністративно-територіальних одиниць, а також населених пунктів.

Проте, лише 12 червня 2020 р. Кабінет міністрів під час позачергового засідання в означення фінального етапу децентралізації затвердив новий адміністративно-територіальний устрій України, а 17 липня Верховна Рада прийняла постанову №807-IX про утворення та ліквідацію районів. За цими рішеннями суттєве зменшення однієї із ключових ланок в управлінні територіями рівня області – районів. Замість нинішніх 490 районів уряд

затвердив 136 районів, з яких 17 – знаходяться на тимчасово окупованих Росією територіях Донбасу (сім) та Криму (десять).

На Вінниччині, з реалізацією Постанови Верховної Ради України від 17.07.2020 р. № 807-IX утворено 6 районів (Нові райони): Вінницький, Гайсинський, Жмеринський, Могилів-Подільський, Тульчинський, Хмільницький (рис. 3). Згідно з цією Постановою, межі районів встановлюються по зовнішній межі території сільських, селищних, міських територіальних громад, які входять до складу відповідного району. Території територіальних громад і їх адміністративні центри, в розрізі областей, затверджені розпорядженнями Кабінету Міністрів України від 12.06.2020 № 707-730, де розпорядження № 707-р визначає цей порядок для території Вінницької області.

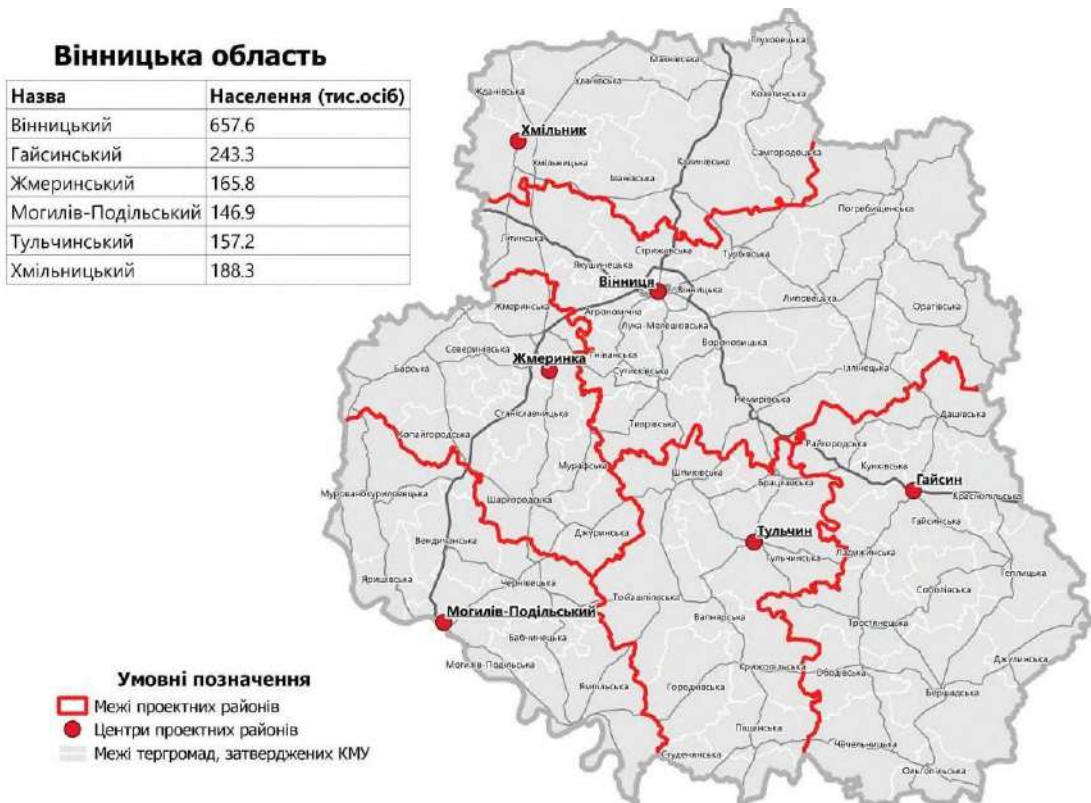


Рис. 3. Могилів-Подільський район у системі нового адміністративно-територіального устрою Вінницької області (Нові райони, 2022)

Таблиця 2

Територіальні громади Могилів-Подільського району

№ з/п	Назва територіальної громади	Площа, км <sup>2</sup>	Населення, осіб	Населені пункти (кількість)			
				місто	сміт	село	селище
1.	Могилів-Подільська міська громада	371, 0	43 159	1	-	20	5
2.	Ямпільська міська громада	788,8	37 816	1	-	37	
3.	Вендичанська селищна громада: 1 смт, 24 села.	436,31	14 093	-	1	24	
4.	Мурованокуриловецька громада: 1 смт, 43 села, 6 селищ	737,81	20 933	-	1	43	6
5.	Чернівецька селищна громада: 1 смт, 29 села.	426,33	15 883	-	1	29	-
6.	Бабчинецька сільська громада: 12 сіл, 1 селище	127,97	5 463	-	-	12	1
7.	Яришівська сільська громада: 13 сіл	250,8	6 904	-	-	13	-

Новоутворений, на основі нової зміни адміністративно-територіального устрою, Могилів-Подільський район охопив території колишніх Могилів-Подільського, Ямпільського, Чернівецького та Мурованокуриловецького районів Вінницької області. Його площа виросла до 3221,03 км<sup>2</sup> (Могилів-

Подільський район, 2020). До цього району увійшло сім територіальних громад (2 міських, 3 селищних та двох сільських; рис. 4, табл. 2 ) у складі 195 населених пунктів (2 міст, 3 селищ і 190 сіл та селищ). Чисельність населення становить 144 647 осіб та є найменшою у порівнянні з іншими районами Вінницької області.



Рис. 4. Територіальні громади Могилів-Подільського району Вінницької області (Могилів-Подільський район)

Варто зауважити, що згідно Перспективного плану Вінницької області в умовах Могилівщини було прагнення до створення чотирьох спроможних ОТГ: Могилів-Подільської (без міста Могилів-Подільський), Бронницької, Вендичанської, Яришівської. При цьому, до Вендичанської ОТГ мали відійти дев'ять населених пунктів Мурованокуриловецького району.

### **Обговорення**

Сучасна європейська держава Україна є спадкоємицею Київської княжої держави України-Руси. Упродовж свого тривалого й неоднозначного періоду формування державності, основним стержнем системи організації влади є форми безпосередньої демократії з чітко вираженими самоврядними рисами виборних органів – радами. Вони є відображенням, як суто національних, так і, європейських форм самоорганізації суспільного життя. Ради, як представницький орган влади, збережені нині на усіх рівнях адміністративно-територіального устрою місцевого й регіонального, субрегіонального рівнів (сільські, селищні міські, районні й обласні), а також є основою вищих державних органів влади – законодавчої (Верховна Рада України), виконавчої (Кабінет Міністрів України), судовської (Вища Рада правосуддя). Зокрема й на субрегіональному рівні. Вони є необхідним атрибутом системної організації та невід'ємним чинником стабільності політичного й адміністративно-територіального устрою держави та новоутворених районів. Принаймні на сьогодні, згідно діючої Конституції України (Гудзевич, Романюк, 2022). Звідси, чи варто про «радянськість» говорити, як про щось минуле?

Сьогодні реформа АТУ Могилівщини, як і загалом по Україні, відбувається в умовах неузгодження окремих норм Конституції України, Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» та

недосконалого законодавства щодо порядку вирішення питань адміністративно-територіального устрою. Звідси, – низка проблем. Так, відповідно до ст. 133 Конституції України «... систему адміністративно-територіального устрою України складають: Автономна Республіка Крим, області, райони, міста, райони в містах, селища і села» (Конституції України, 1997).

Отже, якщо слідувати визначенням Основним Законом України рівням, то селище є щось середнє між містом та селом, і в залежності від характеру зайнятості людей, які мешкають у них, може набувати відповідного видового означення (сільського чи міського типу). Залишаючись у якості родового поняття є скороченим варіантом відповідної аббревіатури («селище міського типу» (сmt) чи «селище сільського типу»). Досвід використання поняття зі статусом селища з поміж іншого визначається і кількістю мешканців. Зокрема чисельність мешканців селища міського типу варіює від двох до десяти тисяч осіб. Неврахування чисельності, при визначенні статусу поселень, призводить до того, що селищем (сільського типу) називаємо як малочисельний за людністю населений пункт (до 10 осіб) так і великий (більше двох тисяч). До прикладу, у складі міста та Могилів-Подільського району – шість селищ. П'ять з них – поселення від 84 осіб (селище Одая) до 203 осіб (селище Сонячне). І лише у Вендичанах – 3867 осіб.

Якщо навіть переконати себе, що селище – населений пункт, який менший за село, то й тоді можна зустріти досить дивні речі. Так, села Новомикільськ, Окіп, Підлісне і Вільне мають населення (станом на 05.07.2017) менше, ніж у найменшого селища, тобто 5, 8, 66 і 78 осіб, відповідно. І справжнім велетнем виглядає, у порівнянні з ними, село Серебря з населенням 1442 жителів.

Причиною усього є те, що донині у законодавстві чіткого розмежування населених місць типу сіл та селищ, на жаль, немає. Поки залишається чинним у частині, що не суперечить Конституції, Указ Президії Верховної Ради Української РСР від 12.03.81 «Про порядок вирішення питань адміністративно-територіального устрою Української РСР».

Суперечливі питання стосовно поняття «селище» мало би вирішити нове адміністративне законодавство, яке б реставрувало та узаконило проміжну та найменшу одиницю розселення – містечко та хутір. Віриться, що уже у найближчому майбутньому відповідні продумані позитивні зміни у використанні як цих, так і інших дискусійних географічних назв окремих категорій системи розселення (повіти, округи тощо) на Могилівщині, Вінниччині та й у всій державі таки відбудуться. До поки ж без змін до Конституції, як свідчить аналіз найновіших проєктів «Закону про внесення змін до Конституції України (щодо децентралізації влади)» від 2015 р., проєкт Закону «Про засади адміністративно-територіального устрою України» (2016 р.) та проєкту однойменного Закону України № 8051 від 22.02.2018 р., відповіді на поставлені виклики сьогодення законодавство не дає. Певні сподівання покладаються на Робочу групу з підготовки комплексних законодавчих пропозицій про внесення змін до Конституції України у частині децентралізації, яка була створена Верховною Радою України наприкінці 2021 року. Але на перешкоді, розпочатої нею роботи у січні 2022 р., стало повномасштабне вторгнення Російської Федерації на терени України.

### **Висновки**

Історія адміністративно-територіального устрою Східноподільського Придністер'я сягає глибин віків і нерозривно пов'язана із процесом розселення та традиціями

управління на теренах України. Вона пройшла довгий шлях від окремішності в числі перших керованих територіальних утворень – племінних державах, князівств (VIII–XIV ст.) стародавньої Русі (Київської Русі), Київського князівства, Волинської та Болохівської земель, Пониззя (пізніше Поділля), Галицько-Волинського князівства – до складових підрозділів воєводств Великого князівства Литовського, Польського королівства, Речі Посполитої, а також провінцій Турецької імперії й Румунської «Трансїстрії», губернії Російської імперії. Варто зауважити, що губернський управлінський період регіону дослідження (Могилівщини) у складі Подільської губернії розпочався з 1796 року і тривав до 1925 року (до 1917 р. – за часів Російської імперії; 1917–1920 рр. – УНР; 1920–1925 – УРСР). Варто зауважити, що за цей, більш ніж сторічний період стійкості адміністративно-територіальної одиниці (губернії), політико-правова сутність державного управління зазнавала кардинальних змін, що варто врахувати при реформуванні місцевого самоврядування.

Для історико-географічного процесу адміністративно-територіального устрою Східноподільського Придністер'я важливе значення має те, що він слугує віддзеркаленням формування як свідомого, керованого згори, так і еволюційного стихійного розвитку відносин місцевого самоврядування від низового рівня (громади) до національного, зокрема й збереження його у періоди перебування у складі інших держав.

Помітною є зміна конфігурації території Східноподільського Придністер'я у складі українських земель й окупованих частин інших держав, в узгодженні її з мезорівнем сьогоднішніх реалій – Могилів-Подільським районом, адміністративною одиницею й своєрідного підрозділу трьохступеневої національної територіальної структури

адміністративно-територіальних одиниць.

На тлі позитивних аспектів, які виражаються, передусім, у зміні чисельності чиновників райдержадміністрацій, через укрупнення району, очевидними стають рудименти минулого. Зокрема, застосування недосконалого законодавства щодо порядку вирішення питань адміністративно-

територіального устрою субрегіонального рівня відбувається в умовах неузгодження окремих норм Конституції України, Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні». Це зберігає дискусійність стосовно правомірності використання географічних назв окремих категорій системи розселення, зокрема селища, а тому потребує якнайшвидшого вирішення на мезо- й мінірівнях.

### Список використаних джерел

- Адміністративно-територіальний устрій Поділля. Історія і сучасність / В.М. Олуйко, П. Я. Слободнюк, М. І. Баюк, В. А. Смолій (ред.). Хмельницький, 2005. 376 с.
- Адміністративно-територіальний устрій України. Історія та сучасність / за загальною редакцією В.Г. Яцуби; Авт. кол.: Яцюк В.А. та ін. К: Поліграфцентр Українського ДАГП Мінекоресурсів України, 2001. 269 с.
- Адміністративно-територіальний устрій України. Історія. Сучасність. Перспективи: монографія / В. С. Куйбіда та ін.; заг. ред. О. В. Турчинов; Секретаріат Кабінету Міністрів України. Київ:Геопринт, 2009. 615 с.
- Бедрій Р. Б. Конституційно-правове забезпечення реформування адміністративно-територіального устрою України. *Актуальні проблеми держави і права: зб. наук. пр.* Одеса: Гельветика, Вип. 86. 2020. С. 12-20.
- Безсмертний Р. Основні засади адміністративно-територіальної реформи в Україні [Електронний ресурс]. URL: <http://www.adm.dp.ua/OBLADM/Obldp.nsf/b19e47826f35603ec2256f29003c32ff/60e3a21fd141cd61c22571aa0027dbeb> (дата звернення 12.06.2022)
- Верменич Я. В. Могилівська округа. Енциклопедія історії України: у 10-ти т. Т. 7: Мі-О / Редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін.; НАН України. Інститут історії України. К.: В-во «Наукова думка», 2010. С. 15-16.
- Верменич Я. В., Андрощук О. В. Зміни адміністративно-територіального устрою України ХХ-ХХІ ст.: монографія / Ін-т історії НАН України, Від. іст. регіоналістики. Київ: Ін-т історії України НАНУ, 2014. 181 с.
- Гудзевич А.В. Просторово-часова організація сучасних ландшафтів: теорія і практика [монографія]. Вінниця: Віндрук, 2012. 342 с.
- Гудзевич А.В., Любченко В.Є., Война І.М. Вінниччина: цифри та факти: навчальний посібник. Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2018. 320 с.
- Гудзевич А.В., Романюк І.М. Завуальована дійсність, або чи є Радянська влада в Україні? *Collective monograph: Central Eastern Europe under 1989–2022 socio-economic, political, and cultural-educational transformations : Scientific monograph.* Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. С. 115-150. doi: 10.30525/978-9934-26-211-1-6
- Данилишин Б.М., Пилипів В.В. Децентралізація у країнах ЄС: уроки для України. *Регіональна економіка*, 2016. № 1. С. 5-11.
- Дністрянський М. Адміністративно-територіальний устрій України: політико-географічні проблеми функціонування та можливості оптимізації. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Географічні науки.* 2013. № 6. С. 138–143.
- Закон України «Про засади адміністративно-територіального устрою України» (проект) [Електронний ресурс]. URL: [https://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/NT2638.html](https://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT2638.html) (дата звернення 20.06.2022).
- Конституція України : Прийнята на 5-ій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. К.: Преса України, 1997. 80 с.

Левченко Ю.І. Особливості реалізації політики окупаційної влади в адміністративно-територіальних одиницях України: дис. канд. наук з історії України: 07.00.01. К., 2015. 319 с.

Матвієнко А. С. Політико-правові засади територіальної організації держави: світовий досвід і Україна: монографія. К.: Ін-т держави і права ім. В. М. Корецького НАН України, 2015. 376 с.

Могилів-Подільський район 2020 року [Електронний ресурс]. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:> (дата звернення 25.07.2022)

Могилівський повіт (2021). [Електронний ресурс]. URL: [https://www.pslava.info/PodilljaGubernija\\_MogylivPovit,339391.html](https://www.pslava.info/PodilljaGubernija_MogylivPovit,339391.html) (дата звернення 18.07.2022)

Никульча И. Я. Румынский оккупационный режим в Транснистрии. *Записки історичного факультету Одеського державного університету ім. І. І. Мечникова*. Одеса, 1997. Вип. 5. С. 182-187.

Нові райони: карти + склад (2020). [Електронний ресурс]. URL: <https://decentralization.gov.ua/news/12639> (дата звернення 25.07.2022)

Про засади адміністративно-територіального устрою України: проект Закону України (нова редакція) від 01.03. 2016. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.csi.org.ua/activity/proekt-zakonu-ukrayiny-pro-zasady-administrativno-terytorialnogo-ustroyu-nova-redaktsiya/> (дата звернення 20.06.2022)

Рендюк Т. Румунська окупація території України у 1941–1944 роках (за новітніми румунськими джерелами). *Сторінки воєнної історії України*: зб. наук. ст. 2011. Вип. 14. С. 193-202.

Роговенко О.В. Етнокультурна спадщина регіонів України в питанні адміністративно-територіального поділу. *Південноукраїнський правничий часопис*. 2020. №2. С.14-19. DOI <https://doi.org/10.32850/sulj.2020.2.3>

Сіцінський Ю. Поділя над владою Литви / Упорядники Ващук Д., Мошак М.: монографія. Кам'янець-Подільський, 2009. 160 с.

Слабенко-Ванжула В. Історичне підґрунтя адміністративно-територіального поділу в Україні. *Актуальні проблеми державного управління* : зб. наук. пр. Одес. регіон. Ін-ту держ. упр. 2009. № 2. С. 37-42.

Стогова О.В. Адміністративно-територіальний устрій в Україні: основні етапи становлення та їхні характеристики. *Сучасне суспільство*. 2019. Вип. 1. С. 221-232.

Стогова О.В. Вплив децентралізації публічної влади на ставлення громадян до Європейського Союзу. *Юридичний вісник*. 2021. № 4. С.156-163. <https://doi.org/10.32837/uv.v0i4.2228>.

Стратулат Н.В. Православная Церковь в Приднестровье в период немецко-румынской военной оккупации. 1941-1944 гг.: В 2-х ч. Часть I. *Труды Перервинской православной духовной семинарии*. М., 2011. № 2. С. 57-72.

Територія колишньої Подільської губернії, фрагмент мапи Української соц. рад. республіки, адміністративний поділ від 1 березня 1927. Адміністративна карта Української Соціалістичної Радянської Республіки : терит. поділ при трьохступеневій системі врядування; адм. межі – на 1-ше берез. 1927 р. / Картогр. ч. Наркомвнусправ УСРР, Держ. Вид-во України. 1:1 250 000 ; [та ін.]. – М.: Типо-Литограф. В. Т. У. ім. тов. Дунаєва, [1927]. 2 к. (1 арк.).

Шабельников В. І. Реформування адміністративно-територіального устрою України в 1917–1940. Донецьк: Вид-во Донецького національного ун-ту, 2006. 108 с.

Hudzevych A. V., Nikitchenko L. O., Hudzevych L. S., Bronnikova L. F. et. al. Approaches to organize the econetwork of the Transnistria region in the conditions of urban landscape. *Journal of Geology Geography And Geoecology*, 2021. 30 (3). С. 449-459. <https://doi.org/10.15421/112141>

Kubijovyc V. Ukraine: A Concise Encyclopaedia. Toronto: Published by Ukrainian National Association, 1963. 1185 p.

Hudzevich A.V., Liubchenko V. Ye., Bronnikova L. F., Hudzevich L. S. Landscape approach to take into account regional features organization of environmental management of the protected area. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. Vol. 52. 2020. P. 119-129. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-09>

Panchishin R. I. Формування об'єднаної територіальної громади як інституту громадянського суспільства: європейський досвід для України. Challenges and prospects for the development of legal systems in Ukraine and EU countries: comparative analysis: Collective monograph. Riga: Izdevniecība "Baltija Publishing", 2021. P. 42-57. <https://doi.org/10.30525/978-9934-571-83-1-20>

Schuryk M. Роль соціального капіталу в умовах формування об'єднаних сільських територіальних громад (ОСТГ). *PROBLEMS AND PROSPECTS OF ECONOMIC AND MANAGEMENT*. 2018. 3(15). P. 103–111. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3\(15\)-103-111](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3(15)-103-111)

### References (translated & transliterated)

Bedrii, R. B. (2020). Konstytutsiino-pravove zabezpechennia reformuvannia administratyvno-terytorialnoho ustroiu Ukrainy [Constitutional and legal support for reforming the administrative and territorial system of Ukraine]. *Aktualni problemy derzhavy i prava* : zb. nauk. pr. Vyp. 86, 12-20. Odesa: Helvetyka. [in Ukrainian].

Bezsmertnyi, R. Osnovni zasady administratyvno-terytorialnoi reformy v Ukraini [Basic principles of administrative and territorial reform in Ukraine]. [Electronic resource] URL:

<http://www.adm.dp.ua/OBLADM/Obldp.nsf/b19e47826f35603ec2256f29003c32ff/60e3a21fd141cd61c22571aa0027dbeb> (Access date 12.06.2022) [in Ukrainian].

Danylyshyn, B.M., Pylypiv, V.V. (2016). Detsentralizatsiia u krainakh YeS: uroky dlia Ukrainy [Decentralization in EU countries: lessons for Ukraine]. *Rehionalna ekonomika*, 1, 5-11 [in Ukrainian].

Dnistrianskyi, M. (2013). Administratyvno-terytorialnyi ustroi Ukrainy: polityko-heohrafichni problemy funktsionuvannia ta mozhlyvosti optymizatsii [The administrative-territorial system of Ukraine: political-geographical problems of functioning and opportunities for optimization]. *Naukovyi visnyk Shkhidnoieuropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Heohrafichni nauky*, 6, 138-143 [in Ukrainian].

Hudzevych, A.V., Liubchenko, V. Ye, Voina, I.M. (2018). Vinnychchyna: tsyfry ta fakty [Vinnytsia region: figures and facts]. Vinnytsia: PP Baliuk I.B. [in Ukrainian].

Hudzevych, A. V., Liubchenko, V. Ye., Bronnikova, L. F. et al (2020). Landscape approach to take into account regional features organization of environmental management of the protected area. *Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. Vol. 52. 119-129. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-09> [in English].

Hudzevych, A. V., Nikitchenko, L. O., Hudzevych, L. S. et al (2021). Approaches to organize the econetwork of the Transnistria region in the conditions of urban landscape. *Journal of Geology Geography And Geoecology*, 2021. 30 (3). C. 449-459. <https://doi.org/10.15421/112141> [in English].

Hudzevych, A.V. (2012). Prostorovo-chasova orhanizatsiia suchasnykh landshaftiv: teoriia i praktyka [Spatial-temporal organization of modern landscapes: theory and practice]. Vinnytsia: Vindruk [in Ukrainian].

Hudzevych, A.V., Romaniuk, I.M. (2022). Zavualovana diisnist, abo chy ye Radianska vlada v Ukraini? [Veiled reality, or is there Soviet power in Ukraine?]. Kollektive monograph: Central Eastern Europe under 1989–2022 socio-economic, political, and cultural-educational transformations : Scientific monograph. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 115-150. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-211-1-6> [in Ukrainian].

Konstytutsiia Ukrainy (2006). [Constitution of Ukraine]. Kyiv: Min-vo Yustytzii Ukrainy [in Ukrainian].

Kubijovyc, V. (1963). Ukraine: A Concise Encyclopaedia. Toronto: Published by Ukrainian National Association. 1185 p. [in English].

Kuibida, V. S. et al. (2009). Administratyvno-terytorialnyi ustrii Ukrainy. Istoriia. Suchasnist. Perspektyvy [Administrative and territorial system of Ukraine. History. Modernity. Prospects]. Kyiv. [in Ukrainian].

Levchenko, Yu.I. (2015). Osoblyvosti realizatsii polityky okupatsiinoi vlady v administratyvno-terytorialnykh odyntsiakh Ukrainy [Peculiarities of the implementation of the policy of the occupation authorities in the administrative-territorial units of Ukraine]: PhD thesis abstract. Kyiv (in Ukrainian).

Matviienko, A. S. (2015). Polityko-pravovi zasady terytorialnoi orhanizatsii derzhavy: svitovy dosvid i Ukraina [Political and legal foundations of the territorial organization of the state: world experience and Ukraine]. Kyiv: In-t derzhavy i prava im. V. M. Koretskoho NAN Ukrainy (in Ukrainian).

Mohyliv-Podilskyi raion 2020 roku (2020) [Mogilev-Podilskyi district in 2020]. [Electronic resource] URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:> (Access date 25.07.2022) (in Ukrainian).

Mohylivskyi povit (2021) [Mogilev district]. [Electronic resource]. URL: [https://www.pslava.info/PodilljaGubernija\\_MogyliivPovit,339391.html](https://www.pslava.info/PodilljaGubernija_MogyliivPovit,339391.html) (Access date 18.07.2022) (in Ukrainian).

Novi raiony: karty + sklad (2020). [New areas: maps + warehouse]. [Electronic resource] URL: <https://decentralization.gov.ua/news/12639> (Access date 25.07.2022) (in Ukrainian).

Nykulcha, Y. Ya. (1997). Rummynskiy okkupatsionnyy rezhim v Transnistrii [Romanian occupation regime in Transnistria]. *Zapysky istorychnoho fakultetu Odeskoho derzhavnogo universytetu im. I. I. Mechnykova*. Odesa, 1997. Vyp. 5, 182-187 (in Russian).

Oluiko, V.M., Slobodniuk, P. Ya., Baiuk, M. I., Smolii V. A. (2005). Administratyvno-terytorialnyi ustrii Podillia. Istoriia i suchasnist [Administrative and territorial organization of Podillia. History and modernity]. Khmelnytskyi [in Ukrainian].

Panchishin, R. I. (2021). Formuvannia obiednanoi terytorialnoi hromady yak instytutu hromadianskoho suspilstva: yevropeyskyi dosvid dlia Ukrainy [Formation of a united territorial community as an institution of civil society: European experience for Ukraine]. Challenges and prospects for the development of legal systems in Ukraine and EU countries: comparative analysis: Collective monograph. Riga : Izdevniecība "Baltija Publishing". 42-57. <https://doi:10.30525/978-9934-571-83-1-20> [in Ukrainian].

Pro zasady administratyvno-terytorialnogo ustroiu Ukrainy: proekt Zakonu Ukrainy № 8051. (2018, February 22). [On the principles of the administrative and territorial system of Ukraine: the draft Law of Ukraine] [Electronic resource] URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=63508](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=63508) [Access date 17.05 2022] (in Ukrainian).

Pro zasady administratyvno-terytorialnogo ustroiu Ukrainy»: proekt Zakonu Ukrainy (nova redaktsiia). (2016, March 1) [On the principles of the administrative and territorial system of Ukraine": the draft Law of Ukraine (new edition)]. [Electronic resource] URL: <https://www.csi.org.ua/activity/proekt-zakonu-ukrayiny-pro-zasady-administratyvno-terytorialnogo-ustroyu-nova-redaktsiya/> (Access date 20.06.2022) [in Ukrainian].

Rendiuk, T. Rumunaska okupatsiia terytorii Ukrainy u 1941–1944 rokakh (za novitnimy rumunskymy dzherelamy). (2011) [The Romanian occupation of the territory of Ukraine in 1941–1944 (according to the latest Romanian sources)]. *Storinky voiennoi istorii Ukrainy: Zb. nauk. prats*. Vyp. 14, 193-202 (in Ukrainian).

Rohovenko, O.V. (2020). Etnokulturna spadshchyna rehioniv Ukrainy v pytanni administratyvno-terytorialnogo podilu [Ethnocultural heritage of the regions of Ukraine



in the matter of administrative-territorial division]. *Pivdenoukrainskyi pravnychi chasopys*. №2, 14-19.: [https://doi: 10.32850/sulj.2020.2.3](https://doi.org/10.32850/sulj.2020.2.3) (in Ukrainian).

Schuryk M. (2018) Rol sotsialnoho kapitalu v umovakh formuvannia obiednanykh silskykh terytorialnykh hromad (OSTH) [The role of social capital in the formation of United Rural Territorial Communities (UTCs)]. *Problems and prospects of economic and management*. 3(15). 103-11. [https://doi: 10.25140/2411-5215-2018-3\(15\)](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2018-3(15)) [in Ukrainian].

Shabelnykov, V. I. (2006). Reformuvannia administratyvno-terytorialnoho ustroiu Ukrainy v 1917–1940 [Reforming the administrative and territorial system of Ukraine in 1917–1940]. Donetsk: Vyd-vo Donetskoho natsionalnoho un-tu (in Ukrainian).

Sitsinskyi, Yu. (2009). Podillia nad vladoiu Lytvy [Podillia under the Lithuanian Rule]. Kamianets-Podilskyi (in Ukrainian).

Slabenko-Vanzhula, V. (2009). Istorychne pidgruntia administratyvno-terytorialnoho podilu v Ukraini [The historical background of the administrative-territorial division in Ukraine]. *Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia: zb. nauk. pr. Odes. rehion. In-tu derzh. upr.*, 2, 37-42 (in Ukrainian).

Stohova, O.V. (2019). Administratyvno-terytorialnyi ustroi v Ukraini: osnovni etapy stanovlennia ta yikhni kharakterystyky [Administrative and territorial system in Ukraine: the main stages of formation and their characteristics]. *Suchasne suspilstvo*, Vyp. 1, 221-232 (in Ukrainian).

Stohova, O.V. (2021). Vplyv detsentralizatsii publichnoi vlady na stavlennia hromadian do Yevropeiskoho Soiuzu [The impact of decentralization of public power on the attitude of citizens towards the European Union]. *Yurydychnyi visnyk*, 4, 156-163. [https://doi:10.32837/yuv.v0i4.2228](https://doi.org/10.32837/yuv.v0i4.2228) (in Ukrainian).

Stratulat, N.V. (2011). Pravoslavnaia Tserkov v Prydnestrove v peryod nemetsko-rumynskoi voennoi okkupatsyy. 1941-1944 hh. [The Orthodox Church in Transnistria during the German-Romanian military occupation. 1941-1944]. V 2-kh ch. Chast I. *Trudy Perervynskoi pravoslavnoi dukhovnoi semynaryu*. Moskva, 2, 57-72 (in Russian).

Terytoriia kolyshnoi Podilskoi hubernii, frahment mapy Ukrainiskoi sots. rad. respubliky, administratyvnyi podil vid 1 bereznia 1927 (1927). [The territory of the former Podilsk province, fragment of the map of the Ukrainian social. council republic, administrative division from March 1, 1927]. Administratyvna karta Ukrainiskoi Sotsialistychnoi Radianskoi Respubliky : teryt. podil pry trokhstupenevii systemi vriaduvannia; adm. mezhi – na 1-she berez. 1927 r. M.: Typo-Lytohr. V. T. U. im. tov. Dunaeva (in Ukrainian).

Vermenych, Ya. V. (2010). Mohylivska okruha [Mogilev District]. *Entsyklopediia istorii Ukrainy: u 10-ty t. T. 7: Mi-O* (pp.15-16). K.: V-vo «Naukova dumka» [in Ukrainian].

Vermenych, Ya. V., Androshchuk, O. V. (2014). Zminy administratyvno-terytorialnoho ustroiu Ukrainy KhKh-KhKhI st. [Changes in the administrative and territorial system of Ukraine in the 20th-21st centuries.]. Kyiv: In-t istorii Ukrainy NANU [in Ukrainian].

Yatsuby, V.H., Yatsiuk, V.A., Matviishyn, O.Ia et al. (2001). Administratyvno-terytorialnyi ustroi Ukrainy. Istoriia ta suchasnist [Administrative and territorial system of Ukraine. History and modernity]. K: Polihraftsentr Ukrainskoho DAHP Minekoresursiv Ukrainy [in Ukrainian].

Отримано: 1 серпня 2022  
Прийнято: 11 вересня 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

УДК: 911.52:712.3(4-191.2)-024  
DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.89-108

## СТРУКТУРА САДОВО-ПАРКОВИХ ЛАНДШАФТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЄВРОПИ

І.В. Кравцова<sup>1</sup>

Однією із важливих властивостей ландшафтів різної генези та рівнів організації є структурність. Структура ландшафту визначає його фізіономічну організованість, форму, просторові риси та особливості будови. Садово-паркові ландшафти є прикладами конструктивного планування території, культурного або «м'якого» використання природних умов і ресурсів, організації суцільної взаємодії людини та природи. Тому дослідження структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи є актуальною науковою проблемою. Мета статті: дослідити структурність садово-паркових ландшафтів Центральної Європи. Дослідження структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи ґрунтуються на принципі природно-антропогенного сумісництва. Використані загальнонаукові та конкретнонаукові методи дослідження, а саме: на основі експедиційних методів побудовані карти ландшафтної структури садово-паркових ландшафтів території дослідження. Моделі просторової структури побудовані у програмі Corel Draw на основі оцифрованої поверхні планети Земля у програмі Google Earth, вертикальні профілі рельєфу садово-паркових ландшафтів виконані з допомогою інструментів Google Earth Pro. Дослідження добового стану садово-паркових ландшафтів проводилися за загальноприйнятою методикою виконання мікрокліматичних спостережень. У статті представлені карти ландшафтної структури таких садово-паркових ландшафтів: Печерський парк (с. Печера, Тульчинський р-н, Вінницька обл., Україна), Сокілецький парк (с. Сокілець, Вінницький р-н, Вінницька обл., Україна), парк Аркадія (с. Неборув, Лодзинське воеводство, Польща); просторові конфігурації об'єктів дослідження. Побудовані вертикальні профілі рельєфу. Часова структура зміни станів садово-паркових ландшафтів території дослідження вивчена на прикладі садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл., Україна).

**Ключові слова:** раціональне природокористування, конструктивна географія, антропогенне ландшафтознавство, Центральна Європа, структурність, садово-парковий ландшафт.

## THE STRUCTURE OF LANDSCAPE GARDENING LANDSCAPES IN CENTRAL EUROPE

I. V. Kravtsova

Structurality is one of the important peculiarities of landscapes of different genesis and levels of organization. The structure of the landscape determines its physiognomic organization, shape, spatial and structural features. Garden and park landscapes are examples of constructive territory

<sup>1</sup> кандидат географічних наук, доцент,  
доцент кафедри географії та методики її навчання  
(Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини)  
e-mail: irinakravzova@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-3431-473X

planning, cultural or «soft» use of natural conditions and resources, organization of supplementary interaction between man and nature. Therefore, the study of the structure of garden and park landscapes of Central Europe is an actual scientific problem. The aim of the article: to research the structure of garden and park landscapes of Central Europe. Studies of the structure of garden and park landscapes of Central Europe have been based on the principle of natural-anthropogenic coexistence. General scientific and specific scientific research methods have been used, namely: on the basis of expeditionary methods maps of the landscape structure of garden and park landscapes of the study area have been constructed. Spatial structure models have been built in the Corel Draw program based on the digitized surface of the planet Earth in the Google Earth program, vertical profiles of the relief of garden and park landscapes have been done with the help of Google Earth Pro tools. Studies of the daily state of garden and park landscapes have been carried out according to the generally accepted method of performing microclimatic observations. The article presents maps of the landscape structure and spatial configurations of the following garden and park landscapes: Pechersky Park (Pechera village, Tulchynsky District, Vinnytsia Oblast, Ukraine), Sokilets Park (Sokilets Village, Vinnytsia District, Vinnytsia Oblast, Ukraine), park Arcadia (Nieborow, Lod Voivodeship, Poland). Vertical relief profiles have been constructed. The temporal structure of changes in the state of garden and park landscapes in the research area have been studied using the example of the garden and park landscape of the Sofiivka National Dendrological Park of the National Academy of Sciences of Ukraine (Uman, Cherkasy Oblast, Ukraine).

**Key words:** rational nature use, constructive geography, anthropogenic landscape science, Central Europe, structure, garden and park landscape.

### **Вступ**

Однією із важливих властивостей ландшафтів різної генези та рівнів організації є структурність. Ландшафт варто розуміти як поєднання в певному порядку й послідовності географічних компонентів і елементів, що пов'язані між собою горизонтальними та вертикальними потоками речовини й енергії. Структура ландшафту визначає його фізіономічну організованість, форму, просторові риси та особливості будови. Водночас, структурність обумовлена простором, який цей ландшафт займає. Серед численної кількості антропогенних ландшафтів особливими є садово-паркові ландшафти. Ці ландшафтні комплекси є провісниками ноосфери; прикладом раціональної взаємодії людини і природи. Сьогодні варто звернути особливу увагу на організацію садово-паркових ландшафтів, які були закладені у XVII–XVIII століттях. Ці антропогенні ландшафтні комплекси є прикладами конструктивного планування території, що виконують як духовні, так і утилітарні функції; так званого культурного або «м'якого»

використання природних умов і ресурсів, організації суплетивної взаємодії людини та природи. Тому дослідження структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи є актуальною науковою проблемою.

Метою статті є з'ясування структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи.

### **Матеріал та методи**

Дослідження структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи ґрунтуються на принципі природно-антропогенного сумісництва, який розкритий у працях Г.І. Денисика (2012), Ф.М. Мількова. Автори зазначають, що «... пізнати лише антропогенні ландшафти недостатньо. Обов'язковим є дослідження антропогенного ландшафту як одного із складових взаємодіючої парагенетичної системи» (Смаль, 2013). Антропогенні ландшафти формуються і функціонують у конкретних природних умовах і тісному взаємозв'язку з існуючими ландшафтами. Тому при їх дослідженні важливо враховувати як

природні, так і соціально-економічні умови регіону.

З метою дослідження структури садово-паркових ландшафтів Центральної Європи були використані як загальнонаукові, так і конкретнонаукові методи дослідження. На основі експедиційних методів побудовані карти ландшафтно-структури садово-паркових ландшафтів території дослідження. Моделі просторової структури побудовані у програмі *Corel Draw* на основі оцифрованої поверхні планети Земля у програмі *Google Earth*, вертикальні профілі рельєфу садово-паркових ландшафтів виконані з допомогою інструментів *Google Earth Pro*. Дослідження добового стану садово-паркових ландшафтів проводилися за загальноприйнятою методикою виконання мікрокліматичних спостережень. Спостереження проводилися за температурою повітря за допомогою аспіраційного психрометра, за швидкістю вітру – анемометра чашкового і за станом неба. Прилади повірені із приладами, що використовуються на реперній метеостанції «Умань» (м. Умань, Черкаська обл., Україна). Натурна ділянка – садово-парковий ландшафт Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл., Україна), в межах якого взаємодіють різні горизонтальні та вертикальні діяльні поверхні, що обумовлюють формування своєрідного діяльного шару: поля, лісового масиву, водних поверхонь, поверхонь, вкритих асфальтом, традиційної забудови висотою 3-5 поверхів, сучасної забудови висотою 9 поверхів тощо. Отримані значення метеорологічних показників показують зміну добового стану цього садово-паркового ландшафту. Взаємодія атмосфери з підстильною поверхнею, в основному, проявляються у нижньому шарі атмосфери, тому режим

метеорологічних елементів завжди має деякі особливості, що швидко змінюються від місця до місця.

### **Результати та обговорення**

Дослідження садово-паркових ландшафтів Центральної Європи показали, що ці антропогенні ландшафтні комплекси складаються із множини природних і антропогенних елементів, які визначають їхню конфігурацію, форму та фізіономічність, а також мозаїчну структуру, яка постійно змінюється як під впливом зовнішніх чинників (переважаючим фактором трансформації є людина), а також ритмів та циклів функціонування ландшафтно-оболонки Землі.

Варто зазначити, що у словнику іншомовних слів дається така етимологія та трактування поняття «структура» – це слово латинського походження (*structura* – побудова, розміщення); це внутрішня будова чогось, певний взаємозв'язок складових частин цілого (Мельничук, 1977). У тлумачному словнику *Merriam-Webster* структура розуміється як те, що організовано за певною схемою (*something arranged in a definite pattern of organization*); порядок розміщення частин у субстанції чи тілі (*the arrangement of particles or parts in a substance or body*); організація частин визначена загальним характером цілого (*organization of parts as dominated by the general character of the whole*); узгоджена форма чи організація (*coherent form or organization*); сукупність елементів у взаємозв'язках між ними (*the aggregate of elements of an entity in their relationships to each other*).

Структурність не лише садово-паркових ландшафтів Центральної Європи, але власне різних груп та класів антропогенних ландшафтів визначається двома категоріями: простором і часом (рис. 1).

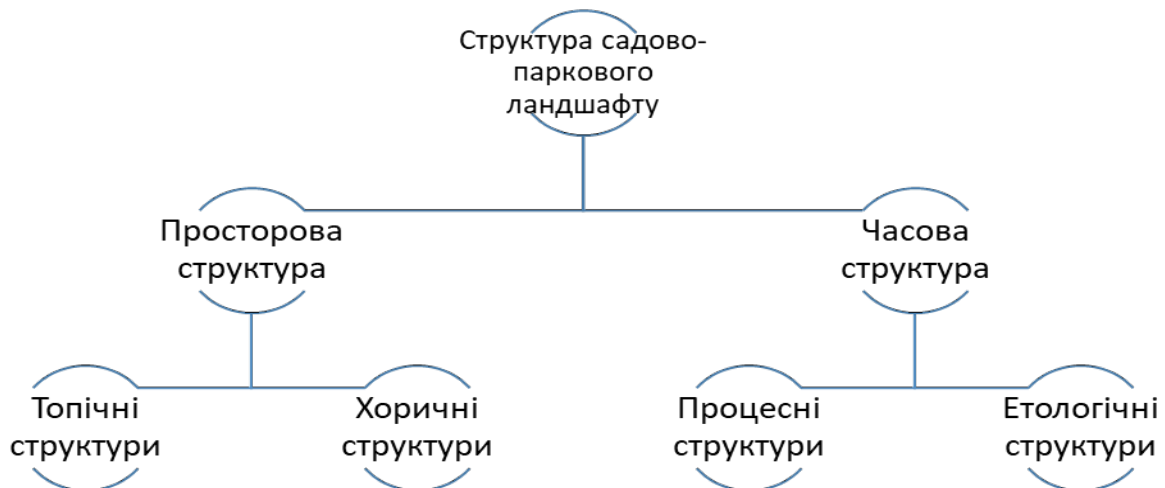


Рис. 1. Види структур садово-паркових ландшафтів території дослідження

Відповідно до принципу природно-антропогенного сумісництва просторова структура садово-паркових ландшафтів території дослідження визначається сукупністю натуральних і антропогенних урочищ та типів місцевостей. Антропогенна просторова структура рівнинних садово-паркових ландшафтів Центральної Європи сформована сукупністю відповідних урочищ, які об'єднуються в межах руслового, заплавного, надзаплавно-терасового, схилового та вододільного типів місцевостей. Ці елементи ландшафтної структури мають різний ступінь антропогенної трансформації. Варто зазначити, що істотних змін зазнають найнижчі гіпсометричні рівні поверхні: це русловий і заплавний типи місцевостей. При організації садово-паркових ландшафтів натуральні урочища руслового типу місцевостей перебудовуються: створюються каскади ставків, будуються хвилерізи, купальні, канали, водоспади, організуються складні ландшафтно-технічні системи дамб та шлюзів, насипаються острови. Як результат, маємо антропогенне збільшення площ водного дзеркала в межах відповідних територій (змінюється співвідношення діяльних поверхонь), трансформацію ландшафтної структури річища, зміни форм та розмірів заплавного типу місцевостей тощо. При організації садово-паркових ландшафтів у межах

Дністерсько-Дніпровського лісостепового краю, Західно-Українського краю зони широколистяних лісів України урочища схилового типу місцевостей терасуються (наприклад, тераса Муз, тераса Бель В'ю (садово-парковий ландшафт Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України, м. Умань, Черкаська обл., Україна). У межах урочищ вододільного типів місцевостей будуються палацово-паркові комплекси (садово-парковий ландшафт Печерського парку (с. Печера, Тульчинський р-н, Вінницька обл., Україна), садово-парковий ландшафт «Хороше» (м. Тульчин, Вінницька обл., Україна), садово-парковий ландшафт Синицького парку (с. Синиця, Уманський р-н, Черкаська обл., Україна), садово-парковий ландшафт Міловідових (с. Потапці, Канівський р-н, Черкаська обл., Україна). На рисунках показана сучасна просторова ландшафтна структура деяких садово-паркових ландшафтів Центральної Європи, а саме: садово-паркового ландшафту Печерського парку (с. Печера, Тульчинський р-н, Вінницька обл., Україна) (рис. 2), садово-паркового ландшафту Сокілецького парку (с. Сокілець, Вінницький р-н, Вінницька обл., Україна) (рис. 3), садово-паркового ландшафту парку Аркадія (с. Небуров, Лодзинське воєводство, Польща) (рис. 4).

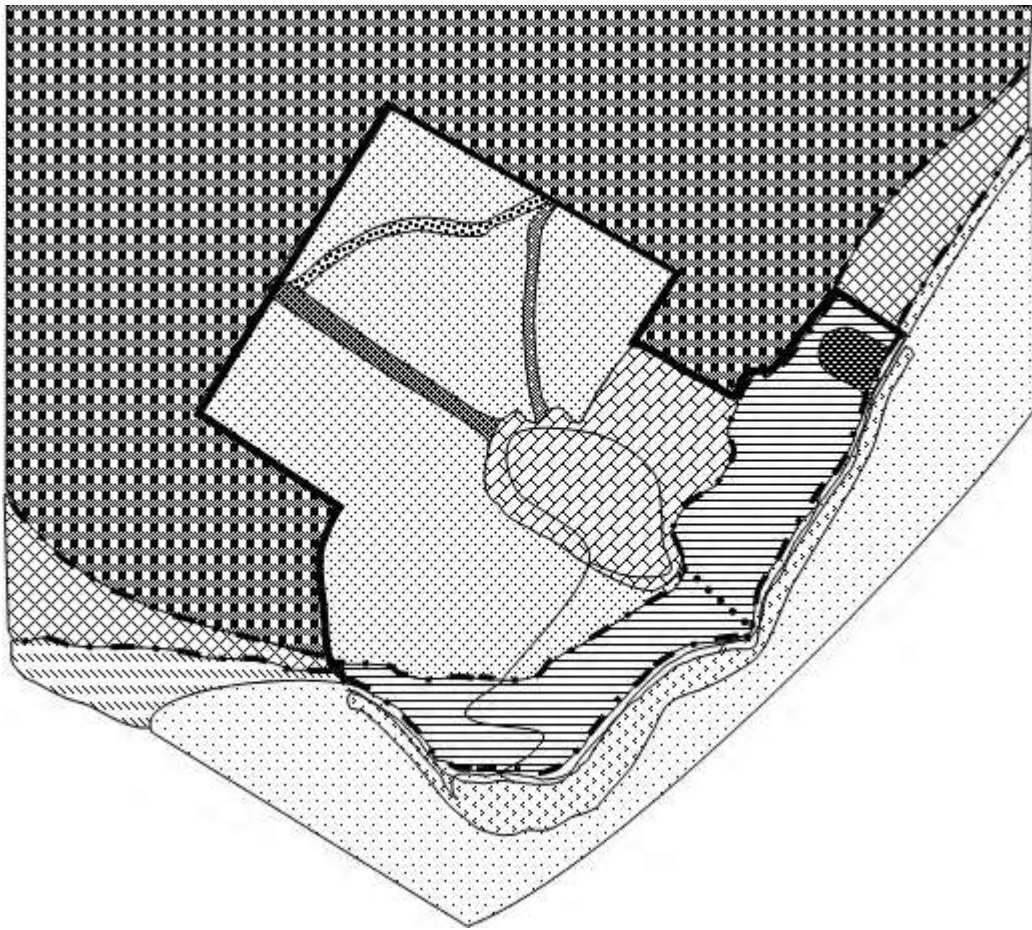





Рис. 2. Сучасна ландшафтна структура Печерського парку  
(с. Печера, Тульчинський р-н, Вінницька обл.)  
Масштаб: 1: 5000

Умовні позначення:




**Руслово-заплавний тип місцевостей. Урочища:**

 – русло річки Південний Буг шириною 60–70 м, середньою глибиною 1,5–2 м з мулистим дном, заповнене гранітними валунами;












 – слабо хвиляста поверхня ( $2^0$ ), складена давніми алювіальними відкладами, вкрита сірими опідзоленими супіщаними ґрунтами з насадженнями з тополі білої, вільхи чорної, ясену звичайного, клену татарського;

 – слабо хвиляста поверхня ( $2^0$ ), складена давніми алювіальними відкладами під лучною рослинністю.

**Схилловий тип місцевостей. Урочища:**

-  – урвистий схил ( $88^{\circ}$ ), складений гранітними брилами, з темно-сірими опідзоленими пілувато-середньосуглинковими ґрунтами під ясенєво-кленово-липовими насадженнями;
-  – балка, з крутими схилами ( $75^{\circ}$ – $80^{\circ}$ ), з гранітними брилами, вкрита темно-сірими опідзоленими пілувато-середньосуглинковими ґрунтами під ясенєво-кленово-липовими насадженнями;
-  – урвистий гранітний схил ( $75^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ), вкритий темно-сірими опідзоленими крупнопілувато-середньосуглинковими ґрунтами, зайнятий малоповерховою сільською забудовою.

**Вододільний тип місцевостей. Урочища:**

-  – вирівняна лесова поверхня, зайнята малоповерховою забудовою та квітниками партерного типу;
-  – слабо хвиляста лесова поверхня ( $1^{\circ}$ ), вкрита темно-сірими опідзоленими ґрунтами під парковими насадженнями (каштан кінський, ясен звичайний, береза бородавчаста, липа сердцелиста, клен гостролистий, ялина звичайна, модрина європейська, катальпа чудова тощо);
-  – вододільний тип місцевостей, де переважають урочища слабо хвилястих лесових поверхонь, вкритих культурними ґрунтами, під малоповерховою сільською забудовою;
-  – липова алея парку, доповнена насадженнями з ялини звичайної та ясену, шириною до 3 м, вкрита плиткою;
-  – каштанова алея, шириною до 4 м, заасфальтована;
-  – грабова алея, шириною до 3 м, вкрита бруківкою.
-  – ґрунтові доріжки шириною від 1 м до 3 м;
-  – муровані сходи;
-  – межі садово-паркового ландшафту;
-  – межі урочищ;
-  – межі місцевостей.

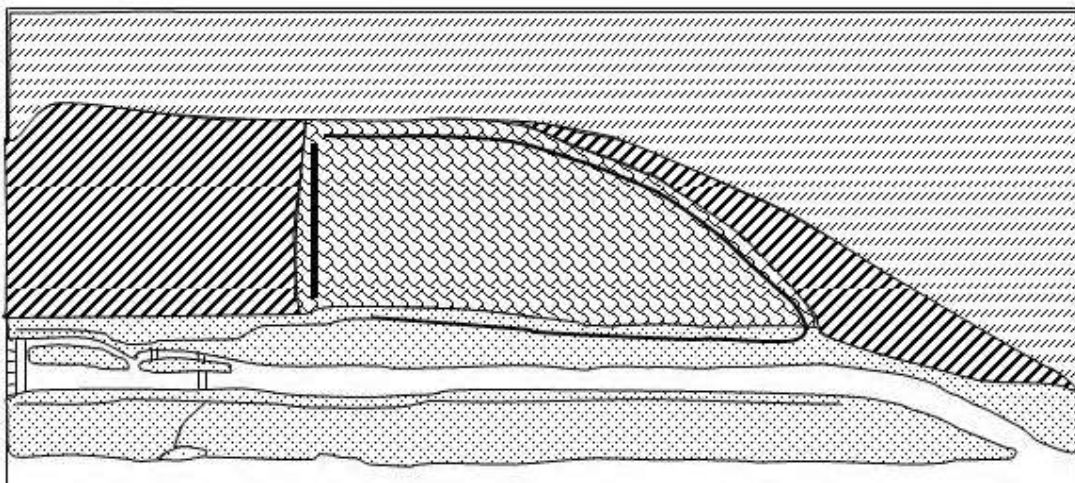













Рис. 3. Сучасна ландшафтна структура Сокилецького парку  
(с. Сокилець, Немирівський р-н, Вінницька обл.)  
Масштаб: 1: 7300

Умовні позначення:



**Руслово-заплавний тип місцевостей.** Урочища:

-  – русло річки Південний Буг (середня ширина 60–100 м, глибина до 2 м) з гранітними валунами;
-  – канал (шириною від 8–10 м до 30 м) з укріпленими берегами, мулистим дном середньої глибини 80 см–1,3 м;
-  – ґрунтові доріжки шириною 50–100 см;
-  – асфальтна дорога шириною до 4,0 м;
-  – піщаний пляж;
-  – плоска кам'яниста поверхня ( $1^0 2^0$ ), вкрита сірими опідзоленими крупнопилувато-середньосуглинковими ґрунтами на давніх алювіальних відкладах під насадженнями з ясена звичайного, вільхи чорної, осики, липи серцелистої, клену звичайного, ялини звичайної.

**Схилловий тип місцевостей.** Урочища:

-  – кам'янистий схил ( $85^0-88^0$ ), складений лесовими породами, вкритий сірими опідзоленими крупнопилувато-середньосуглинковими ґрунтами під парковими насадженнями (тополя біла, клен звичайний, сосна звичайна, черешня);
-  – лесовий терасований схил ( $85^0-88^0$ ), вкритий сірими опідзоленими крупнопилувато-середньосуглинковими ґрунтами з рядовими насадженнями з ялини звичайної, кінського каштану, зайнятий малоповерховою забудовою санаторію;
-  – лесовий схил ( $10^0$ ), зайнятий культурними ґрунтами під малоповерховою сільською забудовою;
-  – муровані сходи шириною до метра;
-  – асфальтна дорога шириною до 4,0 м.

**Інженерно-технічні системи:**

-  – залізобетонна гребля;
-  – металевий міст.

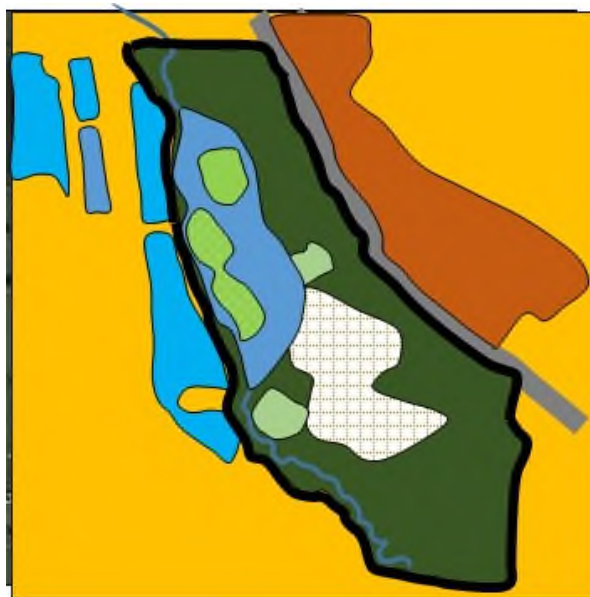


Рис. 4. Карта ландшафтної структури садово-паркового ландшафту «Аркадія» (с. Небуров, Лодзинське воєводство, Польща)



Умовні позначення:

**Русловий тип місцевостей.** Урочища:



- русло р. Скірнєвка (*Skierniewka*), звивисте, береги низькі, дно мулисте, середня глибина – 0,3–0,5 м;



- намівний острів, довжина – 65 м, ширина – 50 м, висота – до 2 м над урізом води, площа – 2800 м<sup>2</sup> (0,28 га), вкритий лучними ґрунтами під парковими деревними насадженнями;



- намівний острів, довжина – 180 м, ширина – 35–40 м, висота – до 2 м над урізом води, площа – 6374,3 м<sup>2</sup> (0,64 га), вкритий лучними ґрунтами під парковими деревними насадженнями



- ставок, витягнутий з північного заходу на південний схід, довжина – 300 м, ширина – 100 м, площа – 31596, 59 м<sup>2</sup> (3,16 га), береги низькі, дно мулисте, середня глибина до 2 м.

**Заплавний тип місцевостей.** Урочища:



- вирівняна поверхня, складена льодовиковими і воднольодовиковими відкладами, вкрита сірими лісовими ґрунтами під парковими насадженнями із малими архітектурними формами: храм Діани, кам'яна арка, готичний дім, будинок Муграбі, цирк, амфітеатр;



- вирівняна поверхня, складена льодовиковими і воднольодовиковими відкладами, вкрита лучними ґрунтами під трав'янистою рослинністю;



- вирівняна поверхня, складена льодовиковими і воднольодовиковими відкладами, вкрита сірими лісовими ґрунтами під парковими широколистяними насадженнями;



- дорожні ландшафти;



- ставок, береги низькі, дно мулисте, середня глибина до 2,0 м;



- вирівняна поверхня, складена льодовиковими і воднольодовиковими відкладами, вкрита сірими лісовими ґрунтами під сільськогосподарськими угіддями;



- вирівняна поверхня, складена льодовиковими і воднольодовиковими відкладами, вкрита сірими лісовими ґрунтами під малоповерховим типом селитебного ландшафту;



- межі урочищ;



- межі садово-паркового ландшафту «Аркадія».

Фізіономічність садово-паркових ландшафтів території дослідження як важлива ознака просторової організації антропогенних ландшафтних комплексів визначається геолого-геоморфологічною будовою території. Вона не є константною. Її розвиток та зміни відбуваються досить швидко та динамічно. Чинником, що їх ініціює та спрямовує, є людина. Форма та розміри садово-паркових ландшафтів визначаються відповідно до плану організації об'єктів дослідження. Межі штучні. Площа може збільшуватися або зменшуватися. Як наслідок, рисунок садово-паркових ландшафтів дуже різноманітний. Внутрішню конфігурацію, напрямки зниження

фізичної поверхні, загальний характер простягання об'єкту визначають річкові долини. На сучасному етапі розвитку переважна більшість садово-паркових ландшафтів Центральної Європи «затиснені» іншими типами антропогенних ландшафтів, в основному, малоповерховим та сільськогосподарським типами селитебних ландшафтів.

Наприклад, сьогодні просторова конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України нагадує силует крокуючої людини, основні лінії якого визначає долина р. Кам'янка та її притоки (рис. 5 - 9).

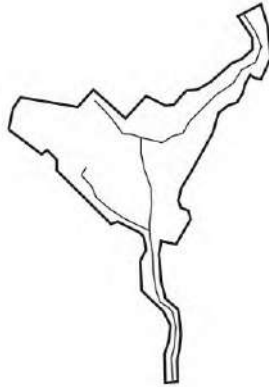


Рис. 5. Сучасна просторова конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України

Просторово-часова трансформація конфігурації та просторової структури садово-

паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України показана на рисунках 6–9.

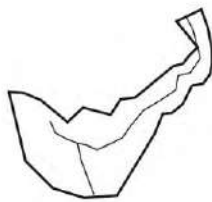


Рис. 6. Конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України на початку XIX століття

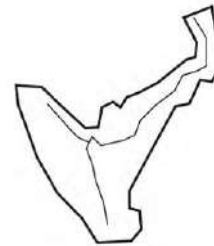


Рис. 7. Конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України наприкінці 80-х років XX століття

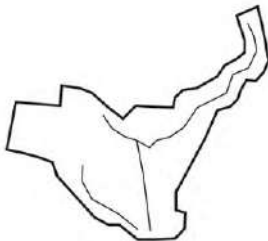


Рис. 8. Конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (1996 рік)

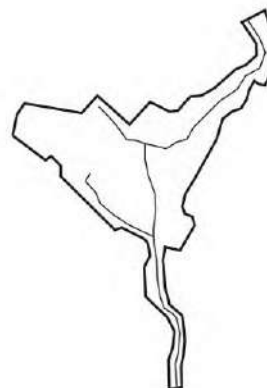


Рис. 9. Сучасна конфігурація садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України

У верхній частині це трикутник, який звужується в напрямку течії р. Кам'янка, на півдні садово-парковий ландшафт тягнеться вузькою смугою в межах руслового та

заплавного типів місцевостей, межуючи з малоповерховими та багатоповерховими типами селитебних ландшафтів м. Умані Черкаської області (рис. 10).



Рис. 10. Зображення просторової структури садово-паркового ландшафту «Софіївка» (м. Умань, Черкаська обл., Україна) в програмі Google Earth

Просторова структура садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України визначається напрямком простягання долини річки Кам'янка (басейн р. Південний Буг) та двома складними урочищами: балкою Звіринець та Грековою Балкою. Долина річки Кам'янка витягнута з північного сходу на південний захід, а від Нижнього ставка, який перерізає виходи Українського кристалічного щита, змінює напрям із півночі на південь. Урочища балок витягнуті з заходу, північного заходу на південь та південний схід. Перепад висот між урочищами

вододільного та руслового типів місцевостей становить 30–40 м; між урочищами вододільного типу місцевостей на дном балок 20–35 м.

Основу просторової структури садово-паркового ландшафту «Олександрія» (м. Біла Церква, Київська обл., Україна) формує похилий до русла річки Рось (басейн р. Дніпро) схил південної експозиції, порізаний трьома глибокими балками на чотири частини (рис.11). Ці складні урочища поступово розширюються в напрямку до річки, ускладнені урочищами ставків загальною площею близько 12 га.

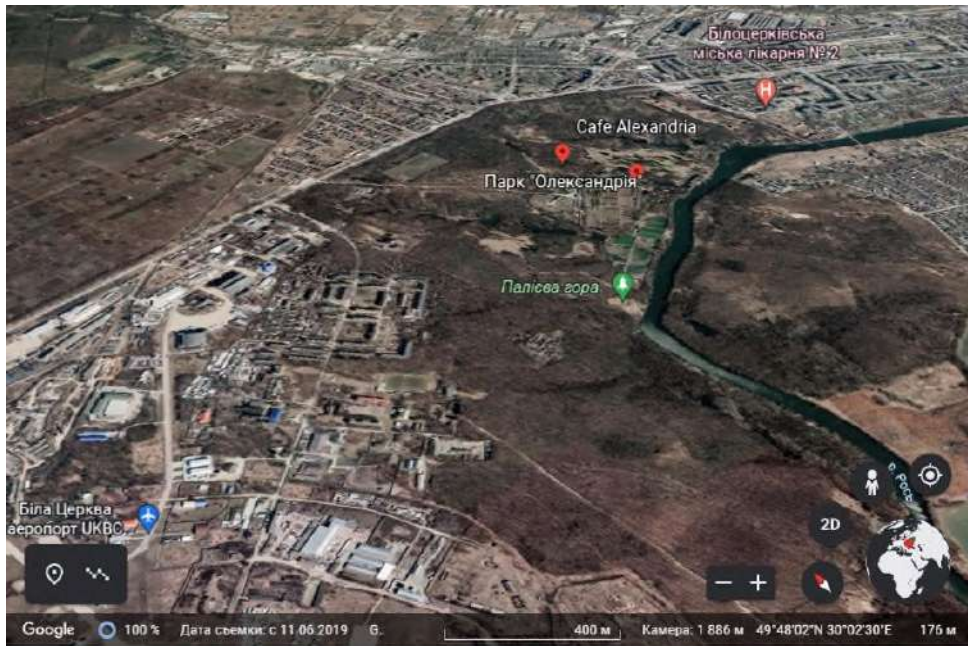


Рис.11. Зображення просторової структури садово-паркового ландшафту «Олександрія» (м. Біла Церква, Київська обл., Україна) в програмі Google Earth (дата зйомки 11.06.2019 р.)

Просторова конфігурація садово-паркового ландшафту «Олександрія» (м. Біла Церква, Київська обл., Україна) (рис.12) визначається напрямком простягання русла р. Рось. Перепад

висот між урочищами руслового та вододільного типів місцевостей становить 30–40 м. Балки врізаються на глибину 15–20 м.

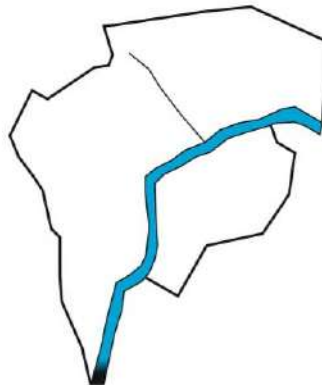


Рис. 12. Сучасна конфігурація садово-паркового ландшафту «Олександрія» (м. Біла Церква, Київська обл., Україна)

Варто зазначити, що просторова конфігурація переважної більшості садово-паркових ландшафтів території

дослідження визначається напрямком простягання відповідного гідрографічного об'єкту (рис. 13–16).

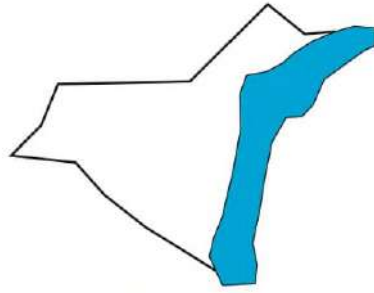


Рис. 13. Сучасна конфігурація садово-паркового ландшафту у с. Печера (Тульчинський р-н, Вінницька обл., Україна)

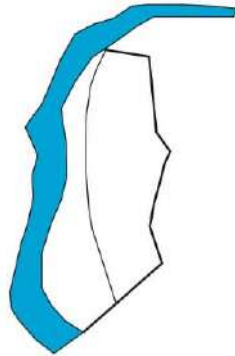


Рис. 14. Сучасна конфігурація садово-паркового ландшафту у с. Сокілець (Вінницький р-н, Вінницька обл., Україна)

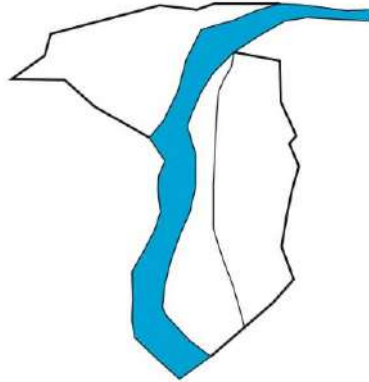


Рис. 15. Сучасна конфігурація Печеро-Сокілецького садово-паркового ландшафту (Вінницька обл., Україна)

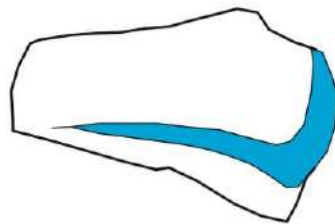


Рис. 16. Сучасна конфігурація Синицького садово-паркового ландшафту (с. Синиця, Уманський р-н, Черкаська обл., Україна)

Геолого-геоморфологічна будова території визначає загальний характер зміни фізичної поверхні та

вертикальний профіль рельєфу садово-паркового ландшафту (рис. 17–20).

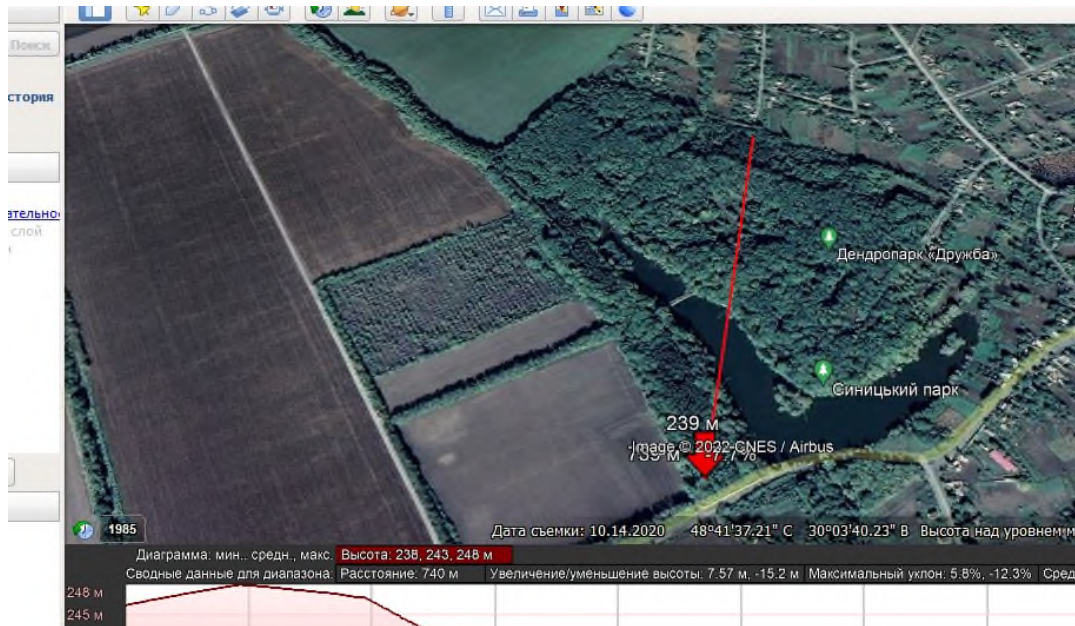


Рис. 17. Вертикальний профіль рельєфу садово-паркового ландшафту Синицького парку (с. Синиця, Уманський р-н, Черкаська обл., Україна)

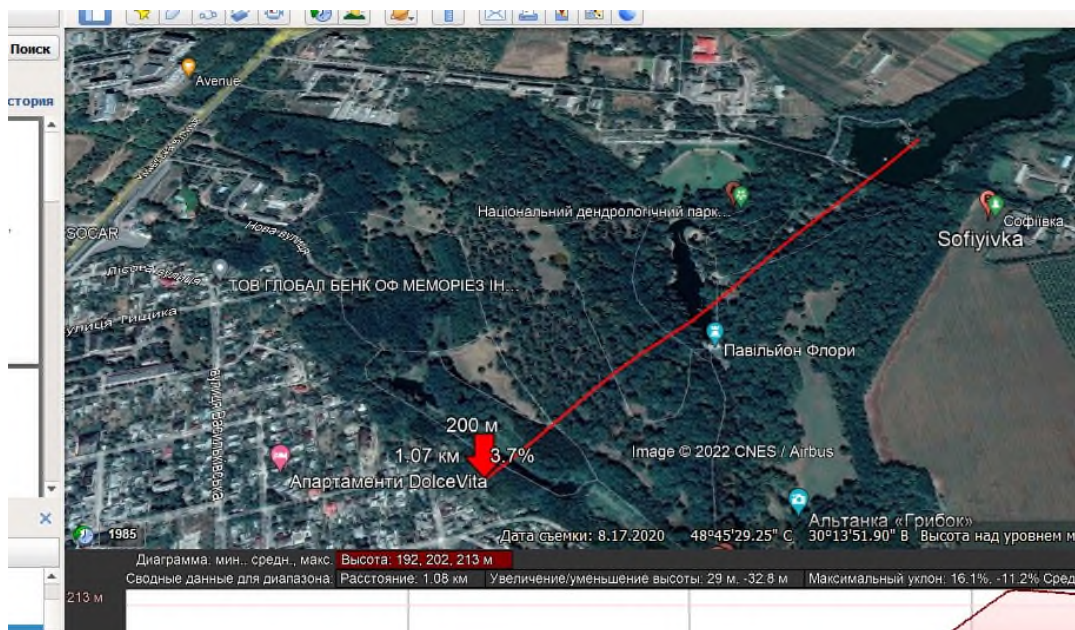


Рис. 18. Вертикальний профіль рельєфу по лінії з північного сходу на південний захід садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл., Україна)

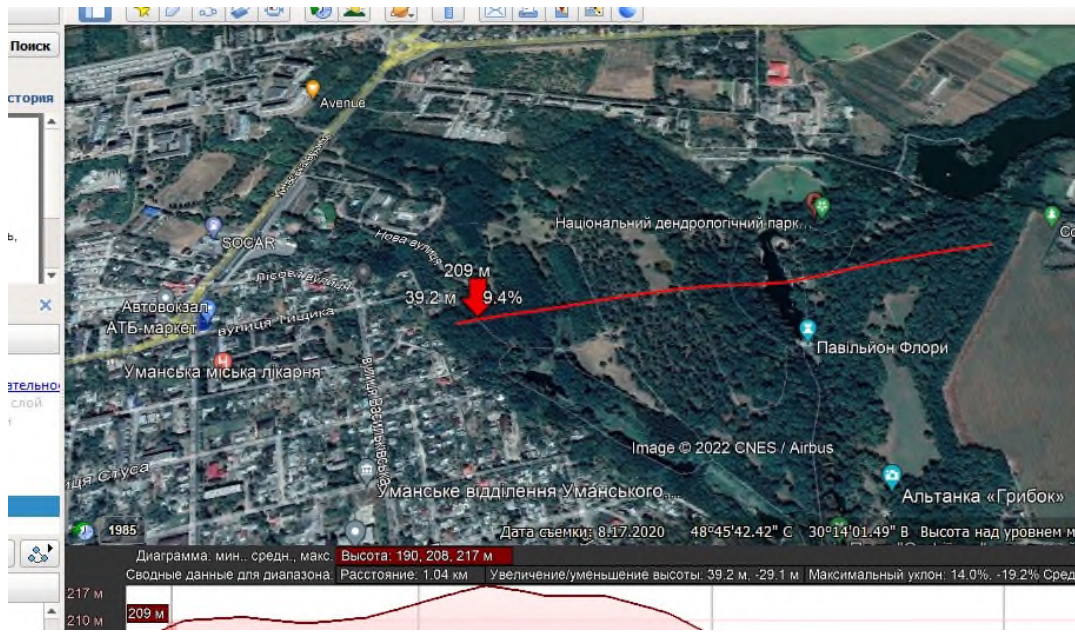


Рис. 19. Вертикальний профіль рельєфу садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл., Україна)

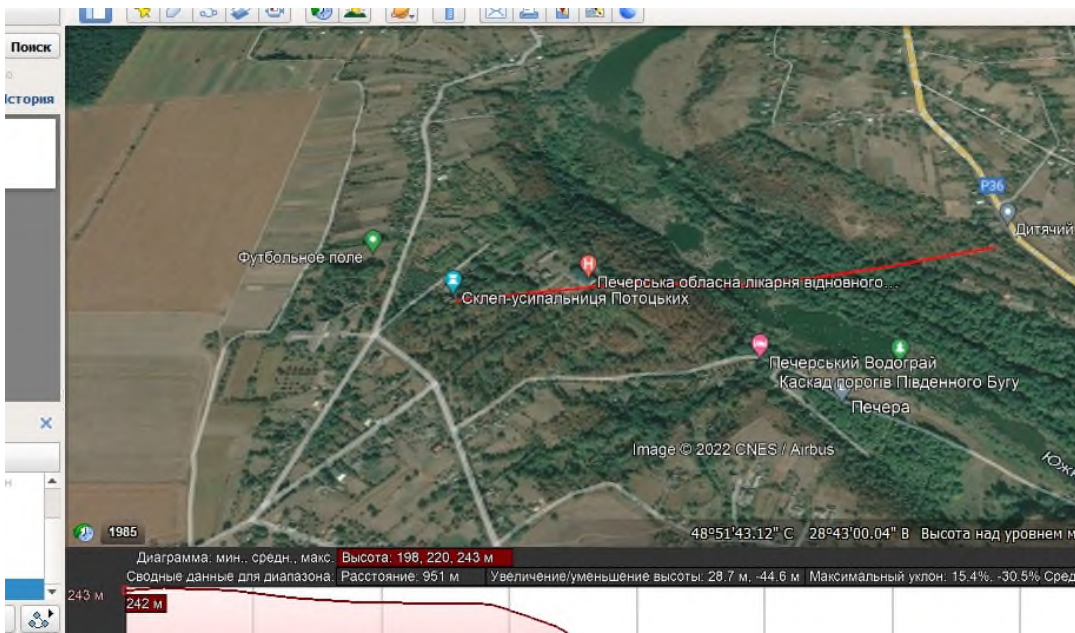


Рис. 20. Вертикальний профіль рельєфу Печеро-Сокилецького садово-паркового ландшафту (с. Печера, Тульчинський р-н, Вінницька обл.; с. Сокилець, Немирівський р-н, Вінницька обл., Україна)

Часова структура зміни станів садово-паркових ландшафтів території дослідження вивчена на прикладі садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл., Україна). Роботи виконувалися у весняний період (20 березня, 03 квітня, 19 травня, 22

травня), упродовж якого спостерігаються найінтенсивніші амплітуди коливань добових температур, починається вегетація рослин, фіксуються дати переходу через 0°C, + 5°C, + 10°C, + 15°C. Зміну добових станів садово-паркового ландшафту Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН

України проаналізуємо за показниками зміни температури повітря. Для проведення досліджень було обрано шість точок у східній частині садово-паркового ландшафту на схилі південної експозиції. Опорною є реперна метеорологічна станція «Умань» Черкаської області. Точка 1 – галявина «Грибок», узлісся; точка 2 – галявина «Грибок», 50 м від узлісся; точка 3 – лісовий масив (10 м від огорожі); точка 4 – лісовий масив (40 м від огорожі); точка 5 – поле (10 м від огорожі); точка 6 – поле (60 м від огорожі).

Аналізуючи отримані дані мікрокліматичних спостережень, варто відзначити, графіки ходу температур

представлені подібними кривими. Добовий хід температури повітря має такі особливості.

20 березня 2015 року спостерігається поступове зростання температур на натурних точках 1–6 із максимумами о 12.00 і 15.00 годинах та поступовим зниженням до 18.00. Амплітуда коливань добової температури становить на точці 1 – 2,8°C, точці 2 – 1,8°C, точці 3 – 2,6°C, точці 4 – 2,3°C, точці 5 – 3,6°C, точці 6 – 3,9°C. На метеостанції «Умань» амплітуда коливання температури становить 3,3°C, спостерігається поступове зростання упродовж дня із максимумом о 18.00 (рис. 21).

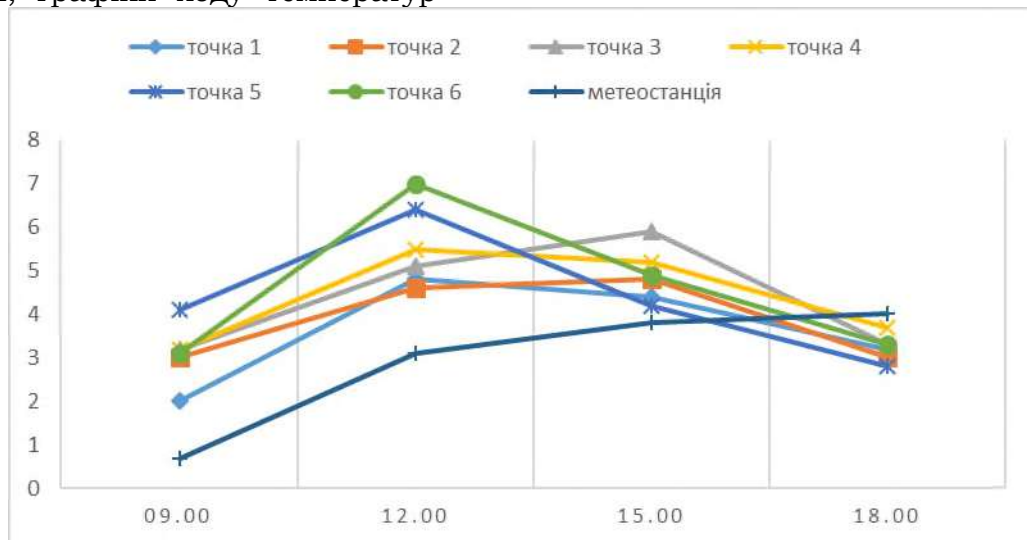


Рис. 21. Графік ходу температури повітря 20 березня 2015 року

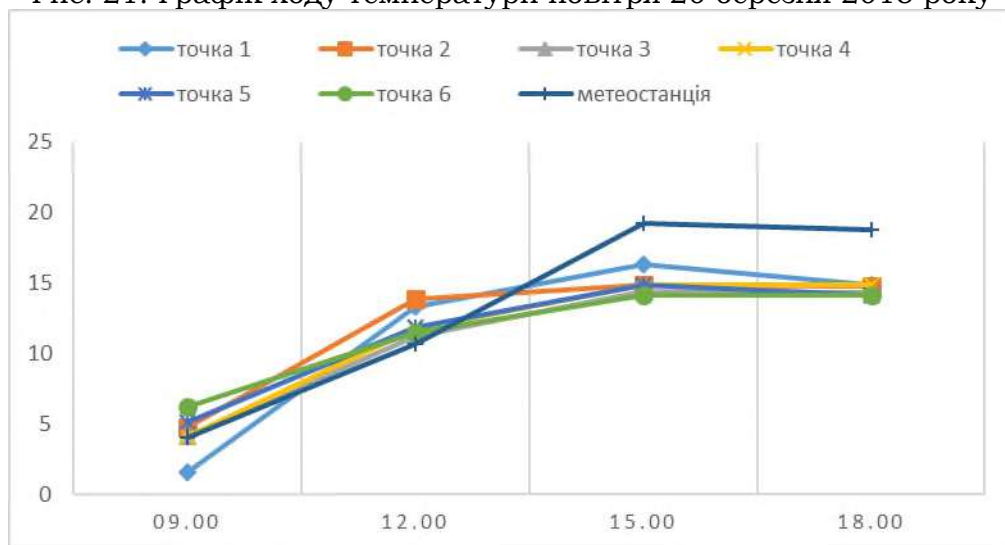


Рис. 22. Графік ходу температури повітря 03 квітня 2015 року



03 квітня температура повітря має більш різкий хід зміни. Амплітуда коливань становить на точці 1 – 14,7°C, точці 2 – 10,1°C, точці 3 – 10,3°C, точці 4 – 10,8°C, точці 5 – 13,8°C, точці 6 – 7,9°C, на метеостанції «Умань» – 15,2°C. Мінімальні показники температури повітря були зареєстровані о 9.00 на всіх натурних точках, а максимальні – о 15.00 (рис. 22).

19 травня 2015 року добовий хід зміни температури повітря має більш

плавний характер. Графіки ходу ілюструють незначні амплітуди коливань, що становлять на точці 1 – 7,6°C, точці 2 – 7,1°C, точці 3 – 5,6°C, точці 4 – 6,1°C, точці 5 – 7,0°C, точці 6 – 7,2°C, метеостанції «Умань» – 6,0°C. Мінімальні температури повітря були зареєстровані о 9.00 на всіх точках спостереження, а максимальні о 15.00 на точках 1–6, на метеостанції «Умань» – о 18.00 (рис. 23).

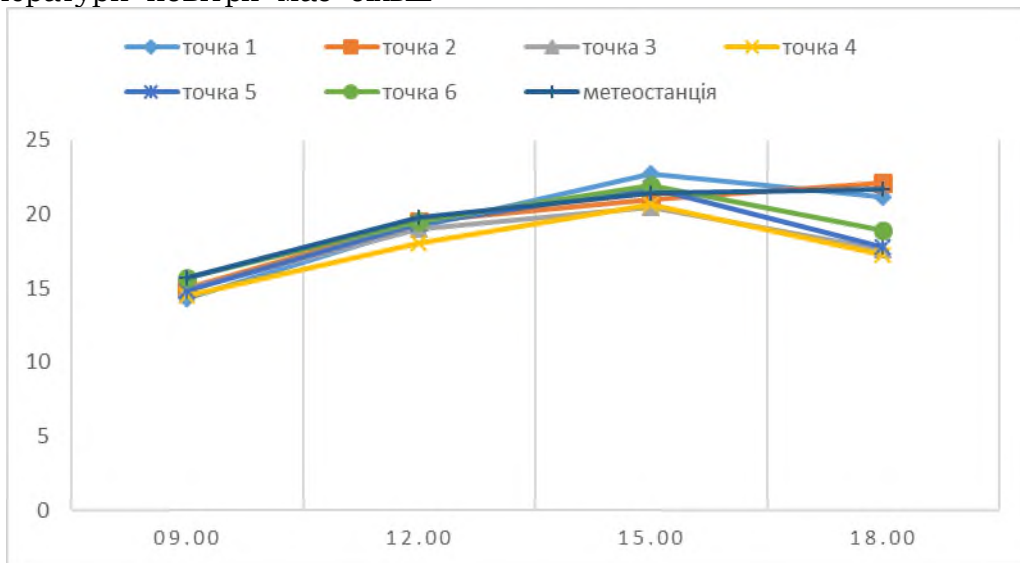


Рис. 23. Графік ходу температури повітря 19 травня 2015 року

22 травня 2015 року графіки ходу зміни температури повітря мають плавний характер. Найнижчі температури були зареєстровані о 9.00

на всіх точках спостереження, а найвищі з 15.00 по 18.00. Амплітуда коливань температури становить у середньому 5,0 – 7,0°C (рис. 24).

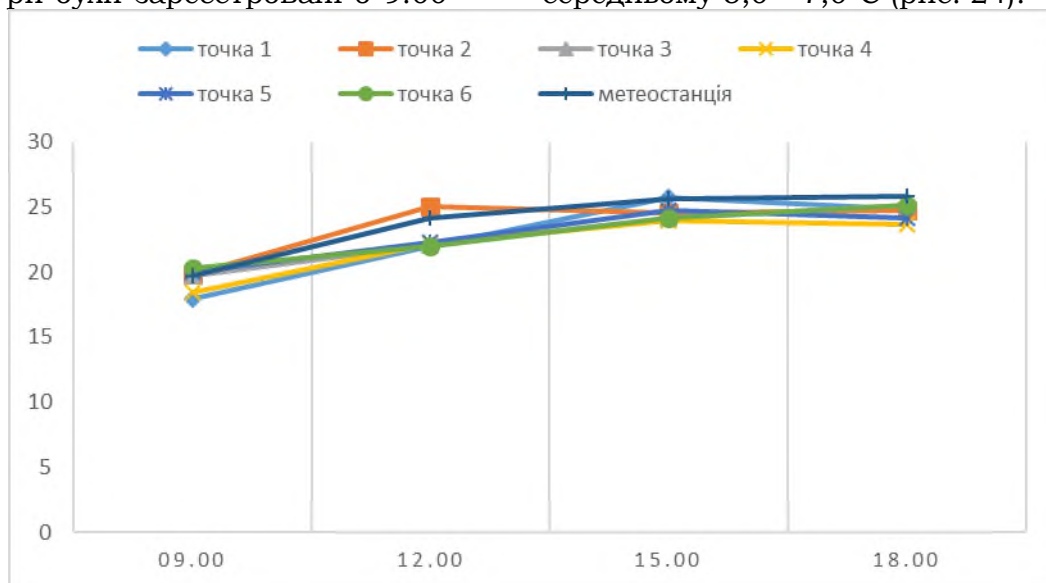


Рис. 24. Графік ходу температури повітря 22 травня 2015 року

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання структурності ландшафту розкривається у працях вітчизняних і зарубіжних учених. Зокрема В.М. Воловик (2007) зазначає, що структурність – це важлива властивість ландшафту, яка обумовлена системністю ландшафту. Автор стверджує, що без системи структури не існує. У загальній теорії систем, структура – це множина відношень певного типу між елементами. У прикладних застосуваннях теорії систем структура – це набір елементів та зв'язків між ними. Також В.М. Воловик наголошує, що структуру можна розуміти і як конфігурацію ландшафту. На думку автора, структурність у теоретико-системному розумінні – «... це властивість системи мати внутрішні зв'язки між її складовими, а в розширеному – існування в системі її відмінних частин, пов'язаних між собою». М.Д. Гродзинський (2005) розкриває питання типів просторової конфігурації ландшафту, розрізняючи природні та соціокультурні конфігурації. О.В. Голубцов (2018) дає характеристику образу ландшафту, зауважуючи, що це зовнішній вигляд об'єкту. Автор пише: «образ ландшафту – це не лише «картинка», яка постає в уяві людини, а також і враження, емоційні переживання, певні цінності та значення, які людина пов'язує з ландшафтом». Критеріями для оцінки образу ландшафту є різноманітність, своєрідність та краса ландшафту, які визначаються складовими (природними компонентами та елементами; тілами природного та антропогенного походження). Тобто, власне, структурою ландшафту, яка буде вказувати на унікальність та красу ландшафтного комплексу. А.А. Кліщ, Н.В. Максименко (2020) досліджують позиційно-динамічну територіальну структуру міського ландшафту. Авторами визначена та встановлена територіальна конфігурація різних типів ландшафтних смуг на основі

запропонованої Б. Полиновим та доповненої М. Глазовською класичної схеми типології ландшафтних місць за водно-геохімічним режимом; розроблені картографічні моделі позиційно-динамічної структури ландшафтів Харкова. Детально описано виявлені типи режимів, характер просторового розміщення відповідних ландшафтних смуг.

Зарубіжні дослідники у своїх працях більше уваги звертають на питання структури ландшафту як об'єкту господарського використання (Zavadil, 2021), планування території та гармонізації сучасного урбанізованого середовища (Krutskikh, 2021). Досліджують фізіономічність ландшафту як складову наукового підходу щодо оцінки та ідентифікації ландшафтного комплексу, теоретичну основу фізіономічної структури ландшафтів, теорії ландшафтних інтер'єрів (Chmielewski, 2018). Оцінюють ландшафтне різноманіття окремих територій за допомогою різних ландшафтних метрик, серед яких і ландшафтна структура та види землекористування (Venturi, 2021). Аналізують роль просторової структури в загальному образі ландшафтної ідентичності; когнітивні аспекти, які людина сприймає як ландшафтну ідентичність через загальну просторову структуру, абстрагування, згладжування деталей та надання символічного значення; узагальнюють просторові структури різних ландшафтів, їхню різноманітність як у сільському, так і в міському середовищах, класифікуючи їх на типи та підтипи; розробляють різні просторові моделі та визначають роль просторової структури в розумінні ідентичності ландшафту та рекомендації щодо включення та збереження важливих просторових структур і елементів у процесі планування територій (Nitavska, 2020). Досліджують фрагментацію та структурні зміни ландшафтів, які зумовлені просторовими еколого-соціальними процесами; просторово-

часові варіації ландшафтної моделі та структури антропогенно-трансформованих територій на основі даних дистанційного зондування Землі (Abbas, 2022); просторову структуру ландшафтів із метою оптимізації територіального просторового планування, захисту та управління ландшафтами (Pan, 2022; Festus, 2020).

Із точки зору сучасного антропогенного ландшафтознавства Центральна Європа є своєрідним природно-етно-культурним утворенням. Особливості природних умов цієї території, історія заселення та антропогенного перетворення – все це відбивається у фізіономічності різних класів антропогенних ландшафтів території дослідження. Центральна Європа як природно-географічний регіон включає центральні ділянки Європи, що виокремлюються за геолого-геоморфологічною будовою та займають проміжне гіпсометричне положення між високогір'ям Західної та Південної Європи, середньогір'ям Північної і низькогір'ям Східної Європи, чітко обмежуючись «лесовою формацією» простягання. Центральну Європу формують Середньоєвропейська рівнина, Карпати (включаючи Дунайські рівнини) і прилеглі до Середньоєвропейської рівнини острови Північного і Балтійського морів (Фрізькі, Датські, Борнхольм, Рюген, Моонзундські тощо). Протоками Балтійського моря (Скагеррак, Каттегат, Ересунн, Хамрарне), Фінською затокою, річками Нева та Свір Центральна Європа відмежовується від Фенноскандії, а водами Північного моря – від Британських островів. На півдні територія обмежується простяганням герцинід, східним передгір'ям Альп і течіями річок Морава, Сава, Дунай та водами Чорного й Азовського морів. Східна межа Центральної Європи проводиться по західних відрогам меридіонально і

субширотно розташованого ланцюга височин (Вепсовська, Тихвинська, Валдайська, Середньоросійська, Смоленсько-Московська, Донське пасмо) та річці Дон до впадання її в Таганрозьку затоку (Гудзевич, 2005; Мартонн, 1938).

У структуру Центральної Європи як суспільно-географічного регіону різні автори відносять різні європейські держави. Наприклад І.В. Смаль, О.М. Харченко (2013) у Центральну Європу об'єднують Білорусь, Молдову, Польщу, Росію, Румунію, Словаччину, Угорщину, Україну та Чехію. В.В. Безуглий, С.В. Козинець (2007) – Білорусь, Естонію, Латвію, Литву, Польщу, Росію (європейська частина), Словаччину, Угорщину, Україну, Чехію. Суспільно-географічним ядром Центральної Європи є Польща, Словаччина, Угорщина, Україна та Чехія.

Садово-паркові ландшафти – це група антропогенних ландшафтів, які утворені в результаті господарської діяльності людини, що спрямована за задоволення матеріальних та духовних потреб; в яких природні компоненти (гірські породи, вода, повітря, ґрунт, рослинність, тваринний світ, сонячна радіація) у поєднанні з малими архітектурними формами та спорудами, дорожньо-лінійною мережею утворюють гармонійну, суплетивну ландшафтну систему. Ці антропогенні ландшафтні комплекси насичені різноманітними культурними артефактами, мають сильний асоціативний, історичний аспекти і, на нашу думку, є так званими ландшафтними культурними ідентифікаторами відповідних регіонів. Водночас, цю групу антропогенних ландшафтів варто розглядати як таку, що несе в собі інформацію про звичайні та унікальні особливості природних умов регіону.

#### **Висновки**

За результатами досліджень структурності садово-паркових ландшафтів Центральної Європи встановлено, що структурність садово-

паркових ландшафтів розкривається у просторі та часі. Просторова структура об'єктів дослідження визначається сукупністю елементарних ландшафтних комплексів локального рівня організації. Фізіономічність обумовлена геолого-геоморфологічною будовою, рослинністю, малими

архітектурними формами та палацово-парковими комплексами. Конфігурація – формою, розмірами садово-паркового ландшафту та напрямком простягання річкової долини. Часові структури садово-паркових ландшафтів є дуже різноманітними.

### Список використаних джерел

- Воловик В. М. Ландшафтознавство. Вінниця: О. Власюк, 2007. 204 с.
- Голубцов О. В. Образ ландшафту: аналіз і оцінювання у ландшафтному плануванні. *Український географічний журнал*. 2018. № 1 (101). С. 15-23.
- Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. Т. 2. 503 с.
- Гудзевич А. В. Регіональна фізична географія (Європа та Азія): навчальний посібник. Вінниця: «Віндрук», 2005. 464 с.
- Денисик Г. І. Антропогенне ландшафтознавство: навчальний посібник. Частина І. Глобальне антропогенне ландшафтознавство. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2012. 336 с.
- Смаль І., Харченко О. Соціально-економічна географія світу. Регіони і країни: Європа. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2013. 499 с.
- Структура. Словник іншомовних слів / за ред. О. С. Мельничука. К.: Головна редакція УРЕ, 1977. С. 641.
- Abbas Z., Zhu Z. Y., Zhao YL. Spatiotemporal analysis of landscape pattern and structure in the Greater Bay Area, China. *Earth science informatics*. 2022. 15(7). P. 1977-1992.
- Chmielewski T. J., Butler A., Chmielewski S. Landscape's physiognomic structure: conceptual development and practical applications. *Landscape research*. 2018. 43 (3). P. 410-427.
- Festus O O., Ji W., Zubair O. A. Characterizing the Landscape Structure of Urban Wetlands Using Terrain and Landscape Indices. *Land*. 2020. 9 (1). 29 s.
- Klieshch A. A., Maksymenko N. V. Positional-dynamic territorial structure of the urban landscape. *Journal of Geology Geography and Geoecology*. 2020. 29 (3). P. 539-549.
- Krutsikh N. Modelling the structure of terrestrial landscapes in urban areas. *Quaestiones Geographicae*. 2021. 40 (1). P. 39-49.
- Nitavska, N. The Spatial Structure of the Landscape as One of the Elements of the Landscape Identity. *5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS)*. 2020. 960 p.
- Pan YL., Wu YN., Xu X., Zhang B., Li WF. Identifying Terrestrial Landscape Character Types in China. *Land*. 2022. 11 (7). 2-19 p.
- Structure. *Merriam-Webster* [Electronic resource] URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/structure#> (date appeal 10.09.2022).
- Venturi M., Piras F., Corrieri F., Fiore B., Santoro A., Agnoletti M. Assessment of Tuscany Landscape Structure According to the Regional Landscape Plan Partition. *Sustainability*. 2021. 13 (10). 2-20 p.
- Zavadil T., Jancak V. Farmers shaping the landscape: how do they influence the form of landscape and land use structure in Czechia? *Geografie*. 2021. 126 (3). P. 319-345.

### References (translated & transliterated)

- Volovik, V.M. (2007). Landshaftoznavstvo [Landscape science]. Vinnytsia: O. Vlasjuk. 204 p.[In Ukrainian].

Golubtsov, O.V. (2018). Obraz landshaftu: analiz i otsinyuvannya u landshaftnomu planuvanni [Landscape image: analysis and evaluation in landscape planning]. *Ukrayins'kyi heohrafichnyy zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*. 1 (101). P. 15–23. [In Ukrainian].

Grodzinsky, M.D. (2005). Piznannya landshaftu: mistse i prostir: monohrafiya [Knowledge of the landscape: place and space: the monograph]. K.: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 2005. T.2. 503 p. [In Ukrainian].

Gudzevich, A. V. (2005). Rehional'na fizychna heohrafiya (Yevropa ta Aziya): navchal'nyy posibnyk [Regional Physical Geography (Europe and Asia)]. Vinnytsia: «Windruk», 464 p. [In Ukrainian].

Denisyk, G. I. (2012). Antropohenne landshaftoznavstvo: navchal'nyy posibnyk. Chastyna I. Hlobal'ne antropohenne landshaftoznavstvo [Anthropogenic landscape science. Part I. Global anthropogenic landscape science]. Vinnytsia: PE «Edelweiss and K», 336 p. [In Ukrainian].

Smal, I., Kharchenko, O. (2013). Sotsial'no-ekonomichna heohrafiya svitu. Rehiony i krayiny: Yevropa [Socio-economic geography of the world. Regions and countries: Europe]. Nizhyn: NDU. M. Gogol, 499 p. [In Ukrainian].

Struktura [Structure]. *Slovyk inshomovnykh sliv [Dictionary of foreign words]* / edited by O.S. Melnychuk. K.: Main editorial office of URE, 1977. P. 641 [In Ukrainian].

Abbas Z., Zhu Z.Y., Zhao YL. (2022). Spatiotemporal analysis of landscape pattern and structure in the Greater Bay Area, China. *Earth science informatics*. 2022. 15(7). P. 1977-1992 [in English].

Chmielewski, T. J., Butler, A., Chmielewski, S. (2018). Landscape's physiognomic structure: conceptual development and practical applications. *Landscape research*. 43 (3). P.410-427 [in English].

Festus, O O., Ji W., Zubair, O. A., (2020). Characterizing the Landscape Structure of Urban Wetlands Using Terrain and Landscape Indices. *Land*. 2020. 9 (1). 29 p. [in English].

Klieshch, A. A., Maksymenko, N. V. (2020). Positional-dynamic territorial structure of the urban landscape. *Journal of Geology Geography and Geoecology*. 29 (3). P. 539-549. [in English].

Krutsikh, N. (2021). Modelling the structure of terrestrial landscapes in urban areas. *Quaestiones Geographicae*. 40 (1). P. 39-49. [in English].

Nitavska, N. (2020). The Spatial Structure of the Landscape as One of the Elements of the Landscape Identity. *5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS)*. 2020. 960 p. [in English].

Pan, YL., Wu, YN., Xu, X., Zhang, B., Li, WF. (2022). Identifying Terrestrial Landscape Character Types in China. *Land*. 2022. 11 (7). 2-19 p.

Structure. *Merriam-Webster*. [Electronic resource] URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/structure#> (date appeal 10.09.2022) [in English].

Venturi, M., Piras, F., Corrieri, F., Fiore, B., Santoro, A., Agnoletti, M. (2021). Assessment of Tuscany Landscape Structure According to the Regional Landscape Plan Partition. *Sustainability*. 2021. 13 (10). 2-20 p. [in English].

Zavdil, T., Jancak, V. (2021). Farmers shaping the landscape: how do they influence the form of landscape and land use structure in Czchia. *Geografie*. 2021. 126 (3). P. 319-345. [in English].

Отримано: 23 червня 2022  
Прийнято: 27 вересня 2022



УДК 332.15:631.6.02 (477.7)

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.109-122

## ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ЯК ЧИННИК В ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІЙ ОЦІНЦІ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ РЕГІОНУ

В. В. Стецюк<sup>1</sup>, О. А. Остапенко<sup>2</sup>

*Йдеться про історичні аспекти господарського освоєння території Північного Причорномор'я, яке різною мірою впливало на стан та трансформацію його ґрунтового покриву. Здійснено огляд історичних джерел, у яких викладено форми суспільного устрою, що зумовлював можливість та необхідність використання земельних ресурсів. Обґрунтовано актуальність цілеспрямованого аналізу археологічної та історичної періодизації в господарському освоєнні дослідженої території, представлено коментарі фактичного матеріалу щодо ймовірності певних впливів на якість ґрунтового покриву, визначено етапи, упродовж яких стан ґрунтового покриву перебував під значним впливом певних чинників природного та антропогенного походження, надано авторську оцінку існуючих на той час проблем щодо змін у масштабах поширення оброблюваних земельних угідь та змін їхньої якості.*

*Висновки визначають необхідність спрямування концентрації дослідницьких зусиль на встановлення співвідношень і виведення закономірностей формування ґрунтового покриву у геоморфологічному середовищі, його перетворення унаслідок зростання чисельності населення, різноманітності господарського використання, потужних меліоративних заходів. Різноманітність тектонічних закономірностей в орографії та річковій мережі, строкатість стратиграфічних та літологічних комплексів ґрунтоутворюючих порід, значні відмінності в геоморфологічній будові, складні комбінації значних площ поширення «фонових» генетичних типів ґрунтів та локальних ділянок поширення строкатого ґрунтового покриву, а також історично обумовлена послідовність заселення регіону складають спектр положень аналізу історії використання земельних ресурсів.*

*Наведений історичний екскурс вказує на необхідність спрямування концентрації дослідницьких зусиль на встановлення співвідношень і виведення закономірностей формування ґрунтового покриву у геоморфологічному середовищі, його перетворення унаслідок зростання чисельності населення, різноманітності господарського використання, потужних меліоративних заходів. Вказаний регіон сучасної України, на наш погляд, може інтерпретуватися як ключовий для усього Причорномор'я, оскільки охоплює властиву усьому регіону сукупність тектонічних, літологічних та геоморфологічних особливостей доквілля, інших складників доквілля, в тому числі – різноманітність тектонічних закономірностей в орографії та річковій мережі, достовірні та ймовірні тектонічні порушення та ділянки висхідних та низхідних тектонічних рухів слабкої активності,*

<sup>1</sup> професор, доктор географічних наук,  
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)  
e-mail: geomorphology@ukr.net  
ORCID:0000-0001-9593-0419

<sup>2</sup> аспірантка  
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)  
e-mail: olena.osstapenko@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-9004-0804

строкатість стратиграфічних та літологічних комплексів з підвищенням і зниженням заляганням фундаменту нахиленої увалистої та горизонтальної пласкої рівнини на неогенових відкладах, значні відмінності в геоморфологічній будові окремих територій Причорномор'я, обумовлених присутністю різних морфологічних ознак, генетичних типів рельєфу, часом формування різних геоморфологічних таксонів та інтенсивністю перебігу сучасних геоморфологічних процесів, значні площі поширення «фонових» генетичних типів ґрунтів (переважно на межиріччях), та локальні ділянки поширення строкатого ґрунтового покриву, обумовленого значною роллю рельєфу земної поверхні, історично обумовлена послідовність заселення регіону і відповідно – різна міра активності господарської діяльності, зумовлена зміною характеру господарської діяльності – від локального навколо поселень та у приморській зоні, до регіонального, пов'язаного з експансією аграрного виробництва і розвитком зрошувального землеробства.

**Ключові слова:** етапи освоєння земельних ресурсів, зміни ґрунтового покриву, Північне Причорномор'я.

## THE DEVELOPMENT OF THE TERRITORY OF THE NORTHERN BLACK SEA AS A FACTOR IN THE ECOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL EVALUATION OF THE DEGREE OF THE SOIL COVER OF THE REGION

V. V. Stetsyuk, O. A. Ostapenko

*The article dwells upon the economic development of the territory of the Northern Black Sea Coast, which in various ways affected the state and transformation of its soil cover. An overview of historical sources, which outlines the forms of public order, which determined the possibilities and necessity of using land resources. The relevance of the purposeful analysis of archaeological and historical periodization in the economic development of the studied territory was substantiated, comments on the actual material on the probability of certain impacts on the quality of soil cover were presented, the stages during which the state of the soil was influenced by certain factors of natural and anthropogenic origin, the author's assessment of the existing at that time, problems regarding changes in the extent of spread of cultivated land and changes in their quality.*

*The conclusions determine the need to focus the concentration of research efforts on the establishment of correlations and the emergence of patterns of soil formation in the geomorphological environment, its transformation as a result of population growth, the diversity of economic use, and powerful melioration measures. The variety of tectonic patterns in the orographic and river network, the variability of stratigraphic and lithological complexes of soil forming species, significant differences in the geomorphological structure, complex combinations of significant areas of distribution of "background" genetic types of soils and local areas of the spread of colorful soil cover, as well as historically determined sequences of settlement of the region make up the range of analysis of the history of land use.*

*The given historical excursion points to the need to focus research efforts on establishing relationships and deriving regularities of soil cover formation in the geomorphological environment, its transformation as a result of population growth, a variety of economic uses, and powerful reclamation measures. This region of modern Ukraine, in our opinion, can be interpreted as a key one for the entire Black Sea region, as it encompasses the set of tectonic, lithological and geomorphological features of the environment, other components of the environment, characteristic of the entire region, including the variety of tectonic regularities in the orography and river network, reliable and probable tectonic disturbances and areas of ascending and descending tectonic movements of weak activity, variegation of stratigraphic and lithological complexes with increased and decreased foundation of the inclined undulating and horizontal flat plain on Neogene deposits, significant differences in the geomorphological structure of individual territories of the Black Sea region, due to the presence of various morphological features, genetic types of relief, the time of formation of various geomorphological taxa and the intensity of modern geomorphological processes, significant areas of distribution of "background" genetic types of soils (mainly at the interfluves), and local areas of the distribution of variegated soil cover due to the significant role of the relief of the earth's surface, the historically determined sequence of settlement of the region and, accordingly, a different degree of economic activity, caused by a change in the nature of economic activity - from local around settlements and in the coastal zone, to regional, associated with the expansion of agricultural production and the development of irrigated agriculture.*

**Key words:** stages of development of land resources, changes of soil cover, Northern Black Sea region.

### **Вступ**

Історія освоєння і використання земельних ресурсів південної частини України складна і неоднозначна. З одного боку високий потенціал чорноземів, південних чорноземів та каштанових ґрунтів зобов'язував до інтенсивного використання цього природного надбання регіону, з іншого – неспокійна суспільна історія розвитку унеможлиблювала планомірне ефективне використання ґрунтового покриву та реальні (планові або неумисні) стабілізуючі заходи.

Серед чинників формування, використання та деградації ґрунтового покриву, як відомо, неабияка роль належить рельєфу земної поверхні, його властивостям та здатності опиратися або піддаватися деградаційним процесам. І хоча відносна одноманітність рельєфу Північного Причорномор'я, здавалося б, утруднює індикацію ролі рельєфу у формуванні та використанні ґрунтового покриву регіону, все ж таки особливості земної поверхні різним чином впливали на ступінь господарського освоєння, а, відтак, на земельні ресурси.

### **Матеріал і методи**

Чимало наявних джерел вказують на неможливість встановлення ролі первісної людини у трансформаціях ґрунтового покриву. Однак, окремі відомості про тогочасний стан ґрунтів представлені у працях В. Золотуна (1974), де аналізуються деякі показники стану ґрунтів під курганами Півдня України, у праці «Ґрунти Траянових валів» (Дмитрук, Матвіїшина, Слісарчук, 2008), у монографії Ф. Лісецького «Пространственно-временная организация агроландшафтов» (2000) та деяких інших. Це може служити достовірною моделлю для порівняння змін якості ґрунтового покриву за історичний час і тим самим викликати зацікавлення як вузького кола фахівців ґрунтознавства так і широких кіл, що досліджують стан довкілля і здійснюють прогнози його розвитку.

Історія господарського освоєння території Північного Причорномор'я свідчить про певний *локальний вплив* на стан довкілля та його складників, тому, вважається доцільним згадати основні етапи заселення цього регіону та ймовірні наслідки впливу етносів на природне середовище.

### **Результати та обговорення**

В цілому, господарське освоєння дослідженої території за археологічними свідченнями бере початок у XVI–XII ст. до н. е., де степовий Південь України перебував під локальним впливом *зрубної археологічної культури*.

Висновки щодо стану ґрунтового покриву можна прогнозувати, виходячи з місць поширення жител давньої людини, які на ті часи являли собою напівземлянкові оселі. Інший спосіб відомостей про стан ґрунтового покриву – аналіз розташування поховальних споруд-курганів, для утворення яких мало здійснюватися переміщення значних мас ґрунту, що призводило до консервації ґрунтових показників під такими спорудами і до збіднення ґрунтового горизонту у місцях відбору земляних мас. Дерев'яні зруби давніх могил мусили мати джерелом їхньої появи окремі лісові масиви степової зони, а також ліси Геродотової Гілеї (сучасного лівобережжя гирлової частини Дніпра і Олешківських пісків).

Знахідки кераміки цієї культури наводять на думку про існування у берегових урвищах відслонень червоно-бурих глин, які видобувалися первісним гончарством. Вкупі з бронзово-ливарним виробництвом це дає припущення про існування примітивних знарядь для полювання та обробки землі, тобто, тогочасна трансформація ґрунтового покриву залишається мінімальною.

Деякі припущення щодо стану ґрунтового покриву на ті часи можуть дати відомості про сприятливі кліматичні умови ранньої та середньої фази доби пізньої бронзи у Східній Європі. Дослідники цього часу



одностайні у тому, що здебільшого теплий та вологий клімат сприяв різкому підйому виробничих форм господарства, тому у XVIII–XIII ст. до н. е. спостерігається максимальна щільність заселення усіх регіонів східноєвропейського степу та лісостепу. Йдеться, навіть, про демографічний вибух у середовищі зрубної спільності, пік якого припадає у причорноморському степу на XIV–XIII ст. до н. е., що призвело до виснаження природних ресурсів, ймовірно – і ґрунтового покриву у місцях його інтенсивного використання (навколо поселень), та розпаду зрубної культурно-історичної спільноти. Наступна зміна кліматичних умов на сухі та прохолодні у сукупності з перенаселенням призвело до катастрофічних наслідків, які представлені різким скороченням чисельності населення, що за археологічними даними, простежено у зменшенні кількості поселень і їхніми культурними перетвореннями.

Не відбувається очевидного впливу на стан ґрунтового покриву і *на початку залізного віку*. Так, корені наступного етапу існування археологічних культур – кіммерійців (IX – перша половина VII ст. до н. е.), які у змозі були здійснювати деяку трансформацію ґрунтового покриву, зазвичай шукають у зрубній культурі Північного Причорномор'я. Щоправда, археологічні джерела орієнтують дослідника на такі головні заняття цього етносу, як скотарство (зокрема, конярство) та ведення воєнних дій. Завойовницькі походи на сусідні території припускають наявність певних центрів мешкання кіммерійців, куди їхні бойові підрозділи поверталися зі здобиччю. Відповідно і зміна стану ґрунтового покриву мала відбуватися саме там. Однак, на сьогодні, таких місць не виявлено, тому стверджувати про участь цієї археологічної культури у доведеному впливі на стан ґрунтового покриву та його змінах на сьогодні немає підстав.

Доведеним певний вплив

скіфської археологічної культури на ґрунтовий покрив можна вважати у регіонах, де розташовані скіфські городища. Вони зосереджені на значній за площею території (від Котельви-Гелона до Немирова), практично на теренах розквіту трипільської археологічної культури.

Алазони та каліпиди (їх історики пізніше назвуть уличами і тиверцями), які мешкали поміж пониззями Дністра, Південного Бугу та Дніпра на думку деяких авторів (Буданова, 2011; Залізник, 1994; Наливайко, 2007), також були осілими землеробами, отже, у контексті дослідження Північного Причорномор'я разом і за аналогією із царськими скіфами могли здійснювати чи не перший *значний вплив на ґрунтовий покрив* цього регіону України.

Наступний етап розвитку археологічних культур на території Північного Причорномор'я, пов'язаний з можливими змінами ґрунтового покриву, характеризується *діяльністю етносу сарматів*, які з'явилися тут у III ст. до н.е. Наявні джерела не дають відомостей про характер їхнього господарювання, окрім згадок про войовничість та агресивність, пов'язаних з необхідністю розширення свого життєвого простору. Такий екстенсивний характер діяльності очевидно був неспроможний здійснювати суттєві зміни природного середовища, можна стверджувати лише про деякі локальні зміни в одноманітній природі степової зони України. Бідність археологічного матеріалу тієї доби, а найбільш відомою пам'яткою є сарматський курган Соколова Могила на Миколаївщині, неспроможна аналізувати хоч деякі зміни ґрунтового покриву дослідженої території. Все ж античні міста-держави Північного Причорномор'я, які сформувалися у період від VIIст. до н.е. по IVст. н.е., мусили існувати і плідно розвиватися за *допомоги інтенсивного агротехнічного виробництва тих часів*, що заставляє очікувати певних змін

якості ґрунтового покриву у значних за площею ареалах навколо них.

Античні міста-держави Північного Причорномор'я та менші сарматські поселення упродовж III-IV ст. занепадають під тиском готів та гунів. Численні історичні матеріали надають відомості про те, що у II ст. н. е. готи (германські племена) з'явилися у Північному Причорномор'ї, витіснили частину сарматів за Дон, зруйнували міста Ольвію, Тіру, Танаїс, захопили Крим. Уцілів лише Херсонес. У III ст. на території України готи створили державу Рейхготланд. Найбільшої могутності вона досягла за часів правління готського вождя («рекса», «конунга») Германаріха (IV ст.) та його наступника Вінітарія (IV ст.). В IV ст. готи прийняли християнство.

У подальшому чи не уся територія Північного Причорномор'я стає ареною впливу гунів – кочових тюркомовних азійських племен, які з'явилися в Причорномор'ї у IV ст., але відносно нетривалий час їхнього перебування тут не дає підстав очікувати значного впливу на якість ґрунтового покриву. Аджі, підкоривши аланів, вони перемогли готів й антів, зайняли величезний простір між Доном і Карпатами. V ст. вони перемістилися в Панонію (Угорщина). Таке розосередження та постійні військові походи призвели до того, що у середині V ст. після поразки від римлян в битві на Каталаунських полях гунська держава розпалася.

Деякі висновки щодо використання та відповідних трансформацій ґрунтового покриву Північного Причорномор'я можна зробити з відомостей, викладених В. Пащенко (2011). У наведених описах сільськогосподарських земель у полісах Північного Причорномор'я зазначається, що на території теперішньої України перший досвід кадастрових описів земель склався у Північному Причорномор'ї, у хорах (сільськогосподарських ареалах) приморських полісів – міст-держав, спочатку давньогрецьких, а потім

римських. Херсонес, Біляус, Пантіпакей на території Криму, Ольвія і Тіра у північно-західному Причорномор'ї, інші античні поліси, а пізніше візантійські та генуезькі колоністські державні утворення мусили себе забезпечувати фінансово через оподаткування власності. Тому кожна причорноморська держава вела свою систему кадастрування земель, які підлягали оподаткуванню. Причорноморські поліси – колоністські міста-держави – мали вигідне просторове розташування і переважно міцну економіку. Сторіччями вони підтримували у своїх аграрних хорах продуктивне й раціонально організоване сільське господарство – рільниче, зокрема зернове, та виноробне й плодоовочеве. Відповідно там була добре поставлена й кадастрова справа. Наразі, ці види сільськогосподарського виробництва тісно пов'язані з оброблюваним землеробством і певним чином змінювали ґрунтовий покрив регіону.

Морфологічно виразний вплив антропогенної діяльності на рельєф, а відтак – на ґрунтовий покрив Північного Причорномор'я можна простежити на прикладі давніх фортифікаційних споруд. Саме у зв'язку з давньою Троєю іноді розглядали й існування у Північному Причорномор'ї так званих Траянових валів – незвичних фортифікаційних споруд із ґрунту та верхніх шарів осадових порід, що являють собою канави з насипаними біля них валами, залишки яких можна бачити й досі. Вони тягнуться на сотні й тисячі кілометрів від Подунав'я до Оки, перетинаючи у різних напрямках і декілька разів українське Причорномор'я, Молдову, Крим і Тамань. Залишки їх є і на південному заході та півночі Польщі, де їх називають Шльонськими валами, валами Хороброго або старими окопами, а також у Румунії між Дунаєм і Чорним морем біля міст Чорновода й Констанца.

Відомо, що територія розміщення

Траянових валів характеризується своєрідними ландшафтно-екологічними умовами, які впливали на формування ґрунтового покриву. Вкажемо на роботу В.П. Золотуна (1974), де йдеться про еволюцію ґрунтового покриву півдня України протягом останніх 5000 років. Ним встановлено, що *вивчення асинхронних ґрунтів на плато вододілів дозволило отримати дані про зміни у часі: морфологічних ознак, засоленості, гранулометричного та агрегатного складів, асоціацій шаруватих мінералів та властивостей ґрунтів.* Не можна відкидати присутність у згаданому процесі участі такого складника трансформації ґрунтів, як землеробство згаданих етносів, що могло впливати, зокрема, на засоленість та, подекуди, на агрегатний стан ґрунтів.

Іншими дослідниками встановлено, що упродовж другої половини голоцену, клімат безперервно змінювався, але мав загальний тренд зменшення континентальності, а вже на початку V ст. до н.е. набув рис сучасного. Швидкість утворення ґрунту за цей період характеризується *нерівномірністю та має тенденцію до зменшення, яка більш різко виражена на півдні.* Власне ґрунтовий покрив еволюціонує від світло-каштанових до каштанових – темно-каштанових – південних чорноземів – звичайних чорноземів (Дмитрук, 2008).

За поширеного уявлення про етнічну історію Давньої України як сповнену міграцій і колонізаційних рухів, історія таврів від самих першопочатків пов'язана з Україною, з Кримом. На тлі «прийшлих» кімерійців, скіфів, сарматів, гуннів і десятків інших народів нашої давньої історії, *таври* у розумінні сучасних істориків постають чи неєдиним народом-автохтоном. На їхнє переконання етнонім таври простежується тут упродовж значного історичного відтинку: він першим постає серед етнічних найменувань Північного Причорномор'я (у Гомера, близько XVI

ст. до н. е.) і зникає лише через два з половиною тисячоліття – у XIII ст., після монгольської навали на Русь. Цей етнос-автохтон запровадив виноградарство й оброблюване землеробство, зокрема, запряг биків для оранки землі, що докорінно змінило природний процес трансформації ґрунтового покриву.

Також, у Північному Причорномор'ї певний вплив на трансформацію ґрунтового покриву могли справляти інші етноси, зокрема зі складовою частиною скіфського етносу – *гелонами* пов'язувалося інтенсивне землеробство та виноградарство, вирощування злаків у приморській області на лівобережжі Дніпра (Наливайко, 2007), поблизу так званого Ахіллового бігу (сучасна Тендрівська коса). Тут природний розвиток ґрунтового покриву також міг відчувати на собі вплив оброблюваного землеробства.

Ймовірно, перший значний вплив діяльності людини щодо використання земельних ресурсів належав такому етапу в історії України, як антична епоха у Причорномор'ї – VII ст. до н.е. – IV ст. н.е. На той час перенаселеність Греції, відсутність вільних земель, інтенсивний розвиток торгівлі у Середземномор'ї та низка інших геополітичних причин обумовили експансію колонізації Північного Причорномор'я і першим грецьким поселенням у цьому регіоні стала Борисфеніда на о. Березань. У подальшому греки заснували Ольвію, Херсонес, Тіру, Феодосію, Ніконій, Керкініду. Цей немалий перелік одразу дає зрозуміти, що острівне розташування першого міста-держави на острові Березань, поставило завдання вирощування сільськогосподарської продукції і таке мало статися на материковій частині регіону. Щільна мережа сільських поселень виникла також навколо Ольвії, де розташовані родючі південні чорноземи та інших полісів. Тодішні аграрії забезпечували міста-держави продукцією оброблюваного

землеробства (пшениця, ячмінь, просо, жито), й досі зберігаються у межиріччі Південного Бугу та Березані високоефективне виноградарство та садівництво. Сільськогосподарська продукція служила як для забезпечення життєздатності місцевого населення, так і для торгівлі з іншими землями. Згадку про інтенсивне перетворення ґрунтового покриву навколо міст-держав несуть місцеві топоніми, на кшталт, урочище «Сто могил»<sup>1</sup>, а також численні кургани межиріччя. Існують також достовірні наукові свідчення збільшення числа просторово-часових структур в морфологічній будові земельних ресурсів старого освоєння, що обумовлено тривалою історією прямих та опосередкованих антропогенних трансформацій ґрунтового покриву та ландшафтних відмін межиріччя Південного Бугу та Березані (Лісецький, 2000).

Археологічна періодизація України у подальшому вказує на низку історичних етапів розвитку держави, з плином яких не відбувалося значне використання земельних ресурсів у Північному Причорномор'ї. Печеніги, які з'явилися у південноукраїнських степах наприкінці IX ст., половці, які витіснили печенігів із Причорномор'я у першій половині XI ст., хоча й здійснили до початку XIII ст. кількадесят великих походів на Русь, все ж залишалися кочовиками і не використовували родючі землі півдня України.

Кочові народи залишили помітний слід в історії України. Протягом століть вони впливали на розвиток українських земель, на формування матеріальної і духовної культури населення країни. Перелік часів мешкання кочових народів у південноукраїнських степах, попри

свій значний спектр, не вказує на можливості інтенсивного використання земельних ресурсів дослідженої території, а має лише пізнавальне значення.

Складною і суперечливою постає, за численними свідченнями історичних джерел, історія Північного Причорномор'я у часи Золотої Орди. Як відомо, ця держава кочівницького типу існувала між 1240 – 1502 роками у степах Східної Європи (що стосується дослідженої території) та Центральної Азії і Західного Сибіру. Обмежені відомості про характер господарювання на землях дослідженої території можна отримати історичних джерел, які вказують на збори від підкорених земель – «давати їм десятю частину від всього – як від людей, так і від майна». Були встановлені податки з плуга («плужне»), мито, податок з двору («подвірне»), корм (перевезення і утримання ханських послів). Переписи населення і майна були регулярними, а перший такий перепис відбувся у Південній Русі на рубежі 1245-1246 рр. Тим самим *ідентифікуються певні види господарської діяльності*: пасовищне тваринництво, орне землеробство, домашнє тваринництво, городництво, які свідчили про певне використання земельних ресурсів регіону.

Наведені дані передбачають існування численних поселень на дослідженій території та окремих господарств. Свідчення історичних джерел, топоніміка Північного Причорномор'я, народна творчість українського етносу, що мешкав в українських степах та інші ознаки формування етносів дають підставу зрозуміти місце розташування поселень (зазвичай у долинах річок та старих балках, при злитті декількох річок, ярів, балок). Розумінню цього сприяють дослідження українських ландшафтознавців, зокрема, В. Пашенка (1987), який констатує поширення переважно ерозійних ландшафтів, представлених вже згаданими формами рельєфу. Із цих

<sup>1</sup> - топонімічні пошуки на сьогодні є марними, оскільки після виселення німецького етносу більшість географічних назв була замінена радянськими назвами, які не мають ніякого відношення до історичних подій, відображених у справжній топоніміці.

фактів також можна скласти уявлення про характер господарської діяльності: плодоовочеве господарство у річкових долинах та вироблених великих балках, виноградарство на схилах зручної експозиції, оброблюване землеробство на прилеглих ділянках межирич.

Відповідно природний розвиток ґрунтового профілю зазначених місцевостей (по суті – форм рельєфу) та його подальша природна та антропогенна трансформація могли відбуватися за відомими закономірностями. Можна очікувати наявність на ті часи ерозійних процесів на схилах річкових долин (саме у степовій зоні мають місце ерозійно небезпечні опади з інтенсивністю 1-2 мм/хв.), процесів площинного змиву та ін., які могли виникати або активізуватися під впливом агротехнічної діяльності. Малоімовірно, що тогочасне сільськогосподарське землекористування супроводжувалося елементарними протиерозійними заходами, як це траплялося в античні часи навколо міст-держав, про що свідчать результати дослідження Ф. Лісецького (2000), оскільки статус кочівницької держави Золота Орда (на дослідженій території у подальшому – її Кримське ханство) не давав можливості стабільному розвитку господарської діяльності.

Історична інформація дозволяє стверджувати, що у Дикому Полі, яке простягалося від узбережжя Чорного та Азовського морів приблизно до південної межі Лісостепу України, не було постійних мешканців (а відтак і ознак інтенсивного оброблюваного землеробства), окрім козаків, які силою обставин здійснювали агресивні набіги і воєнні походи, але завжди поверталися на місце свого розташування – на Січ.

Конкретні знання про місцевості Дикого Поля обумовили те, що запорожці першими заселяли степові «пустелі» середньої та південної України. Їхні поселення започаткували у подальшому утворення міст і

містечок, які розвинулись із запорозьких зимівників, хуторів, сіл. Вони першими обробляли безлюдні території з родючими ґрунтами, придатними для вирощування зерна на межириччях та добре зволуженими ґрунтами річкових долин і балок, де могла вирощуватися городина. Зародження ефективного землеробства і сталого пасовищного та домашнього тваринництва призвело до використання земельних угідь у все зростаючому обсязі. На ці часи припадає початок певної трансформації ґрунтового покриву Причорномор'я, у тому числі – виникнення ерозійних процесів та процесів площинного змиву на схилах різного ухилу, оскільки саме по річкових долинах і великих балках (тут насамперед започатковувалися процеси на схилах) виникали і розвивалися поселення Дикого Поля. А при підніжжі схилів на делювіальних шлейфах, які відповідають у часі інтервалу формування першої надзаплавної тераси малих річок Причорномор'я, формувалися поселення і оброблялися родючі ґрунти, наміті тут процесами площинного змиву упродовж тисячоліть формування делювіальних шлейфів.

Історичні відомості про існування у межах «Вольностей Війська Запорозького» 53 поселень та окремих урочищ з 44 церквами, 13 каплицями, двох скитів та однієї молитовної ікони, функціонування 16 церковно-парафіяльних шкіл, а також трьох спеціальних шкіл, поліпшеного типу (Субтельний, 1991) заставляє припускати стабільність і тривалий час існування вказаних поселень, звідки випливає очевидність ведення постійної сільськогосподарської діяльності у царині рослинництва і тваринництва. Щоправда, господарство самої Січі спиралося переважно на полювання, рибальство, бортництво, а також солеваріння в гирлі Дніпра, але потреба в зерновому і круп'яному рослинництві, овочевій та городній продукції вочевидь

передбачала використання оброблюваного землеробства, звідки можна очікувати певної трансформації ґрунтового покриву. Турецько-татарські набіги час від часу зупиняли процес освоєння земельних ресурсів Дикого Поля, тому з відродженням наступного господарювання відроджувалися земельні ресурси.

Унаслідок приєднання Причорномор'я до Російської імперії значно змінилися масштаби господарської діяльності у цьому регіоні. Історичні відомості свідчать (Субтельний, 1991), що тепер до складу Південної України (Степу) входили володіння знищеної Запорізької Січі, а також Причорноморські землі, захоплені Росією внаслідок російсько-турецьких війн другої половини XVIII – початку XIX ст.

Загальновідомо, що імперський уряд заохочував також переселятися на вільні землі Півдня іноземних колоністів. Серед тих, хто переселився сюди упродовж першої половини XIX ст. найбільше було вихідців з Німеччини. Переселенські процеси стали причиною значної строкатості етнічного складу населення Півдня. Тут українці складали близько 74% населення, росіяни – 12%, молдавани – 9% (Данильченко, 2009). Серед інших народів, які населяли Південь, були серби, поляки, німці, болгари, угорці, євреї та ін. Кожен із етносів зазвичай приносив на землю Причорномор'я культуру своєї господарської діяльності, проте, вказані етнічні відміни регіону не могли ігнорувати основного природного потенціалу цих земель – надзвичайно сприятливої кліматичної обстановки та унікального родючого ґрунтового покриву. Слід зі значною часткою ймовірності припустити, що *розпочиналася їхня участь в освоєнні цього Краю з традиційного пасовищного тваринництва та садівництва, продовжувалася орним землеробством та пасовищно-стійловим утриманням худоби, виноградарством та, почасти – вирощуванням лікарських рослин.*

Історична довідка. Добре відомо, що наприкінці XVIII ст. численні родини німецьких менонітів на пропозицію імперського уряду перебралися до Російської імперії на її вільні землі. Цій категорії переселенців була обіцяна свобода віросповідання, вони були звільнені від військового обов'язку та усіх податків терміном на 10 років, було надано кожній родині 65 десятин землі та 500 рублів. Упродовж 1789 року менонітами була заселена Хортицька округа Катеринославського намісництва. Хвилі переселення менонітів визначили головну тенденцію освоєння значної території Північного Причорномор'я: меноніти прийшли надовго, а господарська діяльність була спрямованою на освоєння, насамперед, земельних ресурсів.

Історичні розвідки свідчать, що колонізаційний процес у цьому регіоні розвивався у декількох напрямках: шляхом використання принципу просторого землеволодіння (поміщицька колонізація), залучення іноземних переселенців та так звана «народна колонізація». Внесок іноземних переселенців у колонізацію Північного Причорномор'я був значним, проте, не остаточним. Тільки після ліквідації Запорізької Січі розпочалася масова урядова колонізація цієї території. У процесі колонізації Краю освоювалися різні види природних ресурсів Причорномор'я, найважливішим з яких були земельні. Констатується, що з понад 14,5 млн. десятин землі близько 60 % до кінця XVIII ст. були *розорані і інтенсивно використовувалися у землеробстві.* Традиційно, значна роль належала скотарству, найбільша частка належала великій рогатій худобі, коням і вівцям.

Наведені дані є особливо важливими у контексті цієї статті, оскільки є відправною точкою в аналізі причин трансформації ґрунтового покриву регіону. Саме інтенсивне заселення Дикого Поля дозволяє

розпочати дослідження чинників, які сприяли *початку інтенсивного використання земельних ресурсів*. Послідовність розвитку галузей господарства Північного Причорномор'я, як свідчать численні джерела, мала наступний вигляд: *тваринництво*, зокрема, вівчарство з його давніми традиціями у регіоні кочового господарства, *велика рогата худоба*, яка мала важливим споживачем на той час армію і флот імперії, *виноробство*, яке здавна було найпоширенішим заняттям мешканців Півдня, проте, зміни у попиті на світовому ринку (обвал цін на вовну у зв'язку з розведенням овець в Австралії і зростання попиту на хліб) сприяли виходу у лідери в господарстві Краю *виращування зернових культур*. Завдяки високій родючості південних чорноземів врожаї зернових культур тут у 1835 році «перевищували кількість посіяного зерна у двадцять разів». Вирощуванню зернових сприяла і велика кількість вільних земель, а зростання попиту на пшеницю за кордоном спонукало до освоєння цих земель. Зернові, вирощені на причорноморських землях, експортувалися до країн Європи та в Туреччину.

Різке зростання оброблюваного рослинництва у Північному Причорномор'ї мало ту особливість, що упродовж усього часу заселення регіону переважну більшість у національному складі переселенців становили українці, і саме ця етнічна група Краю з її традиційним «потягом до землі» домінувала у національному складі. Унаслідок цього український етнос відіграв вирішальну роль в заселенні та освоєнні Причорномор'я, яке, таким чином, приблизно з кінця XVIII ст. приєдналося до основної української етнічної території. З цього часу правомірно постає його назва – Південна Україна, яка перетворюється на одну із *головних баз товарного зернового господарства Російської імперії*.

Вже через нетривалий час

традиційно найбільшу питому вагу Південна Україна займала в хлібному експорті. Основна маса хліба для зовнішнього ринку надходила з родючих степів Причорномор'я і Приазов'я, де інтенсивно розвивалося капіталістичне землеробство. Відповідно, масштаби орного землеробства були значними і сприяли *розвитку ерозійних процесів та площинного змиву*.

Отже, на кінець XIX століття остаточно оформлюється статус Північного Причорномор'я, як могутнього сільськогосподарського ресурсу Півдня України. У контексті завдання, поставленого у назві цієї статті, саме ця обставина *диктує необхідність детального вивчення чинників формування, змін у процесі використання та трансформацій ґрунтового покриву регіону*, такого важливого в структурі господарства усієї сучасної України.

Слід відзначити важливі висновки щодо періодизації господарського освоєння території Північного Причорномор'я і змін природних умов унаслідок сільськогосподарського природокористування на території Запорізької області (Гурова, 2002). Отримані результати дозволяють скористатися його найсуттєвішими результатами і екстраполювати наведені у ній висновки щодо змін унаслідок сільськогосподарського природокористування на територію нашого дослідження. Можна погодитися з дослідником, яка уточнила і доповнила історичну періодизацію антропогенного впливу на ландшафти Запорожжя, виділивши п'ять історичних етапів природокористування в регіоні.

Зазначені вище історичні узагальнення обумовлюють *визначення наступних етапів*, упродовж яких стан ґрунтового покриву перебував під значним впливом певних чинників природного та антропогенного походження.

1. *Розвиток процесів площинного*

змиву на розораних схилах річкових долин та балок. У міру розорювання родючих ґрунтів півдня України, яке розпочиналося на околицях поселень (останні концентрувалися, передусім, у днищах річкових долин та балок), тобто, на навколишніх схилах, варто припустити, що саме на цих, найближчих до поселень ділянках, орне землеробство (угіддя для зернових, плодоовочевих культур та виноградники) спричинювало поширення ерозійних процесів на площинного змиву ґрунтового покриву.

2. Оскільки вільні землі родючих і добре зволжених заплавл швидко втягувалися в сільськогосподарське виробництво, то за умов панування екстенсивного характеру землеробства на родючих землях Півдня України обумовлював поступовий вихід землекористувачів на межирічні ділянки, де масштаби розорювання угідь ставали все більшими. За відсутності на той час лісосмуг, якими нині вкрита чи не уся територія степової зони України, варто було очікувати розвитку процесів вітрової ерозії, які легко виникали і міру збільшення площі зораних угідь.

3. Оранка все зростаючої площі земельних угідь і наступна сезонна вегетація зернових та інших культур обумовлювали посилену інфільтрацію поверхневого стоку на певних ділянках межиріч та аномальне змочування материнських порід регіону (порід лесової формації), що могло призводити до їхнього до ущільнення і утворення нових степових блюдець, формування яких у цьому разі відбувалося значно швидше, ніж аналогічний природний процес.

4. У місцях наявності різких перегинів земної поверхні (бровки схилів балок та річкових долин) посиленна інфільтрація була у змозі сильніше поповнити перший від поверхні водоносний горизонт (на поверхні порід червоноколірної формації) і сприяти час від часу вияву процесів зсування. Не виключено, що формування степових блюдець біля

бровок схилів могло обумовити їхню роль як водозбірних ліжок у присхилових ділянках межиріч, які у подальшому здатні були стати причинами виникнення ерозійних борозен, вимоїн та неглибоких ярів.

5. Процес інтенсивного використання земельних ресурсів з сільськогосподарською метою з ймовірним розвитком процесів, зазначених вище, на початковій стадії відбувався майже без будь-яких меліоративних заходів, хоча не можна відкидати певних локальних заходів землекористувачів, спрямованих на місцеві поліпшення стану земної поверхні, а, відтак – ґрунтового покриву. Без сумніву, вирівнювалися орні угіддя на схилах поблизу поселень (примітивні штучні тераси), засипалися новоутворені ерозійні борозни і вимоїни тощо.

6. Відомі суспільні події в Російській імперії, а у подальшому – у колишньому СРСР (перша світова війна, жовтневий переворот, громадянська війна, колективізація, голодомор, друга світова війна), які зумовлювали відсутність прогресу у раціональному використанні земельних ресурсів і поготів не справляли належного позитивного впливу на стан ґрунтового покриву Північного Причорномор'я. Проте, спроби здійснити комплекс заходів з охорони ґрунтового покриву і поліпшення урожайності сільськогосподарських культур простежуються виразно.

7. Одним із видів ефективного поліпшення в цілому біопродуктивності земельних угідь є лісосмути. Ще у 1891 році після сильної посухи спеціальна експедиція лісового департаменту Міністерства землеробства під керівництвом В. Докучаєва створила на півдні Російської імперії три дослідницькі ділянки, на яких були створені лісозахисні смуги і проводилися наукові спостереження за впливом полезахисних лісосмуг на навколишнє середовище у врожайність сільськогосподарських культур. Однак, у 1908 році дослідження були згорнуті,



а упровадження полезахисного лісорозведення у практику сільського господарства було припинено. Натомість, виникнення час від часу пилових бур переконливо свідчило про *необхідність створення захисних лісосмуг не тільки для пом'якшення негативного впливу вітрової ерозії, але й для поліпшення стаду доквілля степових регіонів в цілому.*

Стратегічна невизначеність у використанні земельних ресурсів у сільському господарстві на теренах Російської імперії та колишнього СРСР упродовж першої половини ХХ ст. та низький на той час рівень механізації агротехнічних заходів обумовлювали слабе використання фіто меліоративних заходів (полезахисних лісосмуг), які мають не тільки захисне значення для стану ґрунтового покриву, але й сприяють загальному поліпшенню екологічної обстановки степових регіонів. Інтенсивні роботи по створенню лісосмуг розпочалися лише після 1945 року і за короткий час набули значного поширення в усіх сільськогосподарських районах Причорномор'я. Завдяки своїй різноманітності захисні лісосмуги *справляють значний вплив на стан та трансформацію ґрунтового покриву.*

Сучасний етап у сільськогосподарському використанні земельних ресурсів, починаючи з повоєнного часу, який розпочався з упровадженням у орне землеробство *потужної землеобробної техніки і, таким чином, докорінно змінив інтенсивність обробки земель, потребує окремого висвітлення не тільки в частині агротехнічної діяльності, але й завдяки участі у трансформації ґрунтового покриву* усього комплексу антропогенного перетворення рельєфу земної поверхні, особливо в такому освоєному на сьогодні регіоні, як Північне Причорномор'я. А причин розглянути вплив антропогенного рельєфу на стан ґрунтового покриву більш, ніж достатньо: розвинене портове господарство, щільна мережа

автомобільних та залізничних шляхів, прокладання магістральних каналів, гірничодобувна промисловість, контрастуючі у рельєфі насипи та виїмки автошляхів та залізниць – свідки значного переміщення товщі осадових порід в цілому, та ґрунтового покриву, зокрема, траси магістральних нафтопроводів та регіональної газової мережі й інших підземних комунікацій, сліди давньої белігеративної діяльності та сучасної діяльності на військових полігонах, інфраструктури прикордонного радіолокаційного контролю, а також в районах бойових дій та ін.

Із наведеного вище можна зробити наступні **ВИСНОВКИ**:

1. Зазначений історичний екскурс, ілюстрований послідовними етапами заселення дослідженої території і відповідними видами господарської діяльності, особливостями кліматичних умов степової зони, геоморфологічних морфолого-генетичних поверхонь та літологічних умов верхньої частини геологічного розрізу регіону вказує на *необхідність спрямування концентрації дослідницьких зусиль на встановлення співвідношень і виведення закономірностей формування ґрунтового покриву у геоморфологічному середовищі, його перетворення унаслідок зростання чисельності населення, різноманітності господарського використання, потужних меліоративних заходів.*

2. Вказаний регіон сучасної України, на наш погляд, може інтерпретуватися як ключовий для усього Причорномор'я, оскільки охоплює властиву усьому регіону сукупність тектонічних, літологічних та геоморфологічних особливостей доквілля, інших складників доквілля, а саме:

- різноманітність тектонічних закономірностей в орографії та річковій мережі, достовірні та ймовірні тектонічні порушення та ділянки висхідних та низхідних тектонічних рухів слабкої активності;

- строкатість стратиграфічних та літологічних комплексів з підвищенням і зниженням заляганням фундаменту нахиленої увалистої та горизонтальної пласкої рівнини на неогенових відкладах;

- значні відмінності в геоморфологічній будові окремих територій Причорномор'я, обумовлених присутністю різних морфологічних ознак, генетичних типів рельєфу, часом формування різних геоморфологічних таксонів та інтенсивністю перебігу сучасних геоморфологічних процесів;

- значні площі поширення

«фонових» генетичних типів ґрунтів (переважно на межиріччях), та локальні ділянки поширення строкатого ґрунтового покриву, обумовленого значною роллю рельєфу земної поверхні;

- історично обумовлена послідовність заселення регіону і відповідно – різна міра активності господарської діяльності, зумовлена зміною характеру господарської діяльності – від локального навколо поселень та у приморській зоні, до регіонального, пов'язаного з експансією аграрного виробництва і розвитком зрошуваного землеробства.

### Список використаних джерел

Буданова В. П., Горский А. А., Ермолова И. Е. Великое переселение народов: этнополитические и социальные аспекты (Серия «Византийская библиотека. Исследования»). СПб. : Алетейя, 2011. 336 с.

Гурова Д. Д. Зміна ландшафтів під впливом сільськогосподарського землекористування на території Запорізької області (кінець XVIII-початок XX століття) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.01. Київ, 2002. 20 с.

Данильченко О. П. Етнічний розвиток і міжнародні зв'язки Півдня України (Кінець XIII - перша чверть XX століття). Владивосток, 2009. 120 с.

Дмитрук Ю. М., Матвіїшина Ж. М., Слюсарчук І. І. Ґрунти Траянових валів: еволюційний та еколого-генетичний аналіз. Чернівці : Рута, 2008. 228 с.

Дмитрук Ю. М., Слюсарчук І. І. Окремі показники ґрунтів, похованих під Траяновим валом. *Землеустрій і кадастр*: науково-виробничий журнал. 2010. №4. С. 52–62.

Залізняк Л. Л. Нариси стародавньої історії України. Київ : Абрис, 1994.

Золотун В. П. Некоторые свойства палеопочв и вопросы датировки курганов на юге Украины. Материалы по археологии Северного Причерноморья Одесского археологического музея. 1970. №6. С. 168–181.

Золотун В. П. Развитие почв юга Украины за последние 50-45 веков : автореф. дисс. ... д-ра с/х наук. Киев, 1974. 74 с.

Лисецкий Ф. Н. Пространственно-временная организация. Белгород : Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. 304 с.

Пащенко В. М. Методологические проблемы ландшафтоведческого анализа и синтеза : дисс. ... д-ра геогр. наук : 11.00.01. Киев, 1991. 447 с.

Полупан Н. И. Влияние микрорельефа склоновых земель на процессы эрозии. Почвоведение. 1998. №6. С. 753–762.

Вахрушев Б. О. та ін. Рельєф України : Навчальний посібник. Київ : Слово, 2010. 688 с.

Светличный А. А., Черный С. Г., Швобс Г. И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. Сумы : «Университетская книга». 2004. 410 с.

Скадовский Г. А. Белозерское городище Херсонского уезда Белозерской волости и соседние городища и курганы между низовьем р. Ингульца и началом Днепровского лимана. Труды VIII Археологического съезда. 1987. Т. 1. С. 75–160.

Субтельний О. Історія України. Київ : Либідь, 1991. 512 с.

Цацкин А. И. Палеопедологические реконструкции для позднего плейстоцена юго-запада Русской равнины : автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Москва, 1980. 24 с.

**References (translated & transliterated)**

- Budanova, V. P., Gorskiy, A. A., Ermolova, I. E. (2011). Velikoe pereselenie narodov: etnopoliticheskie i sotsialnye aspekty [The Great Migration of Nations: Ethnopolitical and Social Aspects] (Series "Byzantine Library. Studies"). Aletyya [in Russian].
- Danylchenko, O. P. (2009). Etnichnyi rozvytok i mizhnarodni zv'yazky Pivdnya Ukrainy (Kinets XIII – persha chvert XX stolittya) [Ethnic development and international relations of the South of Ukraine (the end of the 13th – the first quarter of the 20th century)].
- Dmytruk, Yu. M., Matviishyna, Zh. M., Slyusarchuk, I. I. (2008). Grunty Trayanovykh valiv: evolyutsiynyi ta ekoloho- henetychnyi analiz [Soils of the Trajan ramparts: evolutionary and ecological-genetic analysis]. Ruta.
- Dmytruk, Yu. M., Slyusarchuk, I. I. (2010). Okremi pokaznyky hruntiv, pokhovanykh pid Trayanovym valom [Individual indicators of soils buried under Trajan's rampart: scientific publication]. *Zemleustriy i kadastr*, 4, 52–62.
- Hurova, D. D. (2002). Zmina landshaftiv pid vplyvom silskohospodarskoho zemlekorystuvannya na terytorii Zaporizkoi oblasti (kinets XVIII – pochatok XX stolittya) [Change of landscapes under the influence of agricultural land use in the Zaporizhzhya region (end of the 18th – beginning of the 20th century)] [PhD Thesis Abstract, Institute of Geography of NAS of Ukraine] [in Ukrainian].
- Lysetskyi, F. N. (2000). Prostranstvenno-vremennaya orhanyzatsyya [Spatial-time organization of agricultural landscapes]. Belgorod: BSU Press [in Russian].
- Pashchenko, V. M. (1991). Metodolohycheskye problemy landshaftovedcheskoho analiza y synteza [Methodological problems of landscape analysis and synthesis] [Dr. Sci. Thesis, S.I.Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine] [in Russian].
- Polupan, N. Y. (1998). Vlyyanye mykrorelefa sklonovykh zemel na protsessy erozyi [Influence of microrelief of sloping lands on erosion processes]. *Pochvovedenye*, 6, 753–762 [in Russian].
- Skadovskiy, H. L. (1897). Belozerskoe horodyshche Khersonskoho uezda Belozerskoy volosty y sosednye horodyshcha y kurhany mezhdru nyzovem r. Ynhultsa y nachalom Dneprovskoho lymana [Belozerskoye settlement of the Kherson district of the Belozersky volost and neighboring settlements and mounds between the lower reaches of the river. Ingulets and the beginning of the Dnieper Estuary]. *Trudy VIII Arkheolohycheskoho sezda*, Vol. 1, 75–160 [in Russian].
- Subtelnyi, O. (1991). Istoriya Ukrainy [History of Ukraine]. Lybid [in Ukrainian].
- Svetlychnyi, A. A., Chernyi, S. H., Shvebs, H. Y. (2004). Erozyovedenye: teoreticheskye y prykladne aspekty [Erosion Studies: theoretical and applied aspects]. "Unyversytetskaya knyha" [in Russian].
- Tsatskyn, A. Y. (1980). Paleopedolohycheke rekonstruktsiyi dlya pozdneho pleystotsena yuho-zapada Russkoy ravnyny [Paleopedological reconstructions for the Late Pleistocene of the southwest of the Russian Plain] [PhD Thesis Abstract, MSU] [in Russian].
- Vakhrushev, B. O., Kovalchuk, I. P., Komliev, O. O. et al. (2010). Relief Ukrainy : navchalnyi posibnyk [Landforms of Ukraine : Textbook]. Slovo [in Ukrainian].
- Zaliznyak, L. L. (1994). Narysy starodavnoi istorii Ukrainy [Notes on the ancient history of Ukraine]. Abrys.
- Zolotun, V. P. (1970). Nekotorye svoystva paleopochv y voprosy datyrovky kurhanov na yuhe Ukrainy [Some properties of paleo-soils and dating questions of barrows in the south of Ukraine]. *Materyaly po arkheolohiyi Severnoho Prychernomor'ya Odesskoho arkheolohycheskoho muzeya*, 6, 168–181 [in Russian].
- Zolotun, V. P. (1974). Razvytye pochv yuha Ukrainy za poslednye 50-45 vekov [Soil development in the south of Ukraine over the past 50-45 centuries] [Dr. Sci. Thesis Abstract] [in Russian].

Отримано: 15 серпня 2022  
Прийнято: 18 вересня 2022



УДК 551.4.08+ 379.847

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.123-142

## АНАЛІЗ ГЕОМОРФОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІРСЬКОЛИЖНИХ ТРАС ДЛЯ ОЦІНКИ ТУРИСТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

А. В. Орещенко<sup>1</sup>

*Дослідження присвячено оцінці туристичного потенціалу трас для катання на гірськолижних курортах Українських Карпат. Предметом дослідження є аналіз природних (геоморфологічних) характеристик трас і встановлення їх впливу на її спеціалізацію і придатність для катання.*

*Вибрано 24 траси, які розміщені на семи гірськолижних курортах в різних частинах Українських Карпат. Для кожної з них виконано побудову поздовжніх і поперечних профілів по цифровій моделі рельєфу за допомогою QGIS. Отримані профілі дозволили визначити геоморфологічні характеристики і виконати візуальну оцінку полотна траси. На кожний курорт складені картосхеми, які відображають конфігурацію гірськолижних спусків.*

*Встановлено середній ухил гірськолижних трас, який складає 9,5° (максимальний – 13°, мінімальний – близько 3°) та його вплив на її складність. Протяжність трас змінюється від 1 км до 4 км, більшість з них має довжину до 1,8 км. Перепад висот становить від 50 м до 550 м, середнє – 315 м.*

*Візуальна оцінка профілів виявила суттєві нерівності, затяжні і ділянки траси з оберненим ухилом, які можуть погіршувати якість катання і становити небезпеку для гірськолижників. Більшість горизонтальних профілів є опуклими або рівними, що не є оптимальним для катання. Крім того, наявність пагорбів утворює «мертві зони».*

*Перелік морфометричних характеристик доповнено поперечним профілем полотна траси (опуклий, звігнутий, рівний, похилый). Більшість трас на вітчизняних гірськолижних курортах мають опуклі поперечні профілі або суттєвий їх нахил, що теж не є перевагою.*

*В табличному вигляді подано клас складності, довжину трас (точніше, горизонтального прокладення), перепад висот, крутизну схилу і наявність ділянки для гальмування.*

*У висновках визначено слабкі і сильні сторони вітчизняних курортів. Встановлено, що гірськолижні траси Українських Карпат є схожими за своїми геоморфологічними характеристиками і призначені для осіб, не вибагливих до катання. Тому вони поступаються іноземним курортам в межах Карпат. Відповідно, вітчизняні підприємці мають зосередитись на цій політиці та територіальній доступності, а також проектуванню нових трас і покращенні їх обслуговування.*

**Ключові слова:** гірськолижний туризм, морфометричні характеристики траси, поздовжній і поперечний профіль траси, якість, Українські Карпати.

<sup>1</sup> к. геогр. н., старший науковий співробітник лабораторії дослідження впливу кліматичних змін на водні ресурси

(Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ.)

andrey\_o@ihti.org.ua

ORCID: 0000-0002-8363-6885

## ANALYSIS OF GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SKIING TRACKS FOR TOURISTIC POTENTIAL EVALUATION OF UKRAINIAN CARPATHIANS

A. V. Oreshchenko

*The aim of the paper is to evaluate the quality of skiing tracks in the Ukrainian Carpathians. To do this we suppose to define a set of geomorphological characteristics of skiing tracks and determine their influence value on the tracks specialization and its suitability for skiing, also assess the touristic potential of the ski resorts of the Ukrainian Carpathians.*

*Methods and approaches of research borrowed from a similar study on the avalanches danger estimation of other ski resorts. We obtained a number of geomorphological characteristics of the tracks and visually estimated the quality of its bed using created lengthwise and cross-section profiles of skiing slopes using a digital relief model. The visual analysis identified the areas for braking, as well as significant inequalities, protracted areas and track parts with inversed inclination which make worse the quality of the skiing and is danger the skiers.*

*So the main research method is the cartographic modeling. We selected 7 ski resorts located in different parts of the Ukrainian Carpathians. The profiles were created using free Geographic Information System QGIS and open geospatial data of radar survey of the Earth's surface (SRTM and ASTER GDEM). We also compared received results with foreign similar studies.*

*Scientific novelty. There are defined the set of geomorphological characteristics of a ski slope in the article. There are the length of the track (or its horizontal projection), the level difference and the derivative characteristic is the steepness of the slope (as well as its maximum and minimum values).*

*This list was supplemented by cross-section profiles description (it may be convex, bent, flat or inclined). Altogether we compared 24 tracks of the Ukrainian Carpathians. There are created lengthwise and cross-section profiles for each of them and all results put into a table presented in the article.*

*Practical results. We made a conclusion that the skiing slopes of the Ukrainian Carpathians have similar geomorphological characteristics in most cases. The average slope of the tracks is 9.5°. The maximum value is 13° and the minimum is about 3°. The length of the tracks varies from 1 to 4 km and the length of majority of them is not exceeds of 1.8 km. The height difference is from 50 m to 550 m, the average mean is 315 m, which is not quite long. The configurations of the most horizontal profiles are convex or even, which is not optimal for skiing. In addition, the presence of hills makes "blind zones" which limit the visibility of the track and can cause a collision of skiers. Most of skiing track beds has convex cross-section profiles or they are significantly declined, which is also not an advantage.*

*Based on the received metric values we defined the weak and strong sides of the national resorts. The ski slopes haven't many complexity categories and are interesting for amateur skiers. Therefore the national resorts give way to foreign ones even located in the Carpathians which have a greater variety and more levels of complexity of tracks. This circumstance can be an obstacle to maintenance of tracks and increase requirements for corresponding equipment. So national skiing resorts should focus on pricing policies and territorial accessibility.*

**Key words:** *skiing tourism, morphometric characteristics of the skiing track, lengthwise and cross-section profile of track, quality, Ukrainian Carpathians.*

### Вступ

У наш час туристична галузь може бути важливою складовою національної економіки. Туристичний потенціал певної держави чи території залежить від багатьох факторів, які можна поділити на природні та соціально-економічні. Природні фактори визначаються географічним положенням території держави та її природними умовами. Їх змінити не можливо або такі зміни дуже коштовні, однак дослідження території з метою розкриття її туристичного потенціалу і вироблення рекомендацій щодо його

використання є важливим для розвитку національної туристичної галузі.

В Україні з-поміж природних об'єктів найбільший туристичний потенціал мають морська берегова лінія і гірські системи. До останніх належать Українські Карпати, які є місцем розташування більшості вітчизняних гірськолижних курортів.

Українські Карпати не є ідеальними для гірськолижного туризму. За віком вони належать до молодих гір (утворені в альпійську епоху горотворення), проте зовні

нагадують старі гори з пологими схилами та округлими вершинами. Це пов'язано переважанням у їх геологічній будові осадових порід (пісковики, глини, глинисті сланці), які легко піддаються руйнуванню. Це може накласти відбиток на конфігурацію трас і їх характеристики.

Крім того, Карпати є середньовисотними горами і не досягають снігової лінії, тому гірськолижні курорти на їх території матимуть сезонний характер роботи. Також загальновідомим є вплив абсолютної висоти гірськолижних трас на їх спеціалізацію (і курорту загалом). Високогірні траси вимагають більшої фізичної і професійної підготовки відпочивальників. З іншої сторони, утримання інфраструктури високогірного курорту більш коштовне.

Однак, цими показниками не обмежується придатність гірських схилів до організації на них трас для катання. Визначення оптимального переліку цих характеристик, збір даних по ним та їх аналіз дозволять визначити, наскільки Українські Карпати придатні для організації гірськолижних курортів. Порівняння їх із аналогічними показниками для інших гірських систем дозволить оцінити конкурентні позиції вітчизняної гірськолижної туристичної індустрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геоморфологічні дослідження Українських Карпат тривають уже понад півтора століття. Їх здійснювали австрійські, польські, українські та інші науковці у ході численних експедицій, аналізу картографічних матеріалів і даних дистанційного зондування Землі. Великий внесок у вивчення геоморфології Карпат зробили Л. І. Воропай і М. О. Куниця (Воропай, 1968), В. Бондарчук (Боднарчук, 1956), П. Цись (Цись, 1962), О. М. Маринич (Маринич, 1989). Серед вчених, які активно досліджують геоморфологічні особливості Карпатського регіону є Г. Рудько (Рудько, 2002), В. М.

Клапчук, Я. С. Кравчук (Кравчук, 2008), Р.О. Сливка (Сливка, 2001) та ін. На їх напрацюваннях ґрунтуються підходи до проведення цього дослідження. Із численних іноземних вчених можна відзначити Флорентіну Попеску (Popescu, 2009; Voiculescu, 2012), праця якої слугувала для вдосконалення методики цього дослідження.

Ціль статті також передбачає ознайомлення і з гірськолижним туризмом. Історія розвитку останнього в Карпатах (Шульга, 2013) і сучасна специфіка гірськолижних курортів (Медвідь, 2017) дозволяють з'ясувати сучасні тенденції цього виду туризму і обґрунтувати потребу виконання дослідження.

Відповідно, факторами успішної діяльності курорту є: географічне розташування, природні умови (рельєф) і клімат, наявність населення та інфраструктури, обладнання і якість гірськолижних трас. Автори (Медвідь, 2017) встановлюють залежність між висотою розташування курорту і ємністю туристів (високогірні – понад 1000 осіб на день, середньогірні – до 500 осіб на день і низькогірні – до 300 осіб на день). У статтях (Волкова, 2014; Szulga, 2014) підкреслюється важливість інфраструктури для розвитку гірськолижних комплексів.

Аналогічне дослідження проведено для Румунських Карпат (Pehoiu, 2010). У ньому фактори успіху комплексно представлені за допомогою SWOT-аналізу у табличному вигляді.

Стаття (Voiculescu, 2012) розкриває природні особливості (рельєф та кліматичні умови), сприятливі для зимового туризму та вплив на його розвиток інфраструктури та туристичного потоку. Із територіальною організацією мережі гірськолижних курортів України можна ознайомитись із роботи (Денисова, 2012).

З аналізу публікацій можна зробити висновок: українські автори чітко не виділяють головний показник – якість гірськолижної траси, яка, крім

технології її упорядкування, має природну складову – профіль спуску. В іноземних статтях наголошується на першорядній важливості рельєфу (висоти і ухилу) у гірськолижному туризмі.

Із праць з геоморфології (Воропай, 1968; Габчак, 2011; 2013; 2007; Маринич, 1989; Рудько, 2002; Сливка, 2001; Цись, 1962; Кравчук, 2008) було встановлено, що до морфометричних показників території, які є важливими для організації гірськолижних курортів, належать: абсолютні висоти, перепад висот, крутизна земної поверхні, експозиція схилів та горизонтальне розчленування рельєфу. Наприклад, експозиція схилів впливає на умови збереження снігового покриву та зручність катання (відсутність засліплення сонцем). Горизонтальне розчленування рельєфу характеризує ступінь розвитку ерозійної мережі та щільність розміщення на досліджуваній території окремих негативних чи позитивних форм (тальвегів, ярів, улоговин, западин, горбів, пасем тощо). Однак, траси гірськолижних курортів – це лінійні, а не площинні об'єкти. Аналіз їх морфометрії здійснюється за деякими іншими показниками та за іншою методикою.

Слід зазначити, що деякі автори (Габчак, 2011) взагалі не використовують метричні показники для оцінки значення рельєфу для розвитку екстремальних видів відпочинку, зокрема екстремального гірськолижного туризму.

Під час ознайомлення із дослідженнями виявилися суттєві розбіжності у значеннях крутизни схилів трас. Тому праця (Shealy, 2005) є критичною для оцінки публікацій. В ній визначається залежність між нахилом поверхні і середньою швидкістю, якої досягає гірськолижник. Наприклад, на трасах для досвідчених лижники досягають швидкості 43-46 км/год при куті нахилу схилу від 16 до 20°. Це вказує на те, що гірськолижні траси зі

значною крутизною схилу (від 25 до 45°) трапляються рідко і є малоприсадибними для катання через складність гальмування. Тому дослідження зі значною крутизною трас слід відкинути через необґрунтованість.

Не дивлячись на те, що в статті (Габчак, 2013) вивчаються геоморфологічні особливості рельєфу, автор не користується способами картометрії для перевірки геоморфологічних даних. Це приводить до твердження про середню крутизну схилів гір 30-45°, отриманої з карти крутизни схилів. Паралельно згадується крутизна схилів 3-5°, на якій проблемним є навіть повільний рух лижників.

У статті (Popescu, 2009) зазначено, що можливий нахил трас гірськолижного курорту може становити від 0 до 45°. Складність траси автор визначає за виміряним нахилом її профілю: 5-15° – для початківців, 15-25° для просунутих і 25-35° – для професіоналів. Відзначається складність догляду трас із кутом нахилу понад 35°.

З аналізу таких публікацій можна зробити висновок, що дослідження без проведення вимірювань по первинних картографічних матеріалах є необґрунтованими, як і оцінка лише відносних показників.

Таблиця із статті (Voiculescu, 2012) містить головні морфометричні параметри, зокрема реалістичні значення ухилу трас, який складає від 13,3 до 29,5°. На інших трасах цей показник складає від 7 до 30°.

До інших параметрів гірськолижних трас можна віднести: якість снігового покриття, якість схилів, різноманітність схилів, довжина траси, можливість виїзду за межі трас, а також ціновий пакет і якість обслуговування траси (Miragaia1, 2015).

За методикою проведення таких досліджень теж є багато напрацювань, які можна поділити на дві категорії.

Перша стосується обрахунку геоморфологічних показників гірськолижних трас (Бахмат, 2009; Гера, 2012; Popescu, 2009). Як правило, автори обирають застарілу технологію: сканування растрових карт та їх оцифровку з подальшою побудовою ЦМР по горизонталям і створення профілів. При наявності загальнодоступних даних радарної зйомки рельєфу на поверхню материків із більшою точністю.

Інша категорія публікацій присвячена можливостям програмного забезпечення й оцінці його придатності для задач, сумісних із аналізом параметрів гірськолижної траси. У статтях (Байрак, 2008; 2014) використовується ArcGIS, що недоступно в межах цього дослідження через відсутність її ліцензійної копії. Єдина якісна і безкоштовна ГІС – це QGIS. Особливості її використання для створення і аналізу ЦМР розкриваються у статтях окремих авторів (Черлінка, 2015; Mandarino, 2015; Rathipraba, 2018; Tzvetkov, 2018). Відомі й інші програми, які можуть знадобитися для геоморфології і палеогеографії. Наприклад, програму GoogleEarth можна використати для побудови профілів або для контролю правильності їх побудови.

Аналогічна методика (побудова ЦМР) і програмне забезпечення (ArcGIS), використані й іноземними авторами (Voiculescu, 2016; Covăsnianu, 2011; Marek, 2010), пристосовно до снігових лавин. Саме для (Voiculescu, 2016) характерне правильне визначення ухилу місцевості (від 25,4° до 35,4°) для організації трас.

Загалом у наукових публікаціях методика виконання дослідження розкривається нечітко, що загалом унеможливає здійснення контролю, покращення методики і досягнення повторюваності результатів. Виключенням є стаття (Covăsnianu, 2011), в якій методика розписана досконало і використовуються сучасні геодані: ASTER (Advanced Spaceborne

Thermal Emission and Reflection Radiometer).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На сьогодні немає чіткого переліку геоморфологічних характеристик, який дозволяє оцінити туристичний потенціал гірськолижної траси, тобто її придатність для катання. Крім того, немає методики оцінки гірськолижної траси, оскільки більшість досліджень зосереджені навколо снігових лавин. Водночас вибір ділянки для проектування траси є вкрай важливим для туристичної галузі. На сьогодні ця робота здійснюється «окопними засобами», в даному разі візуальним оглядом і обльотом території за допомогою дронів. Однак, ці способи неточно передають деталі рельєфу траси і прилеглої території. Також на сьогодні не здійснено спроб побудови профілів гірськолижних трас і не виконано їх порівняння.

Формулювання мети статті – визначити перелік геоморфологічних характеристик гірськолижних трас, оцінити значення їх параметрів і вплив останніх на спеціалізацію траси і придатність її для туристів, які мають різні навички катання, можливість встановлення інфраструктури та її обслуговування, а відтак вплив цих характеристик на туристичний потенціал гірськолижних курортів Українських Карпат.

Виконати побудову профілів трас кількох гірськолижних курортів Українських Карпат.

### **Матеріал і методи**

Методика оцінки гірськолижної траси має 3 складові: опис підходу до виконання дослідження, вибір гірськолижних курортів і трас для дослідження і технічну реалізацію.

1. Для аналізу лінійних об'єктів, якими є гірськолижні траси, більше придатні профілі, ніж карти розчленування території або крутизни схилів. Для оцінки гірськолижних трас варто використати поздовжні та поперечні профілі. Поздовжні профілі передають кількісні характеристики



траси: абсолютні та відносні висоти, довжину траси, дозволяють розрахувати середній ухил полотна траси. По ним можна візуально оцінити рівномірність останнього, виявити ділянки, несприятливі для катання. Поперечні профілі перетинають трасу гірськолижного курорту орієнтовно під прямим кутом. Вони надають додаткові відомості про ступінь її зручності і придатності для тривалого використання.

Слід зауважити, що рисунок поперечного профілю може змінюватися на всій довжині траси. Відповідно, для повної та об'єктивної оцінки ступеню її придатності слід проводити кілька поперечних профілів залежно від її довжини. Емпіричним шляхом визначено, що для коротких

трас достатньо 2-х профілів, для довгих оптимальним числом є 4.

Зіставлення профілів кількох трас дозволяє виконати їх порівняння і уникнути необ'єктивних висновків.

2. Для проведення комплексного дослідження було вибрано сім гірськолижних курортів: Буковель, Волосянка, Драгобрат, Мигове, Пилипець, Славське і Тисовець (рис. 1). Вони обиралися за кількома параметрами. Серед них є крупні (Буковель), середні (Славське) і невеликі (Тисовець). Також курорти розташовані на різних висотах (високогірний – Драгобрат), середньогірний – Тисовець, Славське; курорт Мигове розташований на висоті до 500 м над рівнем моря.

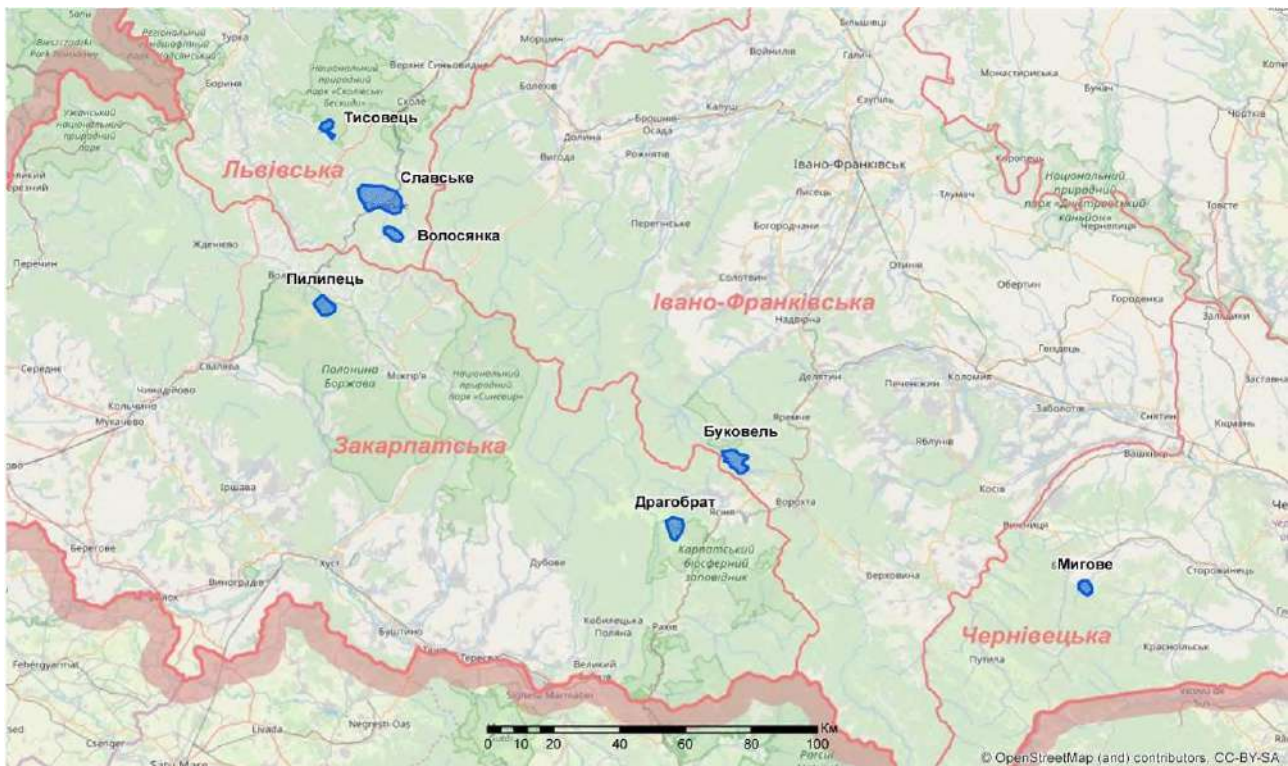


Рис. 1. Картосхема розміщення гірськолижних курортів в межах Карпатського регіону

Комплексність також покладена в основу вибору гірськолижних трас. Досліджувались різні за складністю траси, але відносно популярні, які відмічені на туристичних картосхемах і геопорталі OpenStreetMap. Складність траси визначалася за туристичними

картосхемами, розміщених на сайтах курортів. Ця інформація перевірялась візуально шляхом визначення її крутизни за щільністю горизонталей і рівномірністю ухилу за цим же показником.

Наявність і задіяність вибраних

трас перевірялась за космічними знімками геопорталу GoogleMaps. Оскільки на туристичних картосхемах наявні траси, які можуть не використовуватися через перешкоди, які виникли внаслідок антропогенної діяльності, зокрема яри на безлісних ділянках.

Робота з текстовими матеріалами виконувалась за допомогою сервісу Google Docs. Редагування растрових рисунків здійснено у графічному редакторі GIMP. Безпосередній аналіз геоморфологічних характеристик трас гірськолижних курортів здійснювався у географічній інформаційній системі QGIS. Отримані карти збережені у векторному форматі Adobe PDF з подальшою правкою контурів у програмі InkScape.

Основу вихідних матеріалів для дослідження становили дані дистанційного зондування (радарної зйомки рельєфу поверхні Землі), доступні у таких наборах даних: 1) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – має глобальне охоплення, за винятком територій на північ від 60° пн.ш. і на південь від 54° пд.ш; 2) ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) –

ЦМР з роздільною здатністю 15 м на піксель (охоплює 100% поверхні земної кулі) (Орещенко, 2010).

Для кожного із обраних гірськолижних курортів було створено цифрові моделі рельєфу і шар із горизонталями.

### Результати

Для кожного курорту складено картосхеми, які передають розміщення профілів 24 гірськолижних трас, вибраних для дослідження. Аналіз профілів дозволив отримати такі результати.

1. Середній ухил гірськолижних трас в межах наведених курортів Українських Карпат складає 9,5°. Максимальний ухил складає 13° – для траси 1R (H27-859) курорту Буковель (рис. 2 і 4) і траси № 2 курорту Славське (рис. 3 і 5). Мінімальний ухил складає 3° (курорт Пилипець) (рис. 6). Саме ухил полотна траси найбільше впливає на визначення рівня складності траси і визначає вимоги до кваліфікації відпочивальників, тобто рівня їх навичок. Оптимальним для курорту є наявність трас із кількома рівнями складності, що дозволяє розширити цільову аудиторію.

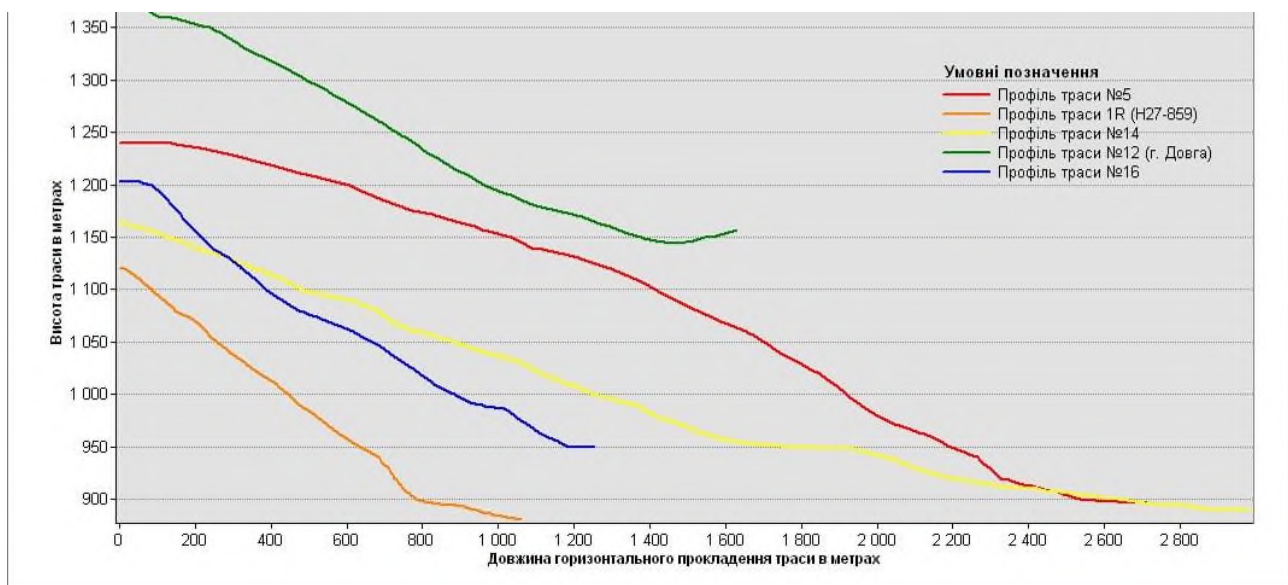


Рис. 2. Поздовжні профілі трас гірськолижного курорту Буковель

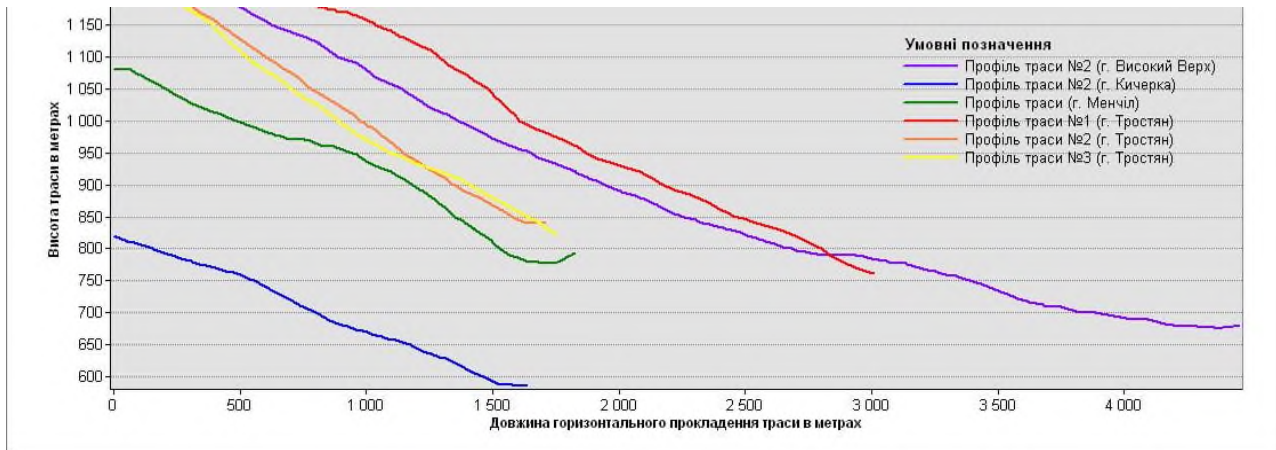


Рис. 3. Поздовжні профілі трас гірськолижного курорту Славське

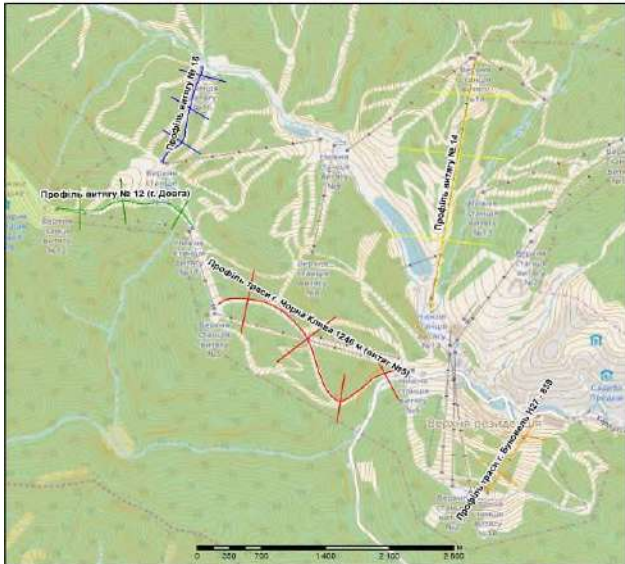


Рис. 4. Картосхема гірськолижного курорту Буковель

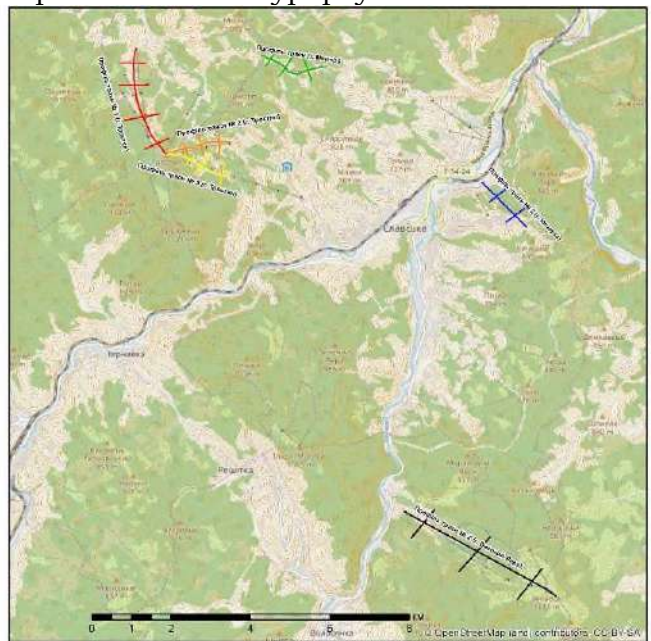


Рис. 5. Картосхема гірськолижного курорту Славське

Траси мають протяжність від 1 км до 4,5 км. Середня довжина траси складає 2,0 км, проте більшість трас трохи коротша (до 1,8 км).

Перепад висот становить від 50 м до 550 м. Середнє значення складає 315 м, що доволі небагато.

2. Рівномірність ухилу траси (відсутність ділянок зі значними нерівностями) загалом визначає якість траси і також впливає на професіоналізм. Траси з рівномірною крутизною краще утримують сніговий покрив, доступні для використання впродовж тривалішого проміжку часу. Траси з нерівномірним ухилом поверхні є відносно небезпечними для аматорів.

Наявність на трасі затяжних ділянок, які призводять до скупчення та можливого травмування гірськолижників вкрай небажана. Зручність траси підвищує наявність ділянки для гальмування.

Аналізуючи поздовжні профілі трас, можна помітити такі особливості конфігурації спусків. Переважна більшість спусків є опуклими або рівними. Це характерно для старих гір (або складених м'якими породами, як Карпати). Така конфігурація спусків не є оптимальною для катання, оскільки на початку руху лижник має набрати швидкість і зменшувати її до закінчення траси. Лише деякі траси мають

оптимальну конфігурацію схилу (траса №14 Буковелі, траси Волосянки).

Траси не є рівними (профільованими), наявність пагорбів

утворює «мертві зони», які обмежують видимість траси і можуть спричинити зіткнення гірськолижників. Наприклад, спуск із гір Менчіл і Тростян (Славське).

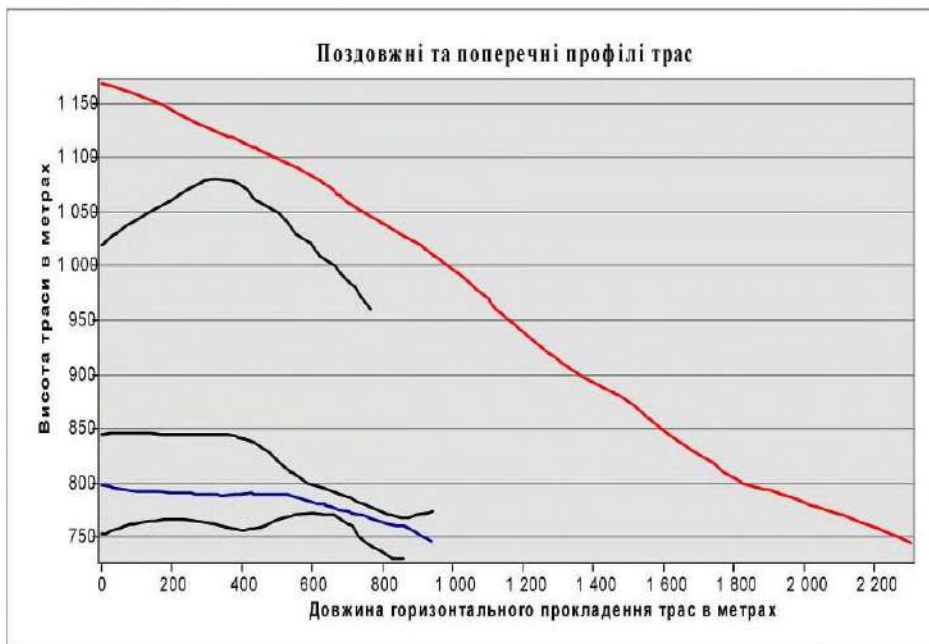
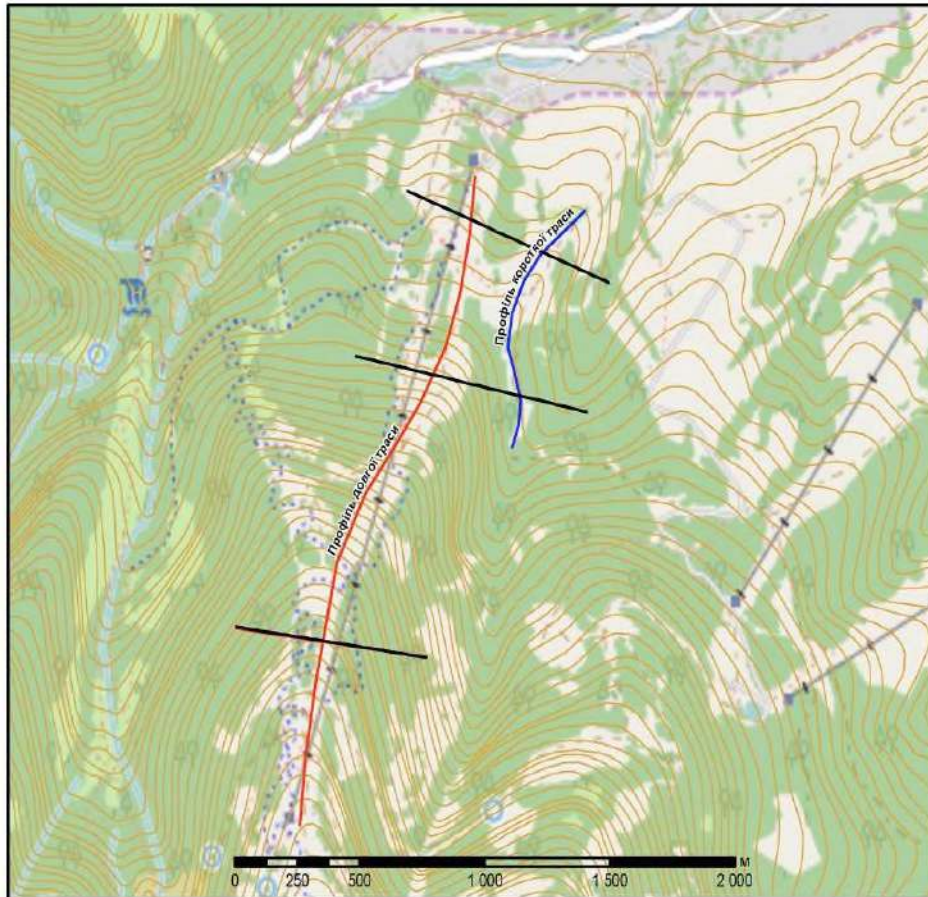


Рис. 6. Картохема і профілі гірськолижного курорту Пилипець

Деякі траси мають горизонтальні (або взагалі ділянки з оберненим ухилом), що ускладнює катання на них і потребує досвіду гірськолижників. Для подолання таких ділянок лижники мають набрати достатню швидкість (траса №14 Буковелі, спуск із г. Вел. Близниця курорту Драгобрат (рис. 7 і 8), коротка траса Пилипця).

3. Встановлено вплив поперечного профілю полотна траси на її придатність для катання. Цієї характеристики немає в Наказі Міністерства надзвичайних ситуацій № 1281, в якому подані правила безпеки з улаштування, експлуатації та утримання гірськолижних трас.

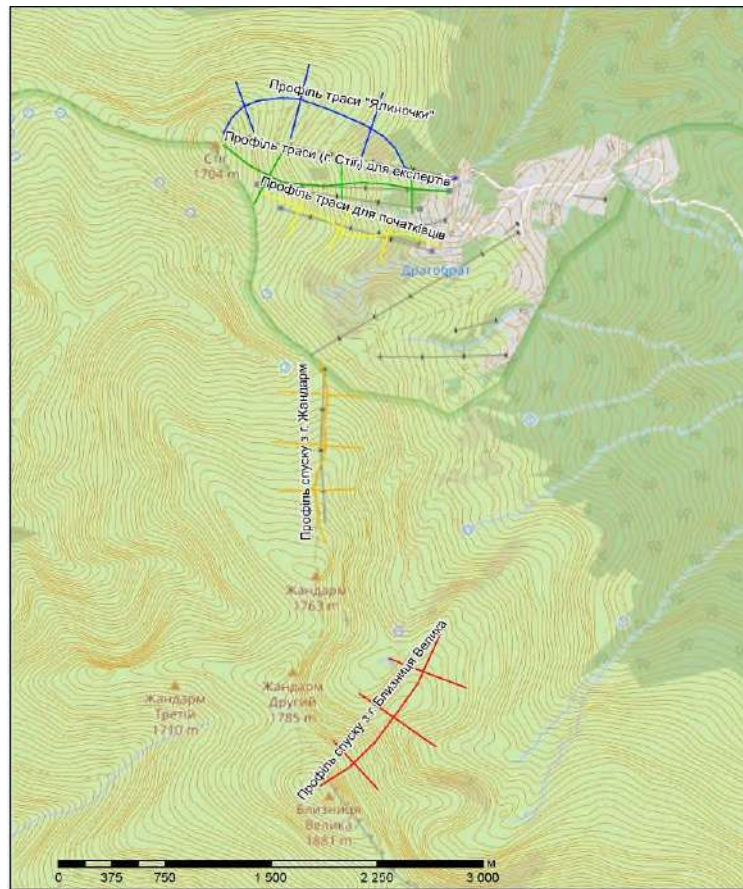


Рис. 7. Картографічна схема гірськолижного курорту Драгобрат

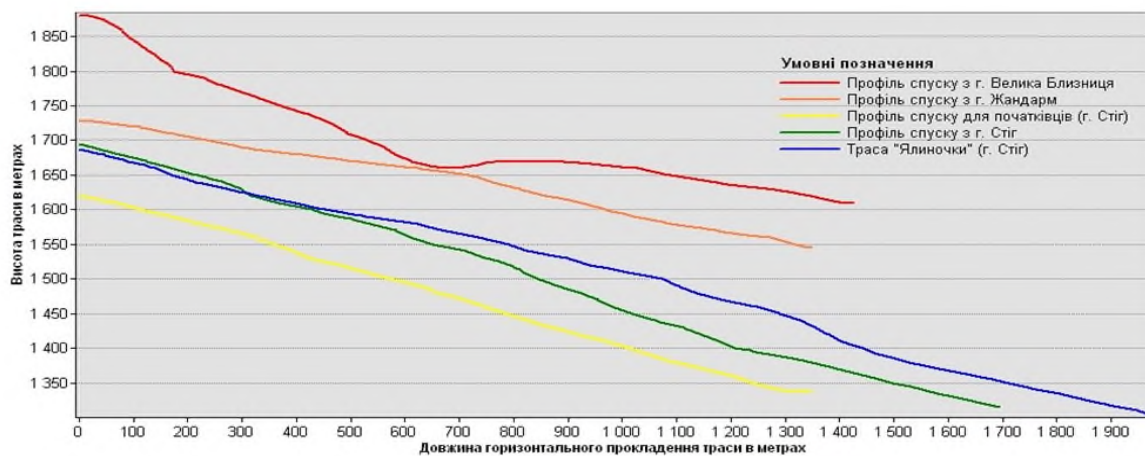


Рис. 8. Поздовжні профілі гірськолижного курорту Драгобрат

Траса із увігнутим поперечним профілем (курорт Волосянка, рис. 9) краще утримує сніговий покрив. Також вона краще захищена від вітру, що сприяє підвищенню зручності катання. Вона є відносно безпечною для туристів-аматорів, оскільки

дозволяє їм зберігати напрямок руху і не виїжджати на поворотах за межі траси. Водночас траса із увігнутим профілем призводить до скупчення туристів вздовж однієї лінії, що може призвести до їх зіткнення і травмування.

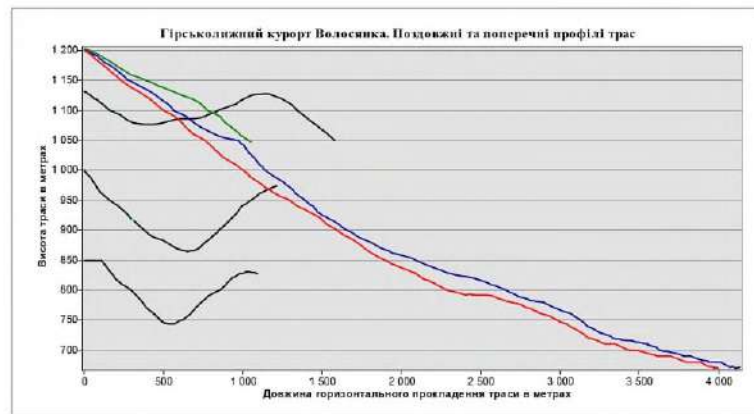
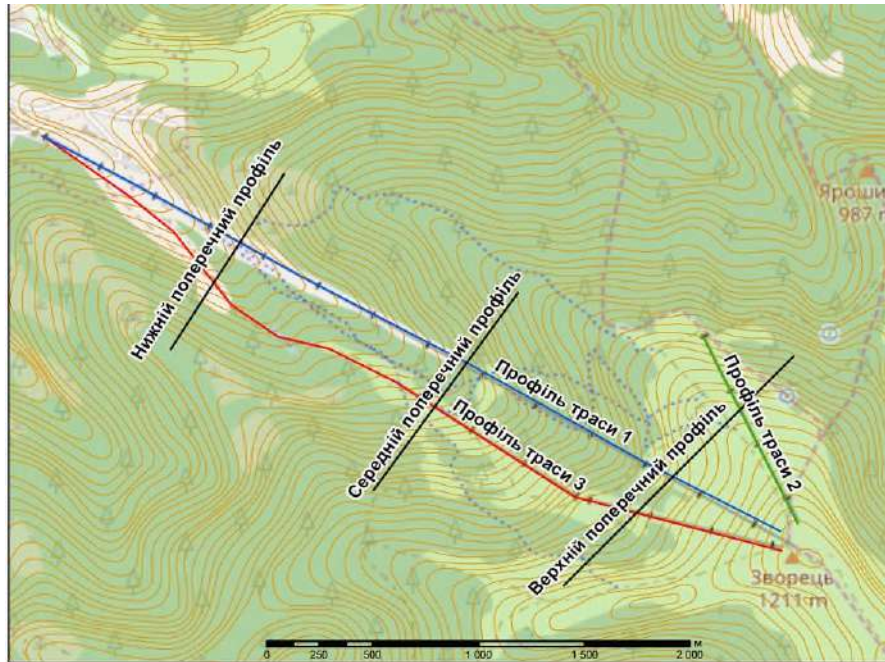


Рис. 9. Увігнутий поперечний профіль трас гірськолижного курорту Волосянка

Траса із опуклим поперечним профілем (див. рис. 4) теж має певні недоліки. Оскільки Українські Карпати є горами відносно невисокими, нижчими за лінію лук (і тим більше снігову лінію), на їх схилах наявна деревна рослинність. Опуклий профіль робить можливим втрату контролю під час спуску і виїзд відпочивальників за межі траси, що може призвести до зіткнення із деревом і травмування.

Крім того, вищезгадана траса погано утримує сніговий покрив (через його здування, випаровування і швидке танення). До переваг трас такого типу можна віднести її естетичні властивості, зокрема краєвид.

З цього слідує, що найбільш оптимальним є порівняно горизонтальний поперечний профіль (рис. 10). Це дозволяє збільшити ширину траси і, відповідно, кількість

туристів, які можуть одночасно спускатися нею. В свою чергу, виправданими стають більші інвестиції

в інфраструктуру траси, зокрема оснащення її більш продуктивними підйомниками.

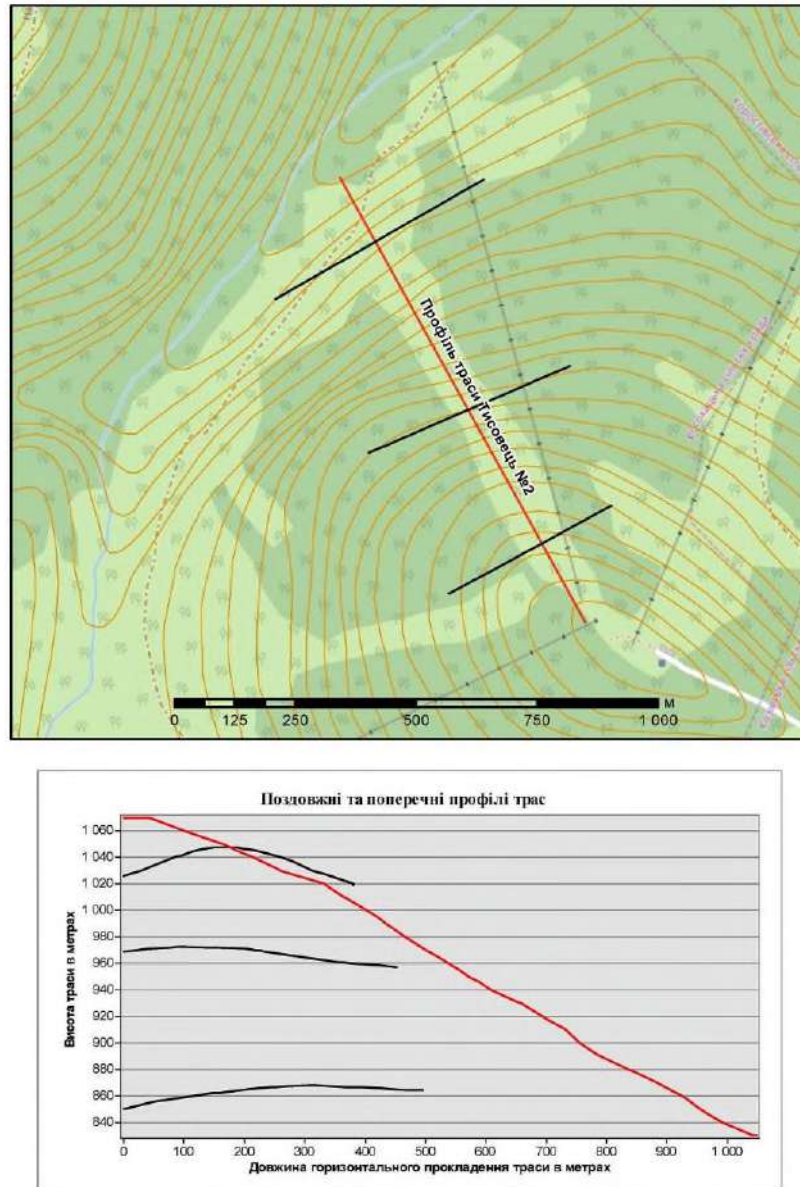


Рис. 10. Горизонтальний поперечний профіль трас гірськолижного курорту Тисовець

Більшість трас мають опуклі поперечні профілі (близько половини) або суттєвий нахил (третина), що теж негативно впливає на їх популярність. Такі траси ускладнюють маневрування лижників і їх гальмування. Оптимальними є траси з горизонтальними поперечними профілями або увігнутими, яких

меншість. Такі траси є в курортах Буковель (рис. 11), Мигове (рис. 12), Драгобат (рис. 13), Славське (рис. 14). Тобто траси проходять по гребенях гір, що не є оптимальним для катання. Такий підхід пояснюється залісненістю долин і заборонаю вирубки лісу для прокладання трас.

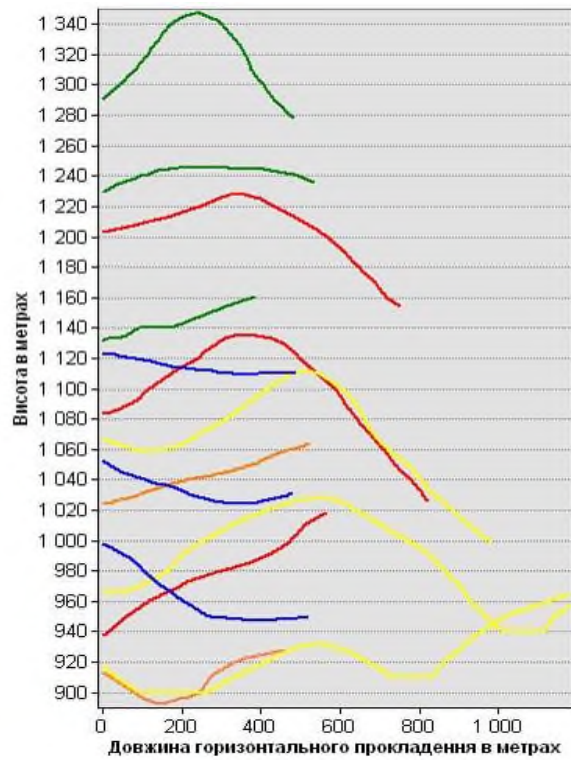


Рис. 11. Поперечні профілі трас курорту Буковель.  
(Умовні позначення аналогічні рис. 2)

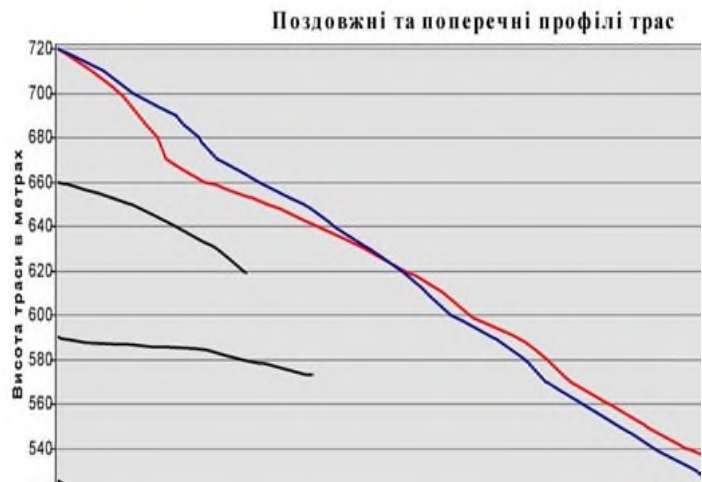
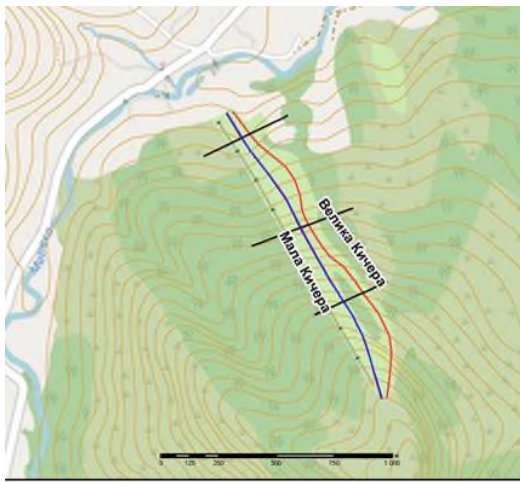


Рис. 12. Картосхема і профілі гірськолижного курорту Мигове



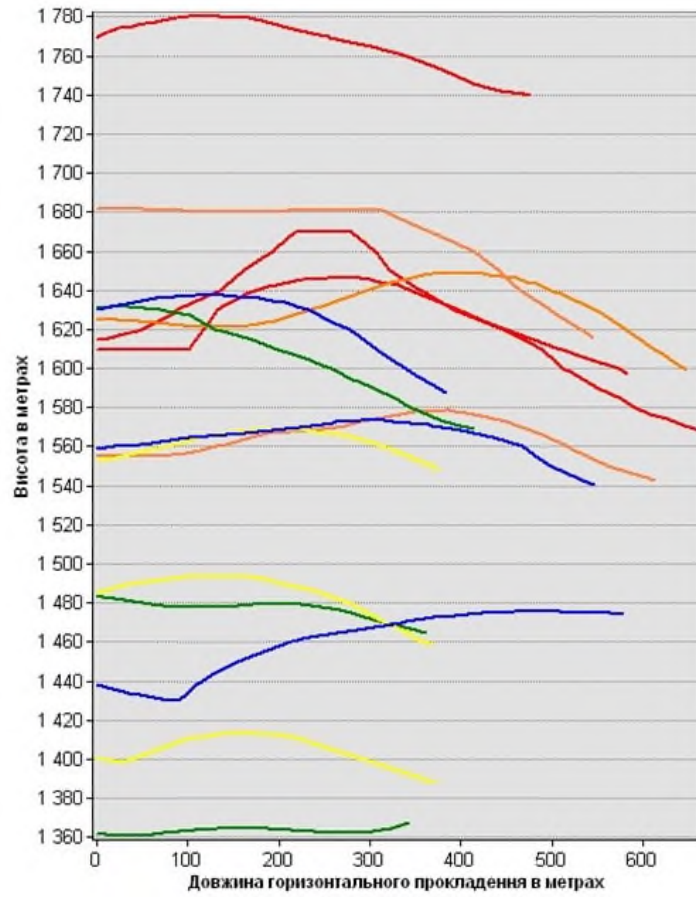


Рис. 13. Поперечні профілі трас курорту Драгобрат.  
(Умовні позначення аналогічні рис. 8)

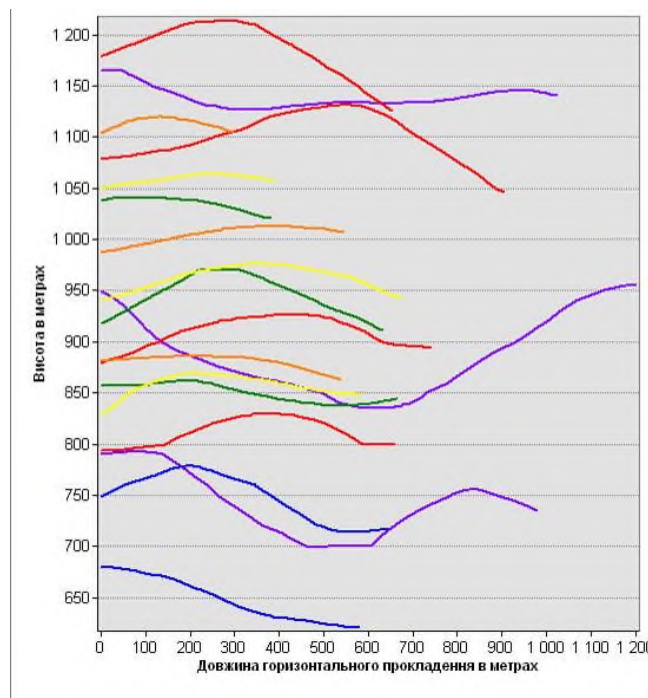


Рис. 14. Поперечні профілі гірськолижного курорту Славське.  
(Умовні позначення аналогічні рис. 3)

4. На різних курортах траси в межах однієї категорії складності можуть суттєво відрізнятися за своїми показниками. Траса із середніми показниками може бути рекомендована для експертів (професіоналів) на іншому курорті. Відповідно, розподіл трас на категорії є відносним, на нього

впливають всі показники і суб'єктивний фактор, а також комерційна складова.

Всі ці характеристики трас для обраних гірськолижних курортів зведені у таблицю 1. Решта характеристик суттєвого впливу на якість гірськолижної траси не становить.

Таблиця 1.

Головні морфометричні показники гірськолижних трас

Курорт	№ або назва траси	Клас складності	Довжина траси, км	Перепад висот, м	Середній ухил, °	Ділянка д/гальм.	Поперечний профіль траси
Буковель	1R (H27-859)	Червоний	1,05	240	13	Так	Похилий, увігнутий
	5	Червоний	2,6	340	7,5	Так	Опуклий, похилий
	14	Синій	2,9	300	6	Так	Опуклі
	12	Червоний	1,6	240	8,5	Ні	Опуклий, рівний, похилий
	16	Червоний	1,2	260	12	Так	Рівний
Волосянка	1	Синій	4,0	550	7,8	Так	Увігнутий, похилий
	3	Червоний	4,0	550	7,8	Ні	
	2	Чорний	1,0	150	8,5	Ні	
Драгобрат	Ялиночки	Червоний	1,9	360	11	Ні	Опуклі
	Експертний	Чорний	1,7	390	13	Ні	Рівні
	для початківців	Зелений	1,35	280	11	Так	Опуклі
	г. Жандарм	Червоний	1,35	220	7,5	Так	Опуклі
	г. Вел. Близниця	Чорний	1,4	340	12	Так	Опуклі
Мигове	II	Синій	1,4	220	9	Так	Рівні
	I	Червоний	1,4	220	9	Ні	
Пилипець	Досвідчений	Червоний	2,2	450	11,5	Так	Опуклий, рівний
	Початковий	Зелений	1,0	50	3	Ні	Рівний
Славське	1 (г. Тростян)	Чорний	3,0	500	9,5	Ні	Опуклі
	2 (г. Тростян)	Червоний	1,7	380	13	Ні	Рівні
	3 (г. Тростян)	Синій	1,7	300	10	Ні	Рівні
	г. Менчл	Синій	1,8	300	10	Так	Рівний, опуклий
	2 (г. Кичерка)	Синій	1,6	230	8	Так	Опуклий, похилий
	Високий Верх	Червоний	4,5	500	6,3	Так	Увігнуті
Тисовець	2	Червоний	1,0	230	13	Ні	Опуклий, рівний

### Обговорення

Порівнюючи отримані дані щодо геоморфологічних показників трас із

іншими дослідженнями, зокрема (Voiculescu, 2012), можна помітити наступні відмінності. Іноземні курорти,

розміщені в Карпатах, мають більшу середню крутизну трас (16-20°), а також більшу варіативність крутизни спусків (від 7 до 32°). Середній перепад висот змінюється від 108 до 552 м. Це свідчить про більший розвиток інфраструктури і техніки, який в свою чергу забезпечує можливість обслуговування цих трас, а також доставку лижників на вершини. Іноземні траси обладнані крісельними підйомниками і гондолами, в той час як вітчизняні – бугельними витягами. Також більша крутизна схилів вказує на вдаліший вибір місця для трас.

Отже, жодна з геоморфологічних характеристик траси (в т. ч. кут нахилу полотна траси) не є визначальною для віднесення останньої до тієї чи іншої категорії складності. На це впливають також наявність ділянки для гальмування, рівномірність нахилу траси, протяжність траси, конфігурація поздовжніх та поперечних профілів, наявність інших трас певної складності. Також впливає на категорію складності залісненість схилів, ширина просіки на залісненому схилі, конфігурація траси в плані. Звивисті траси мають вищу категорію складності.

Вважаю перспективними подальші порівняння профілів гірськолижних курортів Карпат, які розміщені на території різних країн, і детальніші

прогнози розвитку українського гірськолижного туризму, а також визначення його недоліків.

### **Висновки**

З'ясовано, що гірськолижні траси Українських Карпат не вирізняються особливою різноманітністю категорій складності, а також мають посередні морфометричні характеристики. Відповідно, вони є придатними для початківців та осіб, не вибагливих до умов катання і отриманих вражень. Невелика довжина гірськолижних трас (2,0 км) може негативно вплинути на їх туристичний потенціал. З іншого боку, це зменшує витрати на встановлення і обслуговування інфраструктури трас. Те ж саме стосується перепаду висот (315 м), як одного з основних морфометричних показників траси. Неідеальні конфігурації профілів гірськолижних трас через відсутність профілювання, мертві зони, наявність горизонтальних ділянок на трасах знижують їх туристичний потенціал.

Зазначені недоліки курортів Карпат знижують конкурентоспроможність зі світовими гірськолижними курортами. Їх подолання можливе на основі корекції цінової політики та територіальної доступності, а також проектування нових трас і покращення їх обслуговування.

### **Список використаних джерел**

Байрак Г. Висвітлення морфометричних показників рельєфу методами ArcGIS Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: матеріали міжнародного семінару (м. Львів, 11-14 вересня 2008 р.). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2008. С. 135–140.

Байрак Г. Р. Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*, 2014. Випуск 19. С. 3–6.

Бахмат О. Визначення пересіченості рельєфу лижних бігових трас. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*, 2009. Вип. 71. С. 152 – 157.

Боднарчук В. Г. Радянські Карпати. К.: Радянська школа, 1956. 179 с.

Волкова І. І., Кондакова Г. О. Розвиток спортивно-оздоровчого туризму в Україні *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм», 2014. Т. 1. Випуск 3. С. 151 – 156.

Воропай А. І., Куниця М. О. Українські Карпати: Фізико-географічний нарис. К.: Радянська школа, 1968. 168 с.

Габчак Н. Ф. Гірський рельєф Закарпаття як складова розвитку екстремального туризму. *Фізична географія та геоморфологія*, 2011. Вип.1 (62). С. 55 – 61.

Габчак Н. Ф. Морфологічні особливості рельєфу, їх вплив на розташування і функціонування гірськолижних курортів Закарпаття. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. № 41. С. 41 – 42.

Габчак Н. Ф. Морфометричний аналіз басейнових систем Закарпатської області. *Наукові записки*. Серія: Географія, 2007. Вип. № 1. С. 30 – 36.

Географічна енциклопедія України: у 3 т. Т. 2. / Під ред. О. М. Маринича та ін. К.: Українська радянська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1989. 480 с.

Гера О. В. Урахування топографічних особливостей рельєфу для оцінки складності лижних трас: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.24.01 «Геодезія, фотограмметрія та картографія». Львів, 2012. 22 с.

Денисова Д. О. Територіальна організація мережі гірськолижних курортів України. *Географія та туризм*, 2012. Вип. 18. С. 115–120.

Кравчук Я. Геоморфологія Полонинсько-Чорногірських Карпат. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. 187 с.

Медвідь Л., Кампов Н., Махлинець С. Територіальна організація гірськолижного туризму регіону. *Рекреаційна географія і туризм*, 2017. №2. С. 120 – 127.

Орещенко А. В. Джерела даних для тривимірних реалістичних картографічних моделей. *Географія та туризм*, 2010. Вип. 8. С. 140 – 148. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0240-12>.

Рудько Г. І., Кравчук Я. С. Інженерно-геоморфологічний аналіз Карпатського регіону України. Львів : Львів. нац. ун-т ім. І.Франка, 2002. 172 с.

Сливка Р.О. Геоморфологія Вододільно-Верховинських Карпат. Львів : Львів. нац. ун-т ім. І.Франка, 2001. 149 с.

Цись П.М. Геоморфологія УРСР. Львів, Львівський університет, 1962. 222 с.

Черлінка В. Р. Адаптація великомасштабних карт ґрунтів до їх практичного використання у ПС. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 2015. 84. С. 20 – 28.

Шульга Г. М., Онуфрив Я. О. Еволюція розвитку гірськолижних комплексів в Українських Карпатах. *Містобудування та територіальне планування*, 2013. Вип. 50. С. 749 – 758.

Covăsnianu A. Grigoraş I. R., State L.E., Balin D. Hogaş S. Balin I. Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique and 3D Modeling: Case Study Ceahlău National Park *Romanian Journal of Physics*, Vol. 56, Nos. 3–4, P. 476 – 483.

Mandarino A., Ferraris F., Firpo M. Understanding landscape evolution by using DEM analysis, low order channels gradient and Asymmetry Factor: the case study of the upper Scrivia river basin (Northern Apennines, Italy). *Geomorphometry for Geosciences*, 2015. P. 83 – 86.

Marek B., Ivan B. Spatial modelling of snow avalanche run-outs using GIS. *GIS Ostrava*, 2010. № 1. P. 24 – 27.

Miragaia D., Conde D., Soares J. Measuring Service Quality of Ski Resorts: An Approach to Identify the Consumer Profile *The Open Sports Sciences Journal*, 2015. № 9. P. 53 – 61. <https://doi:10.2174/1875399X01609010053>.

Pehoiu G. Strategies regarding development of Romanian mountain tourism and sport – Actuality and perspectives. *Latest Trends on Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology*. Conference Paper July 2010. P. 539 – 544.

Popescu F. Terrain and Climatic Analysis of the Bălea Valley for the Development of a Ski Resort. *Analele Universităţii din Oradea*. Seria Geografie, 2009. TOM XIX. P. 109 – 116.

Rathipraba M., Puhazhenth K., Preethi K., Sampath Kumar Mr.V., Mr. S. Manoj. Preparation of contouring, hill shade and slope map of erode district by using QGIS. *International Journal of Intellectual Advancements and Research in Engineering*

*Computations*, 2018. Vol. 6. Issue 2. P. 1215 – 1223.

Shealy J., Ettlinger C., and Johnson R. How Fast Do Winter Sports Participants Travel on Alpine Slopes? *Journal of ASTM International*, 2005. Vol. 2, No. 7. P. 1 – 8. [https://doi: 10.1520/JAI12092](https://doi.org/10.1520/JAI12092).

Szulga G. Onufriw J. Obecne tendencje rozwojowe górskich kompleksów służących uprawianiu sportów zimowych w Karpatach Wschodnich w paśmie Czarnohory. *Przestrzeń i Forma*, 2014. № 21. S. 377 – 388.

Tzvetkov J. Relief visualization techniques using free and open source GIS tools. *Polish Cartographical Review*, 2018. Vol. 50. No. 2. P. 61 – 71. [https://doi: 10.2478/pcr-2018-0004](https://doi.org/10.2478/pcr-2018-0004).

Voiculescu M., Ardelean F., Marcel T.-O. M. Topographical factors, meteorological variables and human factors in the control of the main snow avalanche events in the Făgăraș Massif (Southern Carpathians – Romanian Carpathians): case studies. *Geographia Polonica*, 2016. Volume 89. Issue 1. P. 47 – 64.

Voiculescu M., Popescu F. Olaru M. Patterns of Winter Tourism Activity in the Bucegi Mountains – the Prahova Valley (the Southern Carpathians). *Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului*, 2012. Volume XI. Issue 2. P. 182 – 194. [https://doi: 10.5775/fg.2067-4635.2012.068.d](https://doi.org/10.5775/fg.2067-4635.2012.068.d).

### References (translated & transliterated)

Bakhmat, O. (2009). Vyznachennia nerivnosti reliefu lyzhnykh bihovykh dorizhok. [Determination of relief roughness of skiing running tracks]. *Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia*. [Geodesy, Cartography and Aerial Photography]. 71, 152–157 [in Ukrainian].

Bayrak, G. (2008). Vidobrazhennia morfometrychnykh pokaznykiv reliefu metodamy ARCGIS. [Reflection of morphometric indexes of relief by the methods of ARCGIS]. Dopovid na Mizhnarodnomu seminari z problem heomorfolohii ta paleoheohrafii Ukrainykykh Karpat i prylehlykh terytorii. [Paper presented at the International seminar on Problems of geomorphology and paleogeography of Ukrainian Carpathians and contiguous territories]. Lviv, Ukraine, 135–140 [in Ukrainian].

Bayrak, G. (2014). Zasoby HIS dlia vidobrazhennia kharakterystyk reliefu ta form suchasnoi ekzodynamiky. [GIS facilities useful to display the relief characteristics and forms of modern exodynamics]. *Problemy bezpererвної heohrafichnoi osvity ta kartohrafii*. [Problems of Continuous Geographic Education and Cartography]. 19, 3–6 [in Ukrainian].

Bondarchuk, V. (1956). Radianski Karpaty. [Soviet Carpathians]. Kyiv, 179 [in Ukrainian].

Cherlinka, V. (2015). Adaptatsiia velykomasshtabnykh kart gruntiv do yikh praktychnoho vykorystannia v HIS. [Adaptation large-scale maps of soils to their practical use in GIS]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. [Agrochemistry and Soil Science]. 84, 20–28 [in Ukrainian].

Covășnianu, A. Grigoraș, I. R., State, L.E., Balin, D. Hogaș, S., Balin, I., (2011). Kartohrafuvannia ryzyku skhodzhennia snihovoi lavyny za dopomohoiu metodiv HIS ta 3D-modeliuvannia: pryklad natsionalnoho parku Chelau. [Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique and 3D Modeling: Case Study Ceahlau National Park]. *Rumunskyi zhurnal fizyky*. [Romanian Journal of Physics], 56 (3–4), 476–483 [in English].

Denisova, D. (2012). Terytorialna orhanizatsiia merezhi kurortiv Ukrainy. [Territorial organization of sci resorts network of Ukraine]. *Heohrafiia i turyzm*. [Geography and tourism], 18, 115–120 [in Ukrainian].

Gera, O. (2012). Vrakhuvannia topohrafichnykh osoblyvostei reliefu dlia otsinky skladnosti lyzhnykh tras. [Account of the relief topographical features for the ski courses complication estimation]. Avtoreferat kandydatskoi dysertatsii. [Extended abstract of candidate's thesis]. Lviv, 22 [in Ukrainian].

Habchak, N. (2007). Morfometrychnyi analiz baseinovykh system Zakarpatskoi oblasti. [Morphometric analysis of basin systems of Zakarpattia region]. *Naukovi pytannia. Serii Heohrafiia*. [The scientific issues. Geography series]. 1, 30–36 [in Ukrainian].

Habchak, N. (2011). Hirska mistsevist Zakarpattia yak skladova rozvytku ekstremalnoho turyzmu. [Mountainous terrain of Transcarpathia as a part of extreme tourism developmen]. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*. [Physical Geography and Geomorphology]. 62, 55–61 [in Ukrainian].

Habchak, N. (2013). Morfolohichni osoblyvosti reliefu, yikh vplyv na rozmishchennia ta funktsionuvannia hirskolyzhnykh kurortiv Zakarpattia. [Morphological Features of the Relief, their Impact on the Location and Operation of Ski Resorts in Transcarpathia]. Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu. [Collection of Scientific Papers of the Military Institute]. 41, 41–42 [in Ukrainian].

Heohrafichna entsyklopediia Ukrainy. [Geographic Encyclopedia of Ukraine]: in 3 vol. Vol. 2. (1989). Kyiv, 480 [in Ukrainian].

Kravchuk, Ya. (2008). Heomorfolohiia Polonynskoho ta Chornohirskoho Karpat. [Geomorphology of Poloninsky and Chornogirsky Carpathians]. Lviv, 187 [in Ukrainian].

Mandarino, A., Ferraris, F., Firpo, M. (2015). Rozuminnia evoliutsii landshaftu za dopomohoiu analizu TsMR, hradiientu kanaliv nyzkoho poriadku ta faktora asymetrii: pryklad baseinu verkhnoi techii richky Skryviia (Pivnichni Apenniny, Italiia). [Understanding landscape evolution by using DEM analysis, low order channels gradient and Asymmetry Factor: the case study of the upper Scrivia river basin (Northern Apennines, Italy)]. *Heomorfometriia dlia heonauk*. [Geomorphometry for Geosciences]. 83–86 [in English].

Marek, B., Ivan, B., (2010). Prostorove modeliuвання sniholavynnoho skhodu za dopomohoiu HIS. [Spatial modeling of snow avalanche run-outs using GIS]. *HIS Ostrava*. [GIS Ostrava]. 1, 24–27 [in English].

Medvid, L., Kampov N., Makhlinets S. (2017). Terytorialna orhanizatsiia hirskolyzhnoho turyzmu v oblasti. [Territorial organization of ski tourism in the region]. *Rekreatsiina heohrafiia i turyzm*. [Recreational geography and tourism]. 2, 120–127 [in Ukrainian].

Miragaia1, D., Conde, D., Soares, J. (2015). Vymiriuvannia yakosti obsluhovuvannia hirskolyzhnykh kurortiv: pidkhid do vyznachennia profilu spozhyvacha. [Measuring Service Quality of Ski Resorts: An Approach to Identify the Consumer Profile]. *Vidkrytyi zhurnal sportyvnykh nauk*. [The Open Sports Sciences Journal]. 9, 53–61. [https://doi: 10.2174/1875399X01609010053](https://doi.org/10.2174/1875399X01609010053) [in English].

Oreshchenko, A. (2010). Dzherela danykh dlia tryvymirnykh realistychnykh kartohrafichnykh modelei. [Data sources for three-dimensional realistic cartographic models]. *Heohrafiia i turyzm*. [Geography and tourism]. 8, 140–148 [in Ukrainian].

Pehoiu, G. (2010, July). Stratehii rozvytku rumunskoho hirskoho turyzmu ta sportu – Aktualnist ta perspektyvy. Dopovid, predstavlena na Konferentsii ostannikh tendentsii z inzhenernoi mekhaniky, konstruktsii, inzhenernoi heolohii u Valakhiiskomu universyteti Tyrhovishte. [Strategies regarding development of Romanian mountain tourism and sport – Actuality and perspectives. Paper presented at the Conference of Latest Trends on Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology in Valahia University of Targoviste]. Targoviste, Romania. 539–544 [in English].

Popescu, F. (2009). Relief i klimatychnyi analiz dolyny Balea dlia rozvytku hirskolyzhnoho kurortu. [Terrain and Climatic Analysis of the Bălea Valley for the Development of a Ski Resort]. *Analele Universității din Oradea. Serii Heohrafiia*. [Analele Universității din Oradea. Seria Geografie]. XIX, 109–116 [in English].

Pro zatverdzhennia Pravyl bezpeky vlashtuvannia, bezpechnoi ekspluatatsii ta utrymannia hirskolyzhnykh tras: Nakaz MNS. [On approval of safety rules for the arrangement, safe operation and maintenance of ski slopes: Order of the Ministry of

Emergency Situations № 1281]. 07.12.2011. [in Ukrainian].

Rathipraba, M., Puhalzheni, K., Preethi, K., Sampath Kumar, Mr.V., Mr. S. Manoj. (2018). Pidhotovka karty konturiv, vidtinkiv pahorbiv i skhyliv raionu erozii za dopomohoiu QGIS. [Preparation of contouring, hill shade and slope map of erode district by using QGIS]. *Mizhnarodnyi zhurnal intelektualnykh dosiahnen i doslidzhen inzhenernykh obchyslen* [International Journal of Intellectual Advancements and Research in Engineering Computations]. 6 (2), 1215–1223 [in English].

Rud'ko, G., Kravchuk G. (2002). Inzhenerno-heomorfolohichni analiz Karpatskoho rehionu Ukrainy. [Engineering and geomorphological analysis of the Carpathian region of Ukraine]. Lviv, 172.

Szulga, G. Onufriv, J. (2014). Suchasni tendentsii rozvytku hirskeykh kompleksiv zymovykh vydiv sportu u Skhidnykh Karpatakh na Chornohirskomu khrebtii. [Current development trends of mountain complexes for winter sports in the Eastern Carpathians in the Czarnohora range]. *Prostir i forma*. [Space and Form]. 21, 377–388 [in Polish].

Shealy, J., Ettlinger, C., Johnson, R. (2005). Z yakoiu shvydkistiu podorozhuiut alpiiskymy skhylyamy uchasnyky zymovykh vydiv sportu? [How Fast Do Winter Sports Participants Travel on Alpine Slopes?] *Zhurnal ASTM International*. [Journal of ASTM International]. 2 (7), 1-8. <https://doi: 10.1520/JAI12092> [in English].

Shulga, G., Onufriv, Ya. (2013). Evoliutsiia rozvytku hirskeykh kurortiv Ukrainy Karpatakh. Mistobuduvannia ta planuvannia terytorii. [Evolution of the development of ski resorts in the Ukrainian Carpathians. Urban planning and territorial planning]. 50, 749–758 [in Ukrainian].

Slyvka, P.O. (2001). Heomorfolohiia Vododilskykh i Verkhovynskykh Karpatakh. [Geomorphology of the Vododil and Verkhovyna Carpathians]. Lviv, 149 [in Ukrainian].

Tsvetkov, J. (2018). Metody vizualizatsii reliefu z vykorystanniam bezkoshtovnykh HIS-instrumentiv iz vidkrytym kodom. [Relief visualization techniques using free and open source GIS tools]. *Pol'skyi kartohrafichnyi ohliad* [Polish Cartographical Review]. 50 (2), 61–71. <https://doi: 10.2478/pcr-2018-0004> [in English].

Tsys', P. (1962). Heomorfolohiia URSS. [Geomorphology of UkSSR]. Lviv, 222 [in Ukrainian].

Voiculescu, M., Ardelean, F., Marcel, T.-O. M. (2016). Topohrafichni faktory, meteorolohichni zmynni ta liudski faktory v kontroli osnovnykh snihovykh lavyn u masyvi Feharash (Pivdenni Karpaty – Rumunski Karpaty): tematychni doslidzhennia. [Topographical factors, meteorological variables and human factors in the control of the main snow avalanche events in the Făgăraș Massif (Southern Carpathians – Romanian Carpathians): case studies]. *Heohrafiia Polshchi*. [Geographia Polonica]. 89 (1), 47–64 [in English].

Voiculescu, M., Popescu, F. Olaru, M. (2012). Modeli zymovoi turystychnoi diialnosti v horakh Buchedzhi – dolyni Prakhova (Pivdenni Karpaty). [Patterns of Winter Tourism Activity in the Bucegi Mountains – the Prahova Valley (the Southern Carpathians)]. *Heohrafichnyi forum*. [Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului]. XI (2), 182–194. <https://doi: 10.5775/fg.2067-4635.2012.068.d> [in English].

Volkova, I., Kondakova, G. (2014). Rozvytok sportyvnoho turyzmu v Ukraini. [The development of sports tourism in Ukraine]. *Zhurnal ekonomiky i mizhnarodnykh vidnosyn*. [Journal of economics and international relations] 1 (3), 151–156 [in Ukrainian].

Voropai, L., Kunitsa, M. (1968). Ukrainski Karpaty: Fiziohrafichni narys. [Ukrainian Carpathians: Physiography scetc]h. Kyiv, 168 [in Ukrainian].

Отримано: 13 липня 2022  
Прийнято: 12 вересня 2022



## ХІМІЯ

УДК 547:491:547.891

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.143-154

### СИНТЕЗ ТА ТЕРМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДРОЗОЧИННОГО БЛОКОВАНОГО О-ТОЛІЛІЗОЦІАНАТУ

**Н. В. Козак<sup>1</sup>, В. А. Третініченко<sup>2</sup>, В. І. Бортницький<sup>3</sup>, О. М. Комлякова<sup>4</sup>,  
В. О. Корягін<sup>5</sup>, З. А. Гаголкина<sup>6</sup>**

Одержання латентних реагентів, зокрема ізоціанатів, у водорозчинній формі є актуальним і мало розвиненим напрямком хімічних досліджень. Заміна ізоціанатних сполук на їх блоковані аналоги сприяє одночасному вирішенню кількох проблем: підвищення безпеки при використанні і зберіганні таких токсичних сполук, якими є ізоціанати, полегшення проведення багатостадійного синтезу в активних середовищах, підвищення селективності основної реакції, зниження токсичного впливу реагентів. Крім того, завдяки можливості проведення реакції блокування ізоціанатів у водному середовищі підвищується екологічна безпека процесу їх отримання та покращується вихід цільового продукту. З метою синтезу водорозчинного латентного моноізоціанату для модифікування полімерних систем, в тому числі і водорозчинних біополімерів, синтезовано водорозчинний натрій 6-(о-толількарбамойламіно)гексанат шляхом взаємодії орто-толільізоціанату з водним розчином натрієвої солі 6-аміногексанової кислоти. Визначені оптимальні температурні умови синтезу водорозчинного блокованого орто-толільізоціанату. Методами ІЧ-спектроскопії з Фур'є перетворенням та ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопії доведено структуру одержаного продукту

<sup>1</sup> доктор хімічних наук,  
провідний науковий співробітник  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)  
e-mail: kozaksmalt@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-6200-4048

<sup>2</sup> кандидат хімічних наук,  
старший викладач  
(Національний університет Києво-Могилянська академія)  
e-mail: tretinichenko@ukma.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-3731-0091

<sup>3</sup> провідний інженер  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

<sup>4</sup> провідний інженер  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

<sup>5</sup> магістр  
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)  
e-mail: koryagin.slava1@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-8822-1996

<sup>6</sup> кандидат хімічних наук,  
науковий співробітник  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)  
e-mail: zdagolkina@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7892-2684



реакції. Згідно даних термогравіметричного аналізу у динамічному режимі та піролітичної мас-спектрометрії температурний інтервал термічної дисоціації водорозчинного орто-толілізоціанату, блокованого натрієвою сіллю 6-аміногексанової кислоти, складає від 100 до 140°C і є ширшим, ніж температурний інтервал термічної дисоціації гідрофобної сполуки - орто-толілізоціанату, блокованого  $\epsilon$ -капролактамом.

**Ключові слова:** ізоціанати, латентна форма, водорозчинні реагенти, функціональні матеріали

## SYNTHESIS AND THERMAL CHARACTERISTICS OF WATER-SOLUBLE BLOCKED O-TOLYLISOCYANATE

**N. V. Kozak, V. A. Tretinichenko, V. I. Bortnytsky, O. M. Komliakova,  
V. O. Koryagin, Z. A. Haholkina**

*Synthesis of latent reagents, in particular isocyanates, in a water-soluble form is a promising direction of chemical research. The replacement of isocyanates with their blocked analogues allows solving several problems: increasing safety in the use and storage of such toxic compounds as isocyanates, facilitating multi-stage synthesis in active media, increasing the selectivity of the main reaction, reducing the toxicity of reagents. In addition, due to the possibility of carrying out the blocking reaction of isocyanates in an aqueous media, the environmental safety of the process of their production is increased and the yield of the product is improved. In order to synthesize a water-soluble latent monoisocyanate for the modification of polymer systems, including water-soluble biopolymers, water-soluble sodium 6-(o-tolylcarbamoylamino)hexanoate was synthesized by the interaction of ortho-tolyl isocyanate with an aqueous solution of sodium salt of 6-aminohexanoic acid. The optimal temperature conditions for the synthesis of water-soluble blocked ortho-tolyl isocyanate were determined. The structure of the reaction product was proved using methods of IR-spectroscopy with Fourier transform and NMR  $^1\text{H}$  spectroscopy. According to the data of thermogravimetric analysis in dynamic mode and pyrolytic mass spectrometry the temperature range of the thermal dissociation of water-soluble ortho-tolyl isocyanate blocked by the sodium salt of 6-aminohexanoic acid ranges from 100 to 140°C and is wider than the temperature range of the thermal dissociation of the hydrophobic compound - ortho-tolyl isocyanate blocked by  $\epsilon$ -caprolactam.*

**Keywords:** isocyanates, latent form, water-soluble reagents, functional materials

### Вступ

Ізоціанати та полімерні композиції на їх основі активно використовуються для одержання широкого переліку функціональних матеріалів, зокрема завдяки можливості реалізації альтернативних каналів реакції за участі ізоціанатів залежно від природи активуючих агентів та умов її проведення (Ulrich, 1997; Kozak & Nizelskii, 1994). Висока реакційна здатність і токсичність ізоціанатів висуває підвищені вимоги до умов проведення синтезу, стабільності реагентів та їх безпеки при зберіганні. Використання ізоціанатів в латентній формі, що за певних умов можуть вивільняти реакційноздатні NCO-групи, так званих «блокованих ізоціанатів», викликає великий інтерес для проведення багатостадійного синтезу у активному середовищі, підвищення селективності основної реакції, попередження побічних реакцій та

спрощення або удосконалення умов проведення синтезу (Delebecq et al., 2013; Lee et al., 2005; Shen et al., 2011; Gedan-Smolka et al., 2000).

Заміна ізоціанатних сполук на їх блоковані аналоги дозволяє усунути токсичну дію ізоціанатів, суттєво спрощує і здешевлює умови їх зберігання і транспортування, а також дозволяє отримати нові функціональні матеріали, зокрема, матеріали стійкі до високих температур. Блоковані ізоціанати отримують при їх взаємодії зі сполуками, що містять активний водень, наприклад феноли, аміни, капролактами та ін., з утворенням продукту реакції з обмеженою термічною стійкістю (Козак та ін., 2001; Козак та ін., 2002; Delebecq et al., 2013; Kozak et al., 2022).

Слід відзначити, що ізоціанати та більшість їх блокованих форм є гідрофобними речовинами. На даний момент мало дослідженим напрямком є одержання латентних ізоціанатів у

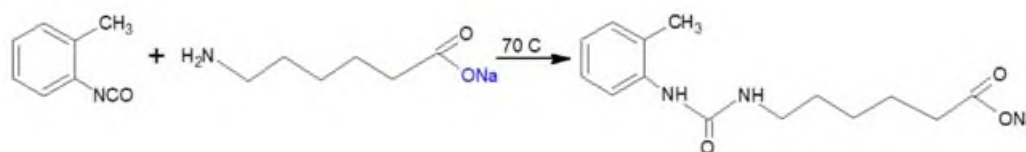
водорозчинній формі шляхом їх блокування у водному середовищі. Це дозволяє проводити модифікування гідрофільних полімерних систем у спільному розчиннику – воді. Синтез у водному середовищі сприяє також підвищенню екологічної безпеки при проведенні реакцій за участі блокованих ізоціанатів.

Дані про водорозчинні орто-заміщені моноізоціанати, блоковані натрієвою сіллю аміногексанової кислоти, у літературі відсутні.

Ця робота присвячена дослідженню взаємодії о-толілізоціаната з натрієвою сіллю аміногексанової кислоти у водному середовищі за різних температурних умов та вивченню термічних характеристик одержаного продукту реакції.

#### Матеріали і методи

Реагенти для синтезу латентних ізоціанатів: орто-толілізоціанат (о-ТІЦ, «SIGMA»), 2,4-толуїлендіізоціанат (ТДІ, «Aldrich»), ε-капролактамом (ПАО «Азот») сушили під вакуумом за температури 50°C протягом 6 годин; нікель (II)



Синтезований о-ТІЦ блокований натрієвою сіллю АКК має вигляд білого кристалічного порошку, легко розчинного у воді за н.у.

Для одержання продукту взаємодії о-ТІЦ з водою (1,3 - біс(о-толіл)карбамід) до 10 мл дистильованої води додавали поступово розраховану наважку о-ТІЦ і витримували за температури 70°C 15 хвилин при перемішуванні. Продукт реакції випадає в осад. Його промивали

ацетилацетонат (ч.д.а.) (Черкаський завод хімреактива); аміногексанову кислоту (АКК, «Acros Organics») та натрій гідроксид (NaOH, РЕАХІМ) використовували без додаткового очищення.

Синтез водорозчинного блокованого о-ТІЦ проводили у дві стадії. На першій - отримували натрієву сіль аміногексанової кислоти. Реакцію проводили за кімнатної температури шляхом додавання розрахованої наважки натрій гідроксиду до водного розчину аміногексанової кислоти при механічному перемішуванні протягом 20 хвилин. На другій стадії реакції до одержаного водного розчину натрієвої солі АКК поступово краплями додавали розраховану кількість о-ТІЦ при постійному перемішуванні, після цього реакційну суміш витримували протягом 2 годин за температур 20°C або 70°C. Співвідношення реагентів відповідає стехіометрії реакції.

Схема реакції синтезу о-ТІЦ, блокованого натрієвою сіллю АКК (натрій 6-(о-толілкарбамоїламіно) гексанат):

водою і сушили до досягнення сталої ваги. Продукт має вигляд білого кристалічного порошку, нерозчинного у воді.

Блокований ε-капролактамом о-ТІЦ (о-ТІЦ-КЛ) синтезували згідно (Didenko et al., 2017). Блокований ε-капролактамом толуїлендіізоціанат (ТДІ-КЛ) одержували за способом, описаним у (Диденко та ін., 2014) (табл. 1).

Таблиця 1.

Характеристики одержаних продуктів на основі о-ТІЦ

Блокований ізоціанат	Вихід, %	Зовнішній вигляд	Розчинність у воді
о-ТІЦ-АКК	95	білий порошок	добре, за н.у.
о-ТІЦ-КЛ	85	кремовий порошок	нерозчинний
о-ТІЦ-карбамід	90	білий порошок	нерозчинний

Температуру плавлення одержаних продуктів визначали капілярним методом. Будову синтезованого водорозчинного о-ТІЦ-АКК доводили методами ІЧ-спектроскопії з Фур'є перетворенням та ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопії. Вихід отриманого продукту визначали за даними ЯМР $^1\text{H}$  спектроскопії.

ІЧ-спектри для о-ТІЦ і о-ТІЦ-АКК, а також о-ТІЦ-карбамід та о-ТІЦ-КЛ реєстрували з використанням приладу TENSOR 37 «Bruker» в області хвильових чисел від 4000 до 400  $\text{cm}^{-1}$  за кімнатної температури в таблетках KBr.

ЯМР $^1\text{H}$  спектри отримували на спектрометрі Bruker Avance II 400 MHz. Внутрішній стандарт ТМС. Як розчинник використовували ДМСО. Точність вимірювання хімічних зсувів становила  $\pm 0,005$  м.д.

Термічні характеристики ізоціанатів досліджували методами термогравіметрії (ТГА) та піролітичної мас-спектрометрії (ПМС).

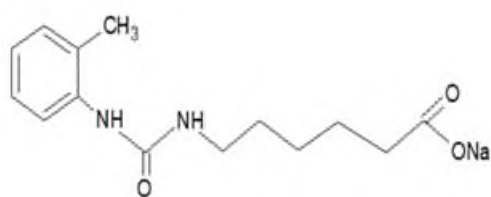
Термогравіметричний аналіз проводили з використанням дериватографа Derivatograph Q-1500D system F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey, оснащеного системою аналого-цифрового перетворення даних

(InSoftus, Україна), в інтервалі температур від 20°C до 700°C в атмосфері повітря при одночасному видаленні газоподібних продуктів деструкції. Швидкість піднімання температури складала 10 град/хв. маса зразків складала 50 мг.

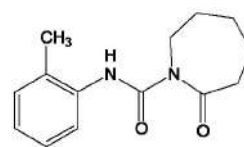
Дослідження зразків методом ПМС проводили за допомогою установки, яка складалася із мас-спектрометра MX-1321 (Росія), здатного фіксувати компоненти газових сумішей в діапазоні масових чисел 1–4000, і комірки для лінійно запрограмованого піролізу в області температур (25–400)°C. Зразок масою 0,5 мг вакуумували в комірці ( $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па) 30 хвилин за температури 25°C. Такий тиск підтримували і під час експерименту. Швидкість нагрівання становила  $(6 \pm 1)$ °C/хв. Енергія іонізації в камері мас-спектрометра 70 еВ. Питомий вміст кожного іонного фрагмента в мас-спектрі розраховували по площі під відповідним піком.

### Результати та обговорення

Рис. 1 ілюструє будову латентних ізоціанатів: водорозчинного о-ТІЦ, блокованого натрієвою сіллю аміногексанової кислоти (а) та о-ТІЦ, блокованого капролактамом (б).



а



б

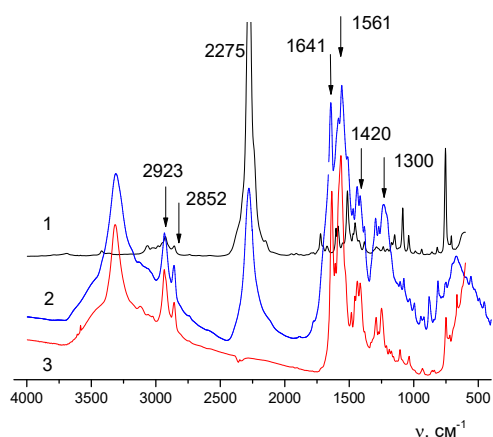
Рис. 1. Будова натрій 6-(о-толілкарбамоїламіно)гексаната (а) та N-(2-метилфенил)-2-оксоазепан-1-карбоксамід (б).

На рис. 2 представлені ІЧ-спектри ізоціанатів (рис. 2а), а також порівняння ІЧ-спектру натрій 6-(о-толілкарбамоїламіно)гексанату зі спектрами аміногексанової кислоти та продукту взаємодії о-ТІЦ з водою (рис. 2б).

На ІЧ-спектрі блокованої за 70°C форми (рис 2а, крива 3) смуга

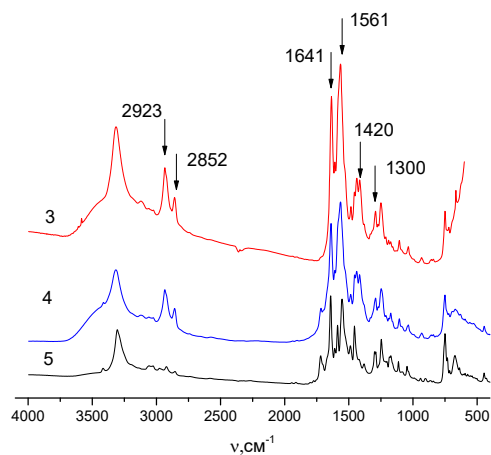
поглинання у діапазоні хвильових чисел 2260–2280  $\text{cm}^{-1}$  відсутня, що свідчить про повне блокування  $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$  груп в о-ТІЦ. Спостерігається перерозподіл смуг валентних коливань NH-груп в діапазоні (3000–3500)  $\text{cm}^{-1}$  та наявні характеристичні смуги (1640, 1560 і 1300)  $\text{cm}^{-1}$  (амід I, II і III, відповідно), які відповідають новим

утвореним зв'язкам. На відміну від о-ТІЦ-АКК в спектрах продукту взаємодії о-ТІЦ з водою та вихідного ізоціанату в області хвильових чисел 3000-2700  $\text{cm}^{-1}$



а

та 1440-1420  $\text{cm}^{-1}$  відсутні характеристичні смуги коливань груп б-аміногексанової кислоти.



б

Рис. 2. Вплив умов проведення реакції на взаємодію о-ТІЦ з натрієвою сіллю аміногексанової кислоти (а) та водою (б): 1 - о-ТІЦ; 2 -о-ТІЦ-АКК (20°C); 3 - о-ТІЦ-АКК (70°C); 4 - натрій б-гексанат; 5 - о-ТІЦ-карбамід (1,3-біс(о-толіл)карбамід).

Згідно даних ІЧ-спектроскопії при взаємодії о-ТІЦ з натрієвою сіллю б-аміногексанової кислоти реакція блокування до кінця відбувається лише за підвищеної температури реакційної суміші на відміну від описаних в літературі водорозчинних діізоціанатів, блокованих натрієвою сіллю АКК (Didenko et al., 2017). Такий результат узгоджується з відомим зниженням реакційної здатності ізоціанатів у присутності замісників в орто-положенні.

Будову синтезованого о-ТІЦ-АКК підтверджено також з використанням ЯМР  $^1\text{H}$ .

На рис 3. представлений ЯМР-спектр синтезованого за 70°C о-ТІЦ-АКК. Для блокованого о-ТІЦ ЯМР-спектри мають триплет в області 7,19-7,2 м.ч., що відповідає протону групи –NH-CO-. Синглет в області 8,18 м.ч. відповідає ароматичним протонам, а в області 2,17 м.ч. – відповідає трьом протонам метильної групи. В областях 4,44, 1,39 та 1, 26 м.д. знаходяться сигнали протонів –CH<sub>2</sub>- груп

аміногексанової кислоти. Вихід цільового продукту складає 95%.

Дані ІЧ- та ЯМР  $^1\text{H}$ -спектроскопії підтверджують будову продукту взаємодії о-ТІЦ з натрієвою сіллю аміногексанової кислоти, представлену на рис. 1а.

Слід зауважити, що оптимальні умови проведення блокування синтезованих латентних водорозчинних ізоціанатів суттєво залежать від реакційної здатності вихідного ізоціаната. Реакція блокування найбільш реакційно здатного ароматичного толуїлендіізоціанату (ТДІ) є екзотермічною, супроводжується інтенсивним тепловиділенням і потребує охолодження реактора. Блокування менш реакційноздатного аліфатичного гексаметилендіізоціанату (ГМДІ) можна проводити за нормальних умов. Для повного блокування орто-толілізоціанату (о-ТІЦ), який характеризується низькою реакційною здатністю необхідно проводити реакцію за підвищених температур.

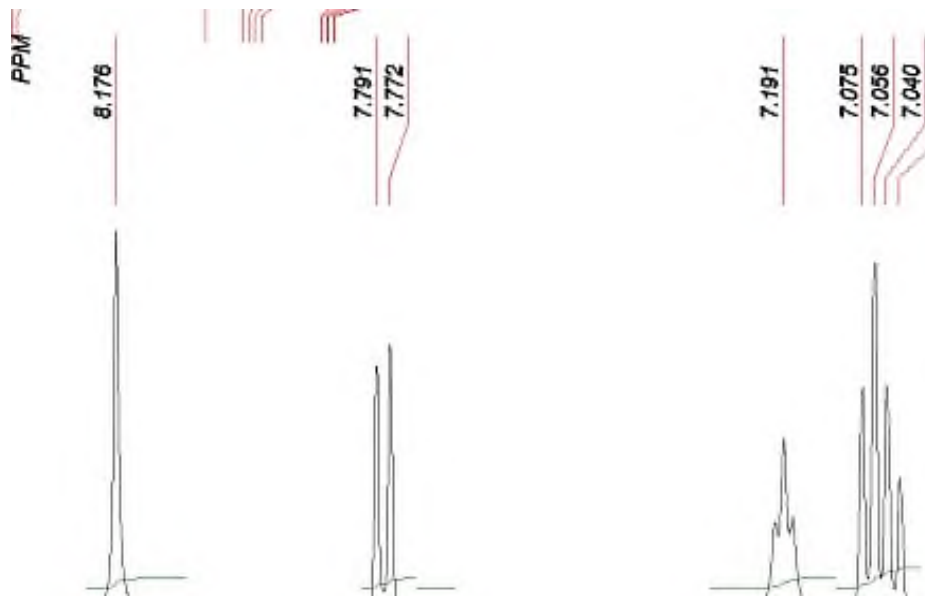


Рис. 3. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  для о-ТІЦ, блокованого натрієвою сіллю 6-аміногексанової кислоти.

Важливою характеристикою блокованих ізоціанатів є термічні властивості. Для визначення температури їх деблокування використовують методи титрування, термогравіметричного аналізу (ТГА), диференційної сканувальної калориметрії (ДСК), піролітичної мас-спектрометрії (ПМС), за температурою початку характеристичної реакції та ін. (Delebecq et al., 2013; Lee et al., 2005; Shen et al., 2011; Gedan-Smolka et al., 2000; Kozak et al., 2016; Губина та ін., 2014; Wendlandt, 1986).

Температура розпаду блокованих ізоціанатів залежить в першу чергу від міцності зв'язку ізоціанатів з блокуючим агентом, яка в свою чергу визначається реакційною здатністю та будовою вихідного ізоціанату і блокуючого агента, в тому числі типом і позицією замісника в ядрі ароматичних кілець реагентів, використаних середовища (розчинника) і каталізатора (Delebecq et al., 2013; Wicks & Wicks, 1999; Wicks & Wicks, 2001).

З літературних даних відомо, що температура деблокування ароматичних блокованих ізоціанатів нижче, ніж у аліфатичних. Вплив положення заступника в ароматичному кільці на реакційну здатність таких сполук є неоднозначним. Наприклад, метильний замісник в орто-положенні уповільнює

реакції ізоціанатної групи (Saunders & Frisch, 1962). Однак, як зазначено в огляді (Wicks & Wicks, 1999) о-толілізоціанат, блокований фенолом реагує з 1,3-діамінопропаном швидше ніж фенілізоціанат, блокований фенолом. Також толуїлендіізоціанат, блокований диметилкетоксимом в орто-положенні, вступає в реакцію з н-бутиламіном і метанолом швидше ніж відповідний пара-ізомер. Дані про водорозчинні ортозаміщені моноізоціанати, блоковані натрієвою сіллю аміногексанової кислоти, у літературі відсутні.

ТГА є одним з найбільш поширених методів визначення температури термічної дисоціації блокованих ізоціанатів (Wendlandt, 1986). На рисунках 4 та 5 представлені криві термогравіметричного аналізу (ТГ, ДТГ і ДТА) для о-ТІЦ-АКК та о-ТІЦ-КЛ, відповідно.

Згідно даних термогравіметрії характер термоокиснювальної деструкції одержаних продуктів в інтервалі температур 110 – 335°C залежить від будови блокувального агента. Стадію втрати ваги (до 10% для о-ТІЦ-АКК) в області температур від 30°C до 100°C найчастіше пов'язують з видаленням із зразка вологи і летких речовин. В області температур від 100°C до 120°C відбувається незначне (2%)

повільне падіння ваги, якому на кривій ДТА відповідає ендотермічний пік. На цій стадії відбувається термічна дисоціація блокуваного ізоціанату, виділення блокувального агента і хімічні перетворення ізоціанату. Термоокиснювальна деструкція, при якій втрата ваги супроводжується

інтенсивним тепловиділенням і появою екзотермічного піку на кривій ДТА, для обох блокуваних ізоціанатів відбувається у одну стадію з максимальною швидкістю розкладу за температури 240°C для водорозчинної сполуки і 210°C для оТІЦ-КЛ.

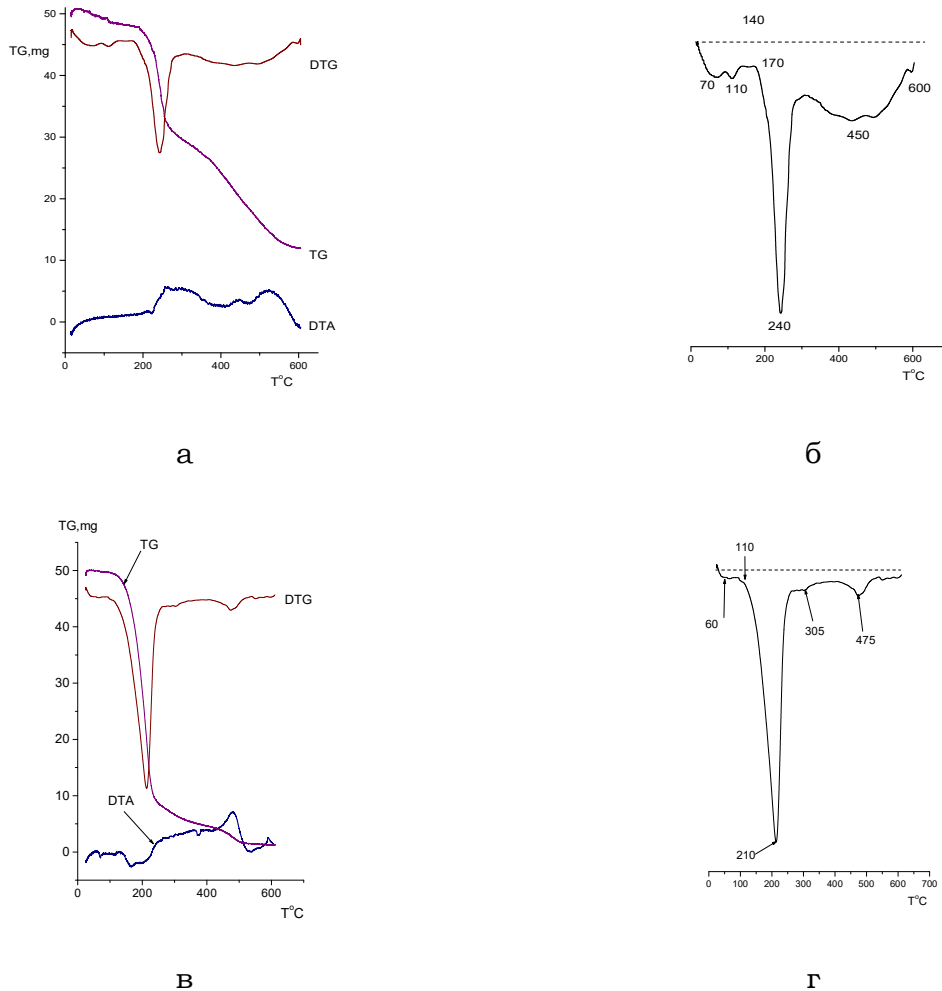


Рис. 4. Криві ТГА термоокисної деструкції блокуваних ізоціанатів: о-ТІЦ-АКК (а, б); о-ТІЦ-КЛ (в, г).

На кривій ДТА о-ТІЦ-АКК наявні два ендотермічних піки. Перший при 70°C відповідає процесам плавлення блокуваної сполуки та видаленню вологи. Другий ендотермічний пік в інтервалі 110°C - 140°C може відповідати термічній дисоціації блокуваного о-ТІЦ і видаленню блокуючого агента – натрієвої солі АКК або продуктів її розкладу. Також слід враховувати, що в температурній області 100°C - 140°C після термічного

деблокування реакційноздатної NCO-групи можливе протікання реакцій не пов'язаних із втратою маси. Наприклад, утворення вільних ізоціанатних груп часто супроводжується структуруванням системи: утворенням термостійких ізоціануратних циклів і лінійних або циклічних карбамідів (Kozak & Nizelskii, 1994; Kozak та ін., 2001; Kozak et al., 2016; Kozak та ін., 2014) (табл. 2).

Таблиця 2.

## Температурні інтервали термічної дисоціації блокованих ізоціанатів

Блокований ізоціанат	о-ТІЦ-АКК	о-ТІЦ-КЛ
Температурний інтервал деблокування, °С	100-140	110-120

У роботі (Губина та ін., 2014) було запропоновано метод ПМС для визначення характеристик термічної дисоціації ТДІ, блокованого  $\varepsilon$ -капролактамом, та детально досліджено продукти його піролітичного розкладу. В даній роботі, використовуючи цей метод, було досліджено термічні характеристики синтезованого вперше водорозчинного о-ТІЦ-АКК та, зважаючи на особливості формування молекулярних йонів аліфатичними сполуками при використанні мас-спектрометрії (Wendlandt, 1978; Хмельницький та ін., 1980; Діденко та ін., 2016), було додатково проведено порівняння

результатів ПМС піролітичного розкладу о-ТІЦ-КЛ та ТДІ-КЛ.

Температурна залежність йонного струму іонізованих продуктів піролізу блокованих ізоціанатів наведена на рисунку 5. Рис. 6. ілюструє мас-спектри легких продуктів піролізу для ізоціанатів. Криві температурної залежності йонного струму при лінійному піролізі характеризують неперервні зміни в системі зі зміною температури, а мас-спектри характеризують склад продуктів або фрагментів піролізу за певних температур і є дискретними характеристиками системи.

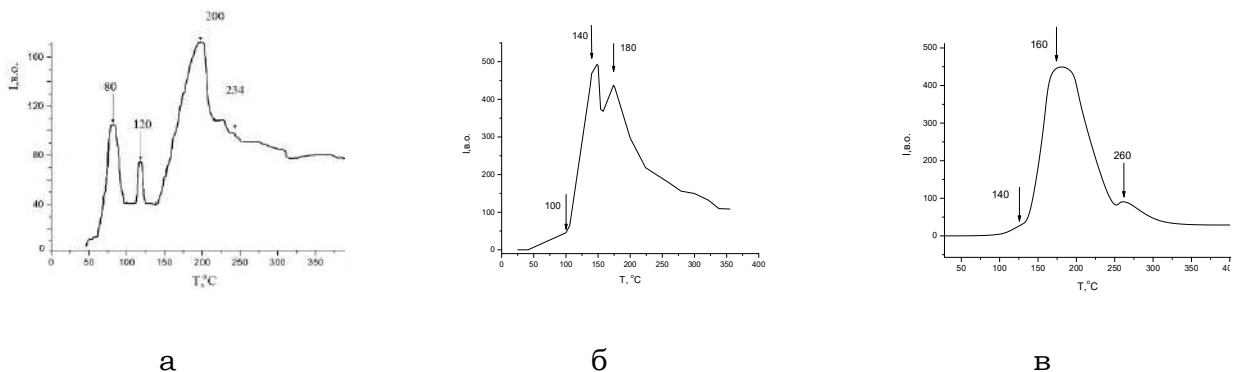


Рис. 5. Температурна залежність йонного струму піролітичного розкладу блокованих ізоціанатів: а – о-ТІЦ-АКК; б – о-ТІЦ-КЛ; в - ТДІ-КЛ

Як видно з рис. 5 піроліз блокованих ізоціанатів відбувається у декілька стадій. Температурний інтервал першої стадії може відповідати процесу термічної дисоціації блокованих ізоціанатів. Для о-ТІЦ-АКК перша стадія знаходиться у температурному інтервалі 70-110°С, друга – 120-140°С, третя – 160-230°С (рис. 5а). Для о-ТІЦ-КЛ перша стадія знаходиться у температурному інтервалі 100-155°С, друга – 155-210°С (рис. 5б). Для ТДІ-КЛ температурні інтервали розкладу складають 135-250°С і 250-320°С (рис. 5в).

За температури 25°С основними фрагментами піролітичного розкладу о-ТІЦ-АКК є фрагменти з масовим числом 18, які відповідають молекулярному йону води, що узгоджується з результатами термогравиметрії щодо значного вмісту вологи у о-ТІЦ-АКК за н.у. За температур 100°С та 140°С з'являються йонні фрагменти з масовими числами 171 та 181. За вищих температур мас-спектри фіксують серії йонів з масовими числами 41, 53, 73, 90, 171, які відносять до гомологічних серій йонів аліфатичних аміних сполук

( $C_nH_{2n}+2N+$ ) (Лебедев та ін., 2003; NIST). При цьому слід зауважити, що аліфатичні сполуки у більшості випадків не схильні до створення

молекулярних йонів і проявляються у мас-спектрах у вигляді фрагментів (Wendlandt, 1986; Лебедев та ін., 2003).

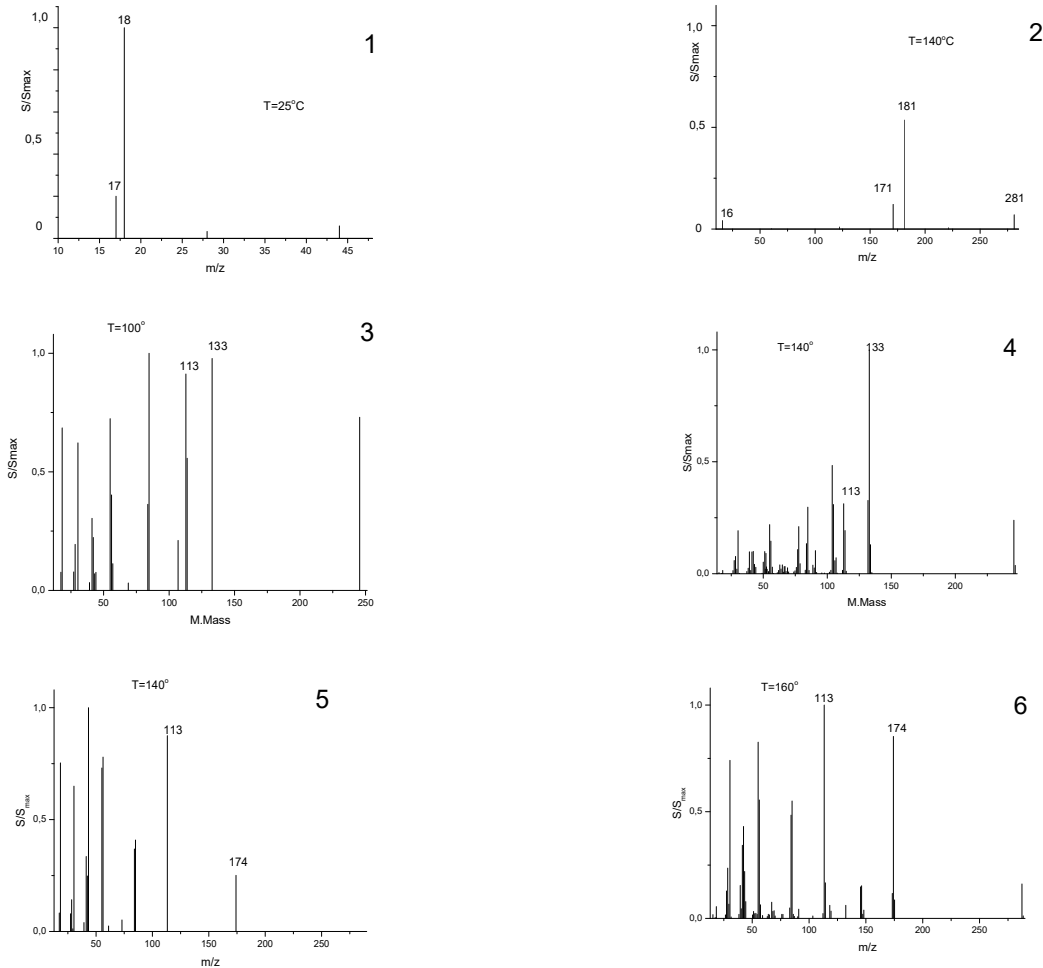


Рис. 6. Мас-спектри летких продуктів піролізу о-ТІЦ-АКА (1, 2); о-ТІЦ-КЛ (3, 4) та ТДІ-КЛ (5, 6)

На відміну від водорозчинної сполуки основними фрагментами піролітичного розкладу о-ТІЦ-КЛ за температури 100°C є фрагменти з масовими числами 113 та 133 у співвідношенні 1:1, які відповідають молекулярним масам КЛ та о-ТІЦ, відповідно, а також фрагмент з масовим числом 246, який відповідає молекулярному йону о-ТІЦ-КЛ і який відсутній у мас-спектрах високотемпературних стадій. За температури 140°C у мас-спектрі ТДІ-КЛ з'являються при співвідношенні приблизно 2:1 йонні фрагменти з масовими числами 113 і 174, які

відповідають молекулярним масам КЛ і ТДІ. При 160°C у мас-спектрі присутні фрагменти, які відповідають КЛ і ТДІ у співвідношенні приблизно 1:1 та спостерігається поява фрагменту з масовим числом 287, яке відповідає молекулярній масі ТДІ блокованого за однією ізоціанатною групою. Одержані дані аналізу складу продуктів піролізу о-ТІЦ-КЛ та ТДІ-КЛ узгоджуються з результатами попередніх досліджень, описаними у (Губина та ін., 2014; Діденко та ін., 2016). Як видно з наведених даних, у летких продуктах піролізу о-ТІЦ-КЛ та ТДІ-КЛ за температур термічної дисоціації можна



спостерігати одночасну появу фрагментів з масовими числами, які відповідають молекулярному йону  $\epsilon$ -капролактама (масове число 113) та ізоціанату з масовими числами 133 та 174 для о-ТІЦ та ТДІ, відповідно.

Нажаль, склад сумішей летких продуктів піролізу, визначений за температур відповідних максимумам на температурній залежності йонного струму о-ТІЦ-АКК, не дозволив одержати однозначну інформацію щодо появи блокувального агента. Тому можливість використання мас-спектрометрії для визначення температури деблокування ізоціанатів за участі натрієвої солі аміногексанової

кислоти потребує додаткового дослідження.

### Висновки

Синтезовано водорозчинний латентний блокований о-толілізоціанат. Вперше для блокування орто-толілізоціанату використано новий блокувальний агент - натрієву сіль аміногексанової кислоти. Методами ІЧ-та ЯМР  $^1\text{H}$ -спектроскопії доведено будову одержаного водорозчинного продукту реакції блокування. З використанням методу термогравіметрії визначено температурний інтервал деблокування натрій 6-(о-толілкарбамоїламіно)гексаната.

### Список використаних джерел

- Губина А.В., Дмитриева Т.В., Бортницкий В.И. Особенности термической диссоциации толуилنديизоцианата, блокированного  $\epsilon$ -капролактамом. *Полимерный журнал*. Т. 36. №3. 2014. С. 257-261. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Polimer\\_2014\\_36\\_3\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Polimer_2014_36_3_7)
- Диденко К.С., Козак Н.В., Клепко В.В. Пути блокирования о-толилизотианата капролактамом. *Вопросы химии и химической технологии*. 2014. №4. С. 53-56.
- Діденко К.С., Козак Н.В., Бортницький В.І., Комлякова О.М., Клепко В.В. Вплив будови і функціональності ізоціанатів блокованих  $\epsilon$ -капролактамом, на їх термічні властивості. *Український хімічний журнал*. 2016. Т. 82. № 8. С. 110-116.
- Козак Н.В., Шекера О.В., Нестеренко Г.М., Низельский Ю.М. Теплофізичні властивості термостійких полімерів функціонального призначення на основі. *Композиционные полимерные материалы*. 2001. Т. 23, №2. С. 96-102.
- Козак Н.В., Низельский Ю.Н., Нестеренко Г.М. Модифікування полімерних композицій блокованими поліізоціанатами. *ВХХТ*. 2002. №3. С. 196-198.
- Козак Н.В., Діденко К.С., Давиденко В.В., Клепко В.В. Неізотермічна кінетика термоокиснювальної деструкції поліізоціанату, блокованого  $\epsilon$ -капролактамом. *Полимерный журнал*. 2014. Т. 36. №1. С. 33-38. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Polimer\\_2014\\_36\\_1\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Polimer_2014_36_1_6)
- Хмельницький Р.А., Лукашенко И.М., Бродский Е.С. Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений. М. Химия. 1980. 280 с.
- Delebecq E., Pascault J., Boutevin B., Ganachaud F. On the Versatility of Urethane/Urea Bonds: Reversibility, Blocked Isocyanate, and Non-isocyanate Polyurethane. *Chem. Rev.* 2013. Vol. 113. P. 80-118.
- Didenko K., Kozak N., Klepko V. Preparation and characterization of phenol sorbents based on konjac glucomannan and water-soluble blocked isocyanates. *Chem. Technol.* 2017. Chemistry Vol. 11. №3. P. 270-276. <https://doi.org/10.23939/chcht11.03.270>
- Gedan-Smolka M., Haubler L., Fischer D. Thermal deblocking of masked low molecular isocyanates I. Aliphatic isocyanates. *Thermochimica Acta*. 2000. Vol. 351. P. 95-105. [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(00\)00408-1](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(00)00408-1)
- Kozak N.V., Nizelskii Yu.M. Alternative reactivity of isocyanates. Ways of activation in polymerization processes. *Ukr. Polym. Journ.* 1994. Vol. 3. № 1-4. P. 20-38.
- Kozak, N.V., Didenko, K.S., Davidenko, V.V., Klepko, V.V. Non-isothermal kinetics of  $\epsilon$ -caprolactam blocked polyisocyanate thermal dissociation. *Polym. J.* 2016. Т. 38. №4. P. 297-301. <https://doi.org/10.15407/polymerj.38.04.297>

Kozak, N., Nesin, S., Tretinichenko, V. Advanced green materials based on water soluble polysaccharide modified with latent isocyanates. *Book of 5th Virtual Congress on Materials Science & Engineering*. September 26-29. 2022. Outlining the Importance of Materials Science for a Better Future. P. 78.

Lee J.M., Subramani S., Lee Y.S., Kim J.H. Thermal Decomposition Behavior of Blocked Diisocyanates Derived from Mixture of Blocking Agents. *Macromolecular Research*. 2005. Vol. 13. №5. P. 427-434. <https://doi.org/10.1007/BF03218476>

NIST Mass Spectrometry Data Center, NIST MS number 127545.

Saunders J.H., Frisch K.C. Polyurethanes. Chemistry and Technology. V.1. Chemistry. Wiley. New York. 1962. 368 pp. <https://doi.org/10.1126/science.140.3571.1083-a>

Shen T., Zhou D., Liang L. et al. Synthesis and Characterization of Reactive Blocked-Isocyanate Coupling Agents from Methyl Ethyl Ketoxime, Ethyl Cellosolve/ $\epsilon$ -Caprolactam Blocked Aromatic and Aliphatic Diisocyanates. *Journal of Applied Polymer Science*. 2011. Vol. 122. P. 748-757. <https://doi.org/10.1002/app.33862>

Ulrich Henri. Chemistry and Technology of Isocyanates. Wiley. 1997. 504 p.

Wendlandt W. Wm. Thermal analysis Wiley. 1986. 814 p.

Wicks D.A., Wicks Z.W. Blocked isocyanates III: Part A. Mechanisms and chemistry. *Progress in Organic Coatings*. 1999. Vol. 36. №3. P. 148-172.

Wicks D.A., Wicks Z.W.Jr. Multistep chemistry in thin films; the challenges of blocked isocyanates. *Progress in Organic Coatings*. 2001. Vol. 43. №1. P. 131-140.

#### References (translated & transliterated)

Hubina, A.V., Dmitrieva, T.V., Bortnytskyi, V.I. (2014). Osobennosty termicheskoj dyssocycy toluylendyyzocyanata, blokyrovannogho  $\epsilon$ -kaprolaktamom [Peculiarities of thermal dissociation of toluenediisocyanate blocked by  $\epsilon$ -caprolactame]. *Polymernyy zhurnal* [Polym. J.], T. 36. № 4. P. 257-261. [in Russian].

Didenko, K.S., Kozak, N.V., Klepko, V.V. (2014) Puty blokyrovanyja o-tolylyzocyanata kaprolaktamom [The ways of blocking of o-tolyl isocyanate by  $\epsilon$ -caprolactam]. *Voprosy khymyy y khymicheskoy tekhnologhy* [Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii]. №4. P. 53-56. [in Russian].

Didenko, K.S., Kozak, N.V., Bortnytskyi, V.I., Komliakova, O.M., Klepko, V.V., Rukhailo, M.V. (2016). Vplyv budovy i funkcionalnosti izocyanativ blokovanykh  $\epsilon$ -kaprolaktamom, na jikh termichni vlastyvoli [The influence of structure and functionality of  $\epsilon$ -caprolactam blocked isocyanates on their thermal properties]. *Ukrainskyj khimichnyj zhurnal* [Ukr. Chim. J.]. T. 82, № 8. P. 110-116. [in Ukrainian].

Kozak, N.V., Shekera, O.V., Nesterenko, H.M., Nizelskii, Yu.M. (2001). Teplofizychni vlastyvoli termostykykh polimeriv funkcionalnogho pryznachennja na osnovi [Thermophysical properties of thermostable isocyanate containing polymers]. *Kompozycyonny polymerny materyaly* [Compos. Polym. Mater.]. T. 23, №2. P. 96-102. [in Ukrainian].

Kozak, N.V., Nizelskii, Yu.M., Nesterenko, H.M. (2002). Modyfikuvannja polimernykh kompozycij blokovanykh poliizocyanatamy [Modification of polymer compositions with blocked poliisocyanates]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. №3, P. 196-198. [in Ukrainian].

Kozak, N., Didenko, K., B. Davidenko, B., Klepko B. (2014) Neizotermichna kinetyka termookysnjuvalnoji destrukciji poliizocyanatu, blokovannogho  $\epsilon$ -kaprolaktamom [Non-isothermal kinetics of  $\epsilon$ -caprolactame bloked polyisocyanate thermooxydative destruction]. *Polymernyy zhurnal* [Polym. J.]. T. 36. № 1. P. 33-38. [in Ukrainian].

Khmelnitskyi, R.A., Lukashenko, Y.M., Brodskiy, E.S. (1980). Pyrolytycheskaia mass-spektrometryia vysokomolekuliarnykh soedynenyi [Pyrolytic mass spectrometry of high-molecular compounds]. *Chemistry*. 280 p. [in Russian].

Delebecq, E., Pascault, J., Boutevin, B., Ganachaud, F. (2013). On the Versatility of Urethane/Urea Bonds: Reversibility, Blocked Isocyanate, and Non-isocyanate

Polyurethane. *Chem. Rev.* Vol. 113. P. 80–118. [in Russian].

Didenko, K., Kozak, N., Klepko, V. (2017). Preparation and characterization of phenol sorbents based on konjac glucomannan and water-soluble blocked isocyanates. *Chem. Technol. Chemistry* Vol. 11. №3. P. 270–276. <https://doi.org/10.23939/chcht11.03.270>. [in Russian].

Gedan-Smolka, M., Haubler, L., Fischer, D. (2000). Thermal deblocking of masked low molecular isocyanates I. Aliphatic isocyanates. *Thermochimica Acta*. Vol. 351. P. 95–105. [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(00\)00408-1](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(00)00408-1). [ in English]

Kozak, N.V., Nizelskii, Yu.M. (1994). Alternative reactivity of isocyanates. Ways of activation in polymerization processes. *Ukr. Polym. Journ.* Vol. 3. № 1-4. P. 20-38. [ in English]

Kozak, N.V., Didenko, K.S., Davidenko, V.V., Klepko, V.V. (2016). Non-isothermal kinetics of  $\epsilon$ -caprolactam blocked polyisocyanate thermal dissociation. *Polym. J.* T. 38. №4. P. 297-301. <https://doi.org/10.15407/polymerj.38.04.297>. [ in English]

Kozak, N., Nesin, S., Tretinichenko, V. (2022). Advanced green materials based on water soluble polysaccharide modified with latent isocyanates. *Book of 5th Virtual Congress on Materials Science & Engineering*. September 26-29. Outlining the Importance of Materials Science for a Better Future. P. 78. [ in English]

Lee, J.M., Subramani, S., Lee, Y.S., Kim, J.H. (2005). Thermal Decomposition Behavior of Blocked Diisocyanates Derived from Mixture of Blocking Agents. *Macromolecular Research*. 2005. Vol. 13. №5. P. 427-434. <https://doi.org/10.1007/BF03218476>. [ in English]

NIST Mass Spectrometry Data Center, NIST MS number 127545. [ in English]

Saunders, J.H., Frisch, K.C. Polyurethanes. (1962). Chemistry and Technology. V.1. *Chemistry*. Wiley. New York. 368 pp. <https://doi.org/10.1126/science.140.3571.1083-a>. [ in English]

Shen, T., Zhou, D., Liang, L. et al. (2011). Synthesis and Characterization of Reactive Blocked-Isocyanate Coupling Agents from Methyl Ethyl Ketoxime, Ethyl Cellosolve/ $\epsilon$ -Caprolactam Blocked Aromatic and Aliphatic Diisocyanates. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 122. P. 748–757. <https://doi.org/10.1002/app.33862> [ in English]

Ulrich, Henri. (1997). Chemistry and Technology of Isocyanates. Wiley. 504 p. [ in English]

Wendlandt, W. Wm. (1986). Thermal analysis Wiley. 814 p. [ in English]

Wicks, D.A., Wicks, Z.W. (1999). Blocked isocyanates III: Part A. Mechanisms and chemistry. *Progress in Organic Coatings*. Vol. 36. №3. P. 148-172. [ in English]

Wicks, D.A., Wicks, Z.W.Jr. (2001). Multistep chemistry in thin films; the challenges of blocked isocyanates. *Progress in Organic Coatings*. Vol. 43. №1. P. 131–140. [ in English]

Отримано: 7 червня 2022  
Прийнято: 26 вересня 2022



Ukrainian Journal of Natural Sciences  
Issue 1  
Український журнал природничих наук  
Випуск 1

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

УДК 544.723

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.155-166

**СОРБЦІЙНО-РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЕ ВИЗНАЧЕННЯ  
МІКРОКІЛЬКОСТЕЙ ДЕЯКИХ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ У ПРИРОДНИХ  
ОБ'ЄКТАХ ПІСЛЯ ЇХ ПОПЕРЕДНЬОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ НА  
МОДИФІКОВАНОМУ СИЛІКАГЕЛІ**

**О. Ю. Кичкирук<sup>1</sup>, Н. В. Кусяк<sup>2</sup>, Е. С. Яновська<sup>3</sup>**

Розроблена методика рентгенофлуоресцентного визначення слідових кількостей іонів Pb(II), Cd(II) та Hg(II) (до 250 мкг/мл) безпосередньо у фазі сорбента після вилучення їх із розчинів у динамічному режимі сорбції. В якості сорбента використовували силікагель фірми Merck (d частинок 0,1–0,2 мм, питома поверхня 428,61 м<sup>2</sup>/г), одностадійно хімічно модифікований функціональними групами 4-(2-піридилазо)-резорцину. У дослідженнях був використаний енергодисперсійний рентгенфлуоресцентний аналізатор з напівпровідниковим детектором "ElvaX" ("Елватекс", Київ).

Встановлено, що при сумісному аналізі мікрокількостей Pb, Cd та Hg сорбційно-рентгенофлуоресцентним методом після їх попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим ПАР необхідне використання калібрувальних кривих для кожного металу з урахуванням присутності інших іонів у розчинах.

Розроблений нами метод сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)-резорцином можна ефективно застосовувати для аналізу природних та техногенних об'єктів складного хімічного складу.

**Ключові слова:** сорбційне концентрування, модифіковані сорбенти, іони токсичних металів, динамічний режим сорбції

<sup>1</sup> кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри хімії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: rapova\_o\_yu@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0558-1647

<sup>2</sup> кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри хімії  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: nkusyak@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0143-3399

<sup>3</sup> кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри неорганічної хімії  
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)  
e-mail: elina\_yanovska@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8674-7874

## SORPTION AND X-RAY FLUORESCENCE DETERMINATION OF MICRO QUANTITIES OF SOME TOXIC METALS IN NATURAL OBJECTS AFTER THEIR PRECONCENTRATION ON MODIFIED SILICA GEL

O. Y. Kychkyruk, N. V. Kusiak, E. S. Yanovska

*A method for X-ray fluorescence determination of trace amounts of Pb(II), Cd(II) and Hg(II) ions (up to 250 µg/ml) directly in the sorbent phase after their extraction from solutions in a dynamic sorption mode has been developed. Merck silica gel (particle d 0.1-0.2 mm, specific surface 428.61 m<sup>2</sup>/g), chemically modified with 4-(2-pyridylazo)-resorcinol functional groups in one step, was used as a sorbent. An energy dispersive X-ray fluorescence analyzer with a semiconductor detector "ElvaX" ("Elvatex", Kyiv) was used in the study.*

*It was found that the combined analysis of micro quantities of Pb, Cd and Hg by sorption-x-ray fluorescence method after their preconcentration on silica gel with chemically fixed surfactant requires the use of calibration curves for each metal, taking into account the presence of other ions in solutions.*

*The developed by us method of sorption-x-ray fluorescence determination of micro quantities of Pb(II), Cd(II) and Hg(II) after their extraction and preconcentration on silica gel with chemically fixed 4-(2-pyridylazo)-resorcinol can be effectively used for the analysis of natural and man-made objects of complex chemical composition.*

**Keywords:** sorption concentration, modified sorbents, toxic metal ions, dynamic mode of sorption

### Вступ

За останні кілька десятиліть багато дослідників зосередили увагу на видаленні із стічних вод різних токсичних забруднювачів. Проблеми забруднення води викликані використанням добрив, інсектицидів, гербіцидів, мила та миючих засобів, а також промисловою діяльністю, включаючи видобуток корисних копалин, текстильна промисловість та інші хімічні галузі. На цей час катіони важких металів вважаються одними з головних забруднювачів екосистеми (Sim et al., 2009; Azevedo et al., 1988; Ziarati et al., 2019; Vambol et al., 2015; Khan et al., 2019). Накопичення важких металів, таких як Cu(II), Hg(II), Pb(II), Cd(II), Cr(VI) у водному середовищі призвело до численних проблем зі здоров'ям у людей і тварин (Козуб та ін., 2020; Stankovic et al., 2014). Важкі метали є основними неорганічними забрудниками та входять до складу багатьох пестицидів, добрив та миючих засобів. Вони є канцерогенами та можуть представляти серйозну загрозу для здоров'я усіх живих істот (Zhang et al., 2016; White P.J. et al., 2009).

Для видалення токсичних катіонів металів з промислових стоків і стічних вод розроблено різні методи, такі як осадження (Esalah et al., 2000),

екстракція розчинниками (Lertlapwasin et al., 2010), хімічні та електрохімічні методи (Emamjomeh et al., 2009), іонообмінні методи (Mahmoud et al., 2012) та інші.

Однак більшість з цих процесів є неприйнятними в зв'язку із проблемою утилізації, їх високою вартістю та низькою ефективністю щодо широкого кола забруднюючих речовин. У світлі вище зазначеного, ми зосередили увагу на використанні силікагелю, як екологічно безпечного та недорогого адсорбенту. Фізико-хімічні методи кількісного аналізу природних та стічних вод на наявність іонів токсичних металів можна поділити на прямі (*in situ*), гібридні та комбіновані. Найбільш розповсюдженими прямими методами аналізу водних проб є атомно-абсорбційний та атомно-емісійний, які вимагають досить дорогого та громіздкого обладнання, що забезпечують їх високу селективність та чутливість (Кичкирук, 2008; Yanovska et al., 2007; Mishra et al., 2021). Гібридні методи полягають у вилученні, розділенні та сорбційному концентруванні іонів металів з подальшим вимірюванням аналітичного сигналу на твердій поверхні спектральними методами (електронної спектроскопії дифузійного відбиття, ГЧ-

люмінісценції, рентгенівської спектроскопії). Оскільки на першій стадії гібридного аналізу відбувається початкове розділення та концентрування іонів металів, то друга стадія вже не потребує такого селективного, чутливого і, як наслідок, дорогого обладнання, як у прямих методах.

Наразі пошук точних, простих й доступних способів визначення вмісту важких металів у ґрунті є актуальним завданням, оскільки скорочення часу для точного визначення вмісту цих токсичних елементів сприятиме швидкому застосуванню дієвих способів покращення стану ґрунтів.

У цьому сенсі варто звернути увагу на рентгенфлуоресцентний спектральний аналіз (РСФА), як один з найпотужніших сучасних методів якісного та кількісного аналізу багатокомпонентних систем природного та техногенного походження, якому притаманний цілий ряд переваг в порівнянні з іншими фізичними методами сучасної аналітичної хімії.

Рентгенівська флуоресценція є добре відомим, універсальним та потужним інструментом для неруйнівний для екологічної, промислової, фармацевтичної, судово-медичні та науково-дослідні програми для визначення наявності або відсутності, а в деяких випадках для вимірювання концентрації елементарних складових або забруднень.

Такий метод набув широкого застосування для вивчення зразків біологічного походження (Chen et al., 2008; Мешков та ін., 2014), важких металів у ґрунтах (Козуб та ін., 2020) та природних водах, зокрема річки Тигр (Іран) (Yurchenko et al., 2021) в стоматологічній практиці (Uo et al., 2014) для якісного та кількісного складу металів. З 37 досліджених виробів із сплаву встановлено 22 зразки із залізного сплаву та 15 з мідного; 10 виробів з титану, де 7 виробів з вмістом Ті 93% та 3 зразки, де вміст Ті складав 100%; 25 зразків виробів з золота, з них

20 з медичного та 5 з ювелірного золота та 21 виріб зі срібла (Бондаренко, 2017).

Рентгенофлуоресцентний аналіз надає елементну інформацію про зразки, не завдаючи шкоди зразкам і не вимагаючи додаткової їх підготовки (Yao et al., 2015) Точність цього методу для вимірювання вмісту елементів нижче 8%, а його повторюваність нижче 2% (Balasubramanian et al., 2016).

### Матеріал і методи

З метою розробки основ сорбційно-рентгенофлуоресцентного аналізу токсичних металів з використанням для їхнього попереднього концентрування використовували силікагель (Merck, з величиною питомої поверхні 56 м<sup>2</sup>/г) з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)-резорцином (ПАР) (Merck). Стандартні розчини солей металів готували розчиненням наважок солей (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> марки "ч.д.а." та "х.ч" у дистильованій воді. Модельні суміші іонів відповідних металів містили маси кожного металу, що відповідала їхнім 1, 2, 5 та 10-ти ГДК у питній воді згідно з ДСТУ. За необхідністю, точні концентрації іонів металів у розчинах встановлювали титриметрично розчином ЕДТА з індикатором мурексидом. Розчин мурексиду з масовою часткою 0,05% готували розчиненням 0,025 г сухої речовини у 50 мл дистильованої води.

Виготовлені модельні суміші пропускали через колонку з наважкою хімічно модифікованого кремнезему (0,2 г). Зразки сорбенту з поглинутими іонами металів висушували на повітрі та досліджували рентгенофлуоресцентним методом без пресування у таблетки. Умови вимірів:  $I = 12 \text{ mA}$ ,  $U = 45 \text{ V}$ , час експозиції = 1000 с.

### Результати та обговорення

Дослідження було розпочато із побудови калібрувальних графіків залежності інтенсивностей характеристичного рентгенівського випромінювання  $L_{\alpha}$ -лінії свинцю,  $K_{\alpha}$ -лінії кадмію та  $L_{\alpha}$ -лінії ртуті (рис. 1), координованих на поверхні хімічно модифікованого кремнезему, від маси металів у фазі сорбенту.

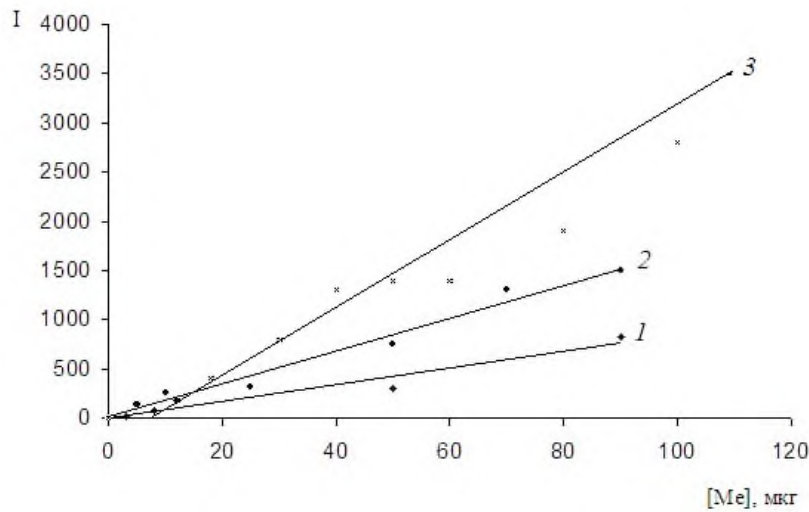


Рис. 1. Калібрувальні графіки для сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення Hg (1), Cd (2) та Pb (3) після твердофазного вилучення на кремнеземі, хімічно модифікованому 4-(2-піридилазо)резорцином ( $I = 12$  мА,  $U = 45$  В, час експозиції 1000 с).

Оскільки залежності близькі до прямих ліній у досліджуваному інтервалі концентрацій, була спроба використання сорбенту з ковалентно закріпленим

4-(2-піридилазо)резорцином для аналізу мікрокількостей свинцю(II), кадмію(II) та ртуті(II) сорбційно-рентгенофлуоресцентним методом.

На рис. 2 наведено спектри характеристичного рентгенівського випромінювання металів на поверхні хімічно модифікованого кремнезему після пропускання розчину, що містив суміш солей  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Cd(NO_3)_2$  та  $Hg(NO_3)_2$  через колонку, заповнену модифікованим кремнеземом.

Масу кожного металу у фазі сорбенту було розраховано шляхом порівняння одержаних значень абсолютних інтенсивностей характеристичного рентгенівського випромінювання Pb, Cd та Hg модельних зразків з калібрувальними графіками цих металів, наведених вище.

Одержані результати показали, що при сумісному аналізі мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) сорбційно-рентгенофлуоресцентним

методом після їх попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим ПАР одержані кінцеві результати є завищеними. Цей експериментальний факт свідчить про те, що індивідуальні залежності значень інтенсивності характеристичного рентгенівського випромінювання окремих металів від їхньої маси на сорбенті не завжди можна використовувати у рентгенофлуоресцентному аналізі сумішей цих металів.

Тому за результатами попередніх вимірювань були побудовані та порівняно залежності інтенсивності сигналів характеристичного рентгенівського випромінювання  $L_{\alpha}$ -лінії свинцю,  $K_{\alpha}$ -лінії кадмію та  $L_{\alpha}$ -лінії ртуті, адсорбованих на поверхні даного хімічно модифікованого кремнезему, від маси металів у фазі сорбенту (рис. 3) для окремо взятих металів (криві 1) і для цих же металів у потрійних сумішах Pb(II), Cd(II) та Hg(II), в яких маса металів була однаковою (наприклад, 10 мкг Pb(II) + 10 мкг Cd(II) + 10 мкг Hg(II)) (криві 2).

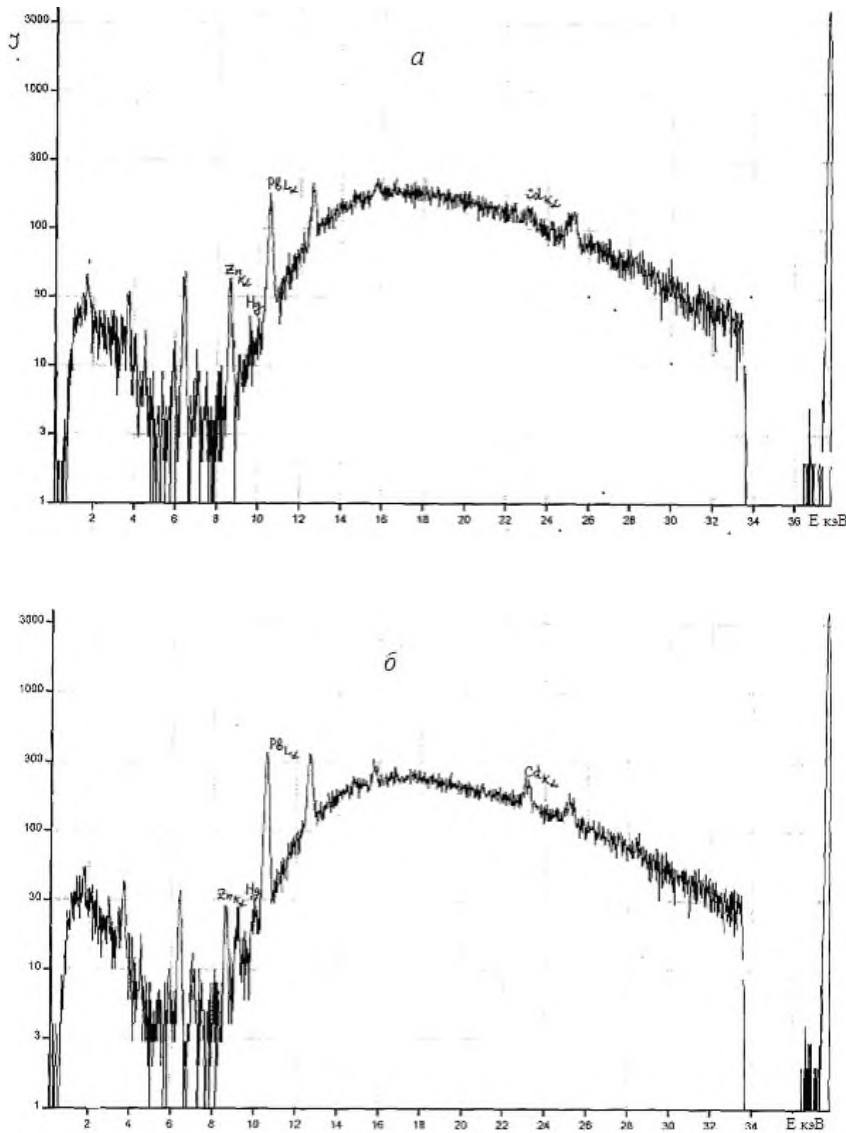


Рис. 2. Спектри характерного рентгенівського випромінювання модифікованого молекулами ПАР силікагелю після адсорбції з модельних розчинів, що містили іони свинцю(II), кадмію(II) та ртуті(II) на рівні п'яти гранично допустимих концентрацій у питній воді (а) та на рівні десяти ГДК (б).

Для всіх досліджених металів інтенсивність сигналів характерного рентгенівського випромінювання підвищується у сумішах в порівнянні із інтенсивністю сигналів окремих металів (рис. 3).

Отже, залежності інтенсивностей характерного рентгенівського

випромінювання важких металів від їх вмісту у фазі сорбенту після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)резорцином мають неоднозначний характер і залежать від вмісту у пробах інших важких металів.



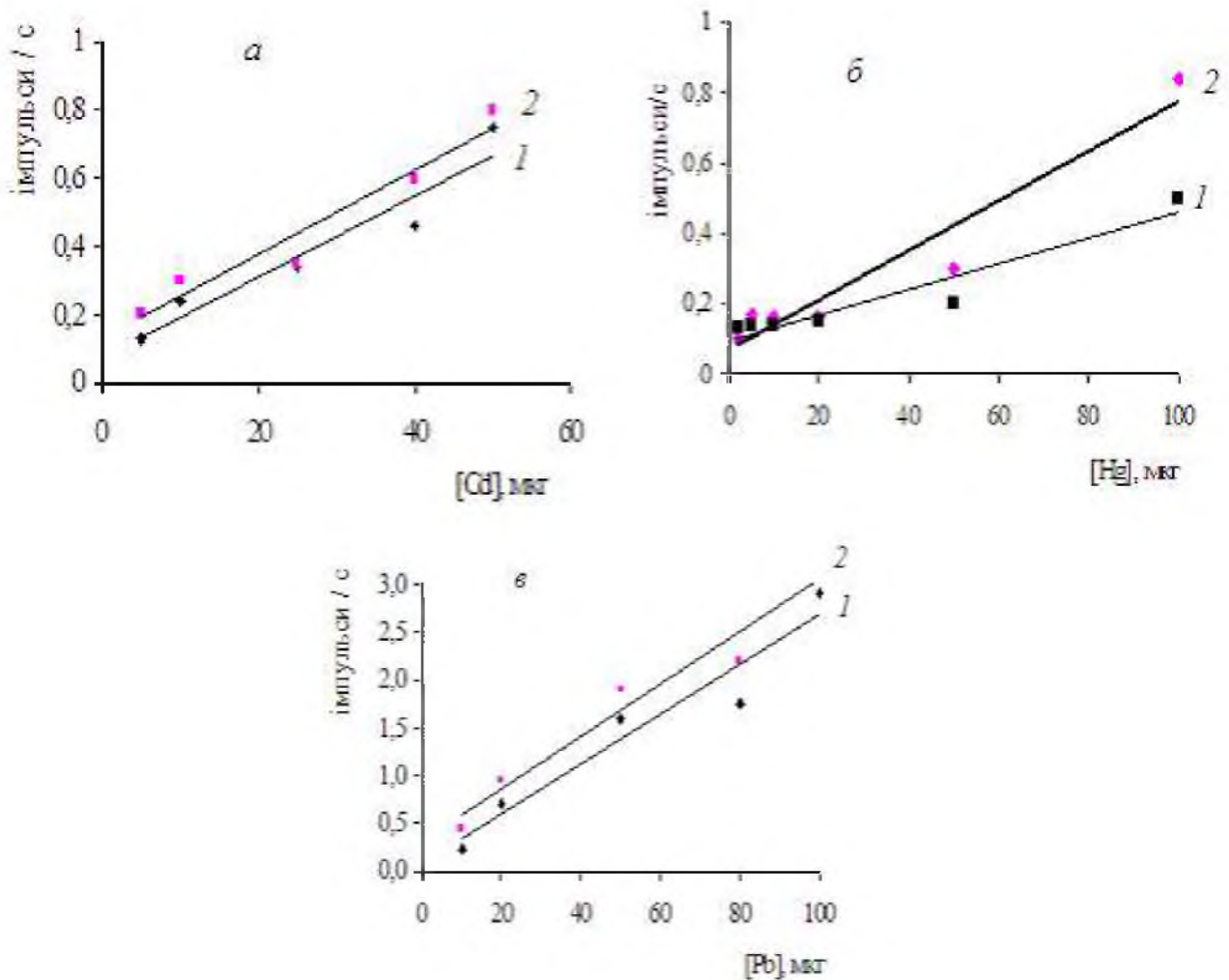


Рис. 3. Калібрувальні криві для сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення кадмію (а), ртуті (б), свинцю (в) після видалення на кремнеземі з хімічно прищепленим ПАР з індивідуального розчину (криві 1) та з розчину в присутності інших металів (криві 2).

У роботі було вивчено вплив надлишкових мас свинцю на інтенсивність характеристичного рентгенівського випромінювання  $K_{\alpha}$ -лінії кадмію та ртуті після сумісної адсорбції Pb(II) та Cd(II) і Pb(II) та Hg(II) на силікагелі з ковалентно закріпленим ПАР були побудовані залежності інтенсивностей  $K_{\alpha}$ -лінії кадмію та ртуті від маси цих металів у фазі сорбенту в присутності 100 мкг Pb (рис. 4, крива 2) та Hg (рис. 5, крива 2) та здійснено порівняння з індивідуальною калібрувальною кривою для Cd у відсутності інших металів (рис. 4, крива 1) та інтенсивності сигналу  $L_{\alpha}$ -лінії Hg (рис. 5, крива 1). Як видно з рис. 4, у присутності невеликих

надлишкових мас Pb (100 мкг), інтенсивність характеристичного рентгенівського випромінювання  $K_{\alpha}$ -лінії Cd підвищується. Цей факт можна пояснити ефектом додаткового збудження  $K_{\alpha}$ -лінії Cd характеристичним випромінюванням атомів Pb, як більш важкого металу. Як видно з рис. 5, у присутності навіть невеликих надлишкових Pb (100 мкг) інтенсивність характеристичного рентгенівського випромінювання  $L_{\alpha}$ -лінії Hg суттєво знижується. Ці спостереження в цілому узгоджуються з теорією рентгенофлуоресцентного аналізу сумішей важких металів, яка носять назву „абсорбційних ефектів”.

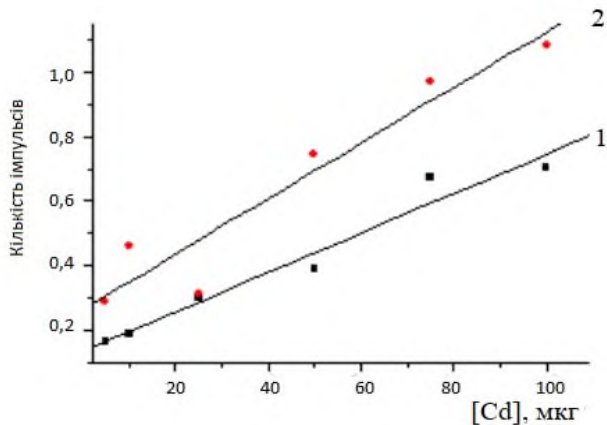


Рис. 4. Залежності інтенсивностей  $K_{\alpha}$ -лінії кадмію у фазі сорбенту в присутності 100 мкг Pb (2) та у відсутності інших металів (1).

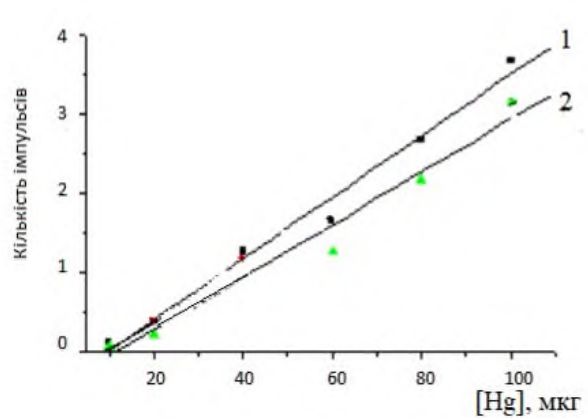


Рис 5. Залежності інтенсивностей  $K_{\alpha}$ -лінії ртуті у фазі сорбенту в присутності 100 мкг Pb (2) та у відсутності інших металів (1).

Для з'ясування впливу надлишкових мас Cd на інтенсивність сигналу  $L_{\alpha}$ -лінії Pb після сумісної адсорбції Pb(II) та Cd(II) на силікагелі з ковалентно закріпленим 4-(2-піридилазо)резорцином були побудовані залежності інтенсивності  $L_{\alpha}$ -лінії свинцю від маси Pb у фазі сорбенту в присутності 100 мкг Cd (рис. 6, крива 2), 500 мкг Cd (рис. 6, крива 3), які були порівняні з

індивідуальною калібрувальною кривою для Pb у відсутності інших металів (рис. 6, крива 1) (Кичкирук, 2008).

Аналогічні результати були одержані при дослідженні впливу надлишкових мас Cd на інтенсивність сигналу  $L_{\alpha}$ -лінії Hg після сумісної адсорбції цих металів на силікагелі з ковалентно закріпленим ПАР (рис. 7).

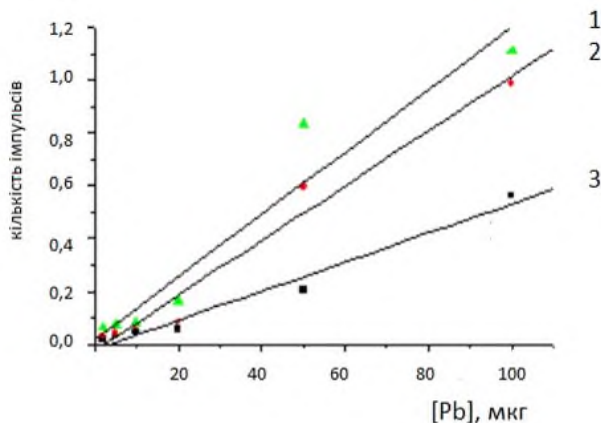


Рис 6. Залежності інтенсивностей  $K_{\alpha}$ -лінії свинцю у фазі сорбенту в присутності 100 мкг кадмію (2), 500 мкг кадмію (3) та у відсутності інших металів (1).

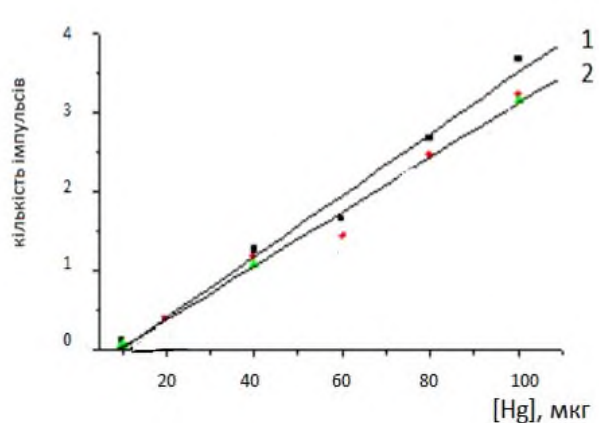


Рис 7. Залежності інтенсивностей  $K_{\alpha}$ -лінії ртуті у фазі сорбенту в присутності 100 мкг кадмію (2) та у відсутності інших металів (1).

Для перевірки можливостей практичного використання розробленого методу сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення

мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-

піридилазо)резорцином було досліджено води річок Києва Дніпро та Либідь (район вулиці Байкової – зразок I; район ст. Метро Либідська – зразок II) у зимовий період із використанням цього методу. Для цього по 1 л зразку води з річок пропускали через колонку з адсорбентом, упарювали розчин до 50 мл і вимірювали після цього інтенсивності характеристичного

рентгенівського випромінювання Pb, Cd та Hg в зразках адсорбенту, а концентрацію іонів у розчині атомно-абсорбційним спектральним аналізом.

Вміст Pb, Cd та Hg в зразках адсорбенту визначали з використанням калібрувальних кривих сумішей цих металів (рис. 3, криві 2). Результати вимірювань наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Вміст іонів металів, визначений рентгено-флуоресцентним методом у воді р. Либідь до і після її контакту з адсорбентом у динамічному режимі (маса сорбенту 0,25 г; об'єм води 50 мл)

Іони, що визначали	Вміст іонів до сорбції (мг/л)		Вміст іонів після контакту з сорбентом (мг/л)	
	Зразок I	Зразок II	Зразок I	Зразок II
$Pb^{2+}$	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
$Cd^{2+}$	<0,01	0,04	<0,01	<0,01
$Zn^{2+}$	<0,1	0,066	<0,1	<0,01
$Mn^{2+}$	0,008	0,01	0,008	0,009
$Fe^{2+}$	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
$Ni^{2+}$	<0,5	0,063	<0,5	<0,05
$Cu^{2+}$	0,008	0,008	<0,008	<0,1
$Co^{2+}$	<0,1	<0,1	<0,1	<0,005

Отримані результати було порівняно із результатами вимірювань атомно-абсорбційним методом, який широко використовується у аналітичних лабораторіях екологічного профілю.

Як видно з табл. 2, результати сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)-резорцином в цілому корелюють зі значеннями концентрацій іонів цих металів, знайденими полум'яним атомно-абсорбційним аналізом після упарювання води у 20 разів. Варто відмітити, що розроблений нами метод є більш швидким, простим у виконанні, а тому більш точним. Як видно з табл. 2, кількість свинцю та кадмію у воді р. Либідь I та II зразків,

знайдені полум'яним атомно-абсорбційним методом, є непевними. Тоді, як ці ж кількості свинцю, знайдені сорбційно-рентгенофлуоресцентним методом, засвідчують поступове збільшення його концентрації у воді при переході від I до II зразка, що є більш вірогідним, оскільки вода I зразка взята вище по течії річки, ніж другого, а між місцями забору проб у річку виведені зливні труби.

Таким чином, розроблений нами метод сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)-резорцином можна ефективно застосовувати для аналізу природних та техногенних об'єктів складного хімічного складу.

Таблиця 2.

Вміст Pb(II) Cd(II) та Hg(II) у воді р. Либідь (I та II зразки) та р. Дніпро, визначений атомно-абсорбційним методом та сорбційно-рентгенофлуоресцентним (після вилучення на кремнеземі, модифікованому молекулами ПАР) методом

Метал, мкг/г	Метод аналізу					
	Атомно-абсорбційний аналіз			Сорбційно-рентгенофлуоресцентний аналіз		
	р. Дніпро	р. Либідь (I)	р. Либідь (II)	р. Дніпро	р. Либідь (I)	р. Либідь (II)
Pb(II)	100	< 5	5	125±5	20±2	30±2
Cd(II)	< 10	< 10	2	8±2	< 2	< 2
Hg(II)	-	-	-	10±5	4±2	< 2

### Висновки

Отримані результати було порівняно із результатами вимірювань концентрацій Pb(II) та Cd(II), отриманими із використанням полум'яного атомно-абсорбційного аналізу, який широко використовується в аналітичних лабораторіях екологічного профілю, після упарювання аналізованого розчину у 20 разів. Встановлено, що результати вимірювань концентрацій Pb(II) та Cd(II), отримані методом полум'яного атомно-абсорбційного аналізу та сорбційно-рентгенофлуоресцентним методом, добре корелюють між собою. Проте сорбційно-рентгенофлуоресцентний метод дозволяє ще додатково встановити концентрацію іонів Hg(II), що не можна зробити шляхом полум'яного атомно-абсорбційного аналізу без використання спеціальної приставки.

Таким чином, розроблений нами метод сорбційно-рентгенофлуоресцентного визначення мікрокількостей Pb(II), Cd(II) та Hg(II) після їх вилучення та попереднього концентрування на силікагелі з хімічно закріпленим 4-(2-піридилазо)-резорцином можна ефективно застосовувати для аналізу природних і стічних вод, а також відходів, які можна перевести у розчинний стан.

Встановлено, що при сумісному аналізі мікрокількостей Pb, Cd та Hg сорбційно-рентгенофлуоресцентним методом після їх попереднього концентрування на силікагелі із хімічно закріпленим ПАР необхідне використання калібрувальних кривих для кожного металу з урахуванням присутності інших іонів у розчинах. Оптимальним режимом роботи спектрометра ElvaX для таких вимірювань є  $I = 12 \text{ mA}$ ,  $U = 45 \text{ V}$ , час експозиції – 1000 с.

### Список використаних джерел

- Azevedo H. L., Monken H.R., Melo V.P. Study of Heavy Metal Pollution in the Tributary Rivers of the Jacarepagua Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil, Through Sediment Analysis. *Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg.* 1988. P. 21–29. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-71483-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-71483-2_4)
- Balasubramanian G., Senthil A. M. On the empirical study of elemental analysis and metal testing using XRF spectrum analysis algorithm. *Int J and Appl Sci Eng.* 2016. V. 3 (1). P. 61–67.
- Chen Z. W., Walter M. G., Huapeng H. High Definition X-Ray Fluorescence: Principles and Techniques. *X-Ray Optics and Instrumentation.* 2008. ID 318171. 1–10. <https://doi.org/10.1155/2008/318171>
- Emamjomeh M.M., Sivakumar M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *J Environ Manage.* 2009. V. 90(5). P. 1663–1679. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.011>

Esalah O.J., Weber M.E., Vera J.H. Removal of lead, cadmium and zinc from aqueous solutions by precipitation with sodium di-(n-octyl) phosphinate. *Can J Chem Eng.* 2000. V. 78 (5). P. 948–954. <https://doi.org/10.1002/cjce.5450780512>

Khan N.A., Sirajuddin A., Vambol S., Vambol V., Farooqi I.H. Field hospital wastewater treatment scenario. *Ecological Questions.* 2019. V. 30 (3), P. 57–69. <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2019.022>

Lertlapwasin R., Bhawawet N., Imyim A., Fuangswasdi S. Ionic liquid extraction of heavy metal ions by 2-aminothiophenol in 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate and their association constants. *Sep Purif Technol.* 2010. V. 72 (1). P. 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2010.01.004>

Mahmoud A., Hoadley A.F. An evaluation of a hybrid ion exchange electro dialysis process in the recovery of heavy metals from simulated dilute industrial wastewater. *Water Res.* 2012. V. 46(10). P. 3364–3376. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.039>

Mishra A. C., Gupta S. Analysis of heavy metals in industrial soils using atomic absorption spectroscopy and their relationship with some soil properties. *Technical Engineering.* 2021. № 2 (88). P. 77–85. [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-77-85](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-77-85)

Sim S. F., Ling T. Y., Gerunsin N., Kho L. P. Assessment of heavy metals in water, sediment, and fishes of a large tropical hydroelectric dam in Sarawak, Malaysia. *J Chem.* 2009. V. 5(2). P. 2–10. <https://doi.org/10.1155/2016/8923183>

Stankovic S., Kalaba P., Stankovic A.R. Biota as toxic metal indicators. *Environ Chem Lett.* 2014. 12, P. 63–84. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0430-6>

Uo M., Wada T., Sugiyama T. Applications of X-ray fluorescence analysis (XRF) to dental and medical specimens. *Jpn Dent Sci Rev.* 2014. V. 51 (1). P.2-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2014.07.001>

Vambol V. V., Shmandij V. M., Vambol S.O., Kondratenko O.M. The systematic approach to solving the problem of management of ecological safety during process of biowaste products utilization. *Ecological safety.* 2015. V.1(19). P. 7–11. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/2260>

White P.J., Broadley M.R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 2009. V. 182(1). P. 49–84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>

Yanovska E. S., Tertykh V. A., Kichkiruk O. Yu., Dadashev A. D. Adsorption and complexing properties of silicas with analytical reagents grafted via the Mannich reaction. *Adsorp Sci Technol.* 2007. V. 25 (1–2). P. 81–87. <https://doi.org/10.1260/026361707781485726>

Yao M., Wang D., Zhao M. Element analysis based on energy-dispersive X-Ray fluorescence. *Adv Mater Sci Eng.* 2015. ID 290593, P. 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/290593>

Yurchenko O.I., Chernozhuk T.V., Baklanov A.N., Kravchenko O.A. Analysis of water and bottom sediments of the Tiger river (Iraq) using ultrasonic treatment, nonionic surface active substances and  $\beta$ -diketonates of metals as standard samples. *J Chem Technol Biotechnol.* 2021. V. 29(2). P. 173-178. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.214575>

Zhang Y., Zhang X. L., Jia W. B., Shan Q., Ling Y. Sh., Hei D. Q., Chen Da. Online X-ray Fluorescence (XRF) Analysis of Heavy Metals in Pulverized Coal on a Conveyor Belt. *Appl Spectrosc.* 2016. V. 70 (2) P. 272-278. <https://opg.optica.org/as/abstract.cfm?URI=as-70-2-272>

Ziarati P., Mostafidi M., Arabian S., Vambol S., Vambol V., Kozub S., Kozub P. Experimental and theoretical background for the wastewater treatment technology development by tea waste. *VII-th All-Ukrainian Congress of ecologist with International Participation.* 2019. P. 68.

Бондаренко О. В. Рентген-флуоресцентний спектральний аналіз сучасних виробів для пірсингу. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип. 2 (136). С.229-232. <http://repository.pdmu.edu.ua/handle/123456789/11668>

Кичкирук О.Ю. Застосування реакції амінометилювання для хемосорбції комплексотвірних аналітичних реагентів на поверхні кремнеземів: автореф. дис. канд. хім. наук: 01.04.18. Київ, 2008. 21 с. [http://eprints.zu.edu.ua/17792/1/dys\\_Kychkyruk.pdf](http://eprints.zu.edu.ua/17792/1/dys_Kychkyruk.pdf)

Козуб П.А., Вамболь С.О., Козуб С.М. Дослідження особливостей застосування рентгенофлуоресцентного аналізу для визначення важких металів у ґрунті. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2020. № 36 (2), С. 15-20. <https://doi.org/10.36804/nndipbor.36-2.2020.15-20>

Мешков А., Кузнецов В., Гребеник Л., Суходуб Л. Застосування РФА для кількісного визначення елементного складу сироватки крові. *Вісник Львівського університету*. 2014. Вип. 68. С. 96-101. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU\\_biol\\_2014\\_68\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2014_68_9)

### References (translated & transliterated)

Azevedo, H. L., Monken, H.R., Melo, V.P. Study of Heavy Metal Pollution in the Tributary Rivers of the Jacarepagua Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil, Through Sediment Analysis. *Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg*. 1988. P. 21-29. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-71483-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-71483-2_4) [in English].

Balasubramanian, G., Senthil, A. M. On the empirical study of elemental analysis and metal testing using XRF spectrum analysis algorithm. *Int J and Appl Sci Eng*. 2016. V. 3 (1). P. 61-67 [in English].

Chen, Z. W., Walter, M. G., Huapeng, H. High Definition X-Ray Fluorescence: Principles and Techniques. *X-Ray Optics and Instrumentation*. 2008. ID 318171. 1-10. <https://doi.org/10.1155/2008/318171> [in English].

Emamjomeh, M.M., Sivakumar, M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *J Environ Manage*. 2009. V. 90(5). P. 1663-1679. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.011> [in English].

Esalah, O.J., Weber, M.E., Vera, J.H. Removal of lead, cadmium and zinc from aqueous solutions by precipitation with sodium di-(n-octyl) phosphinate. *Can J Chem Eng*. 2000. V. 78 (5). P. 948-954. <https://doi.org/10.1002/cjce.5450780512> [in English].

Khan, N.A., Sirajuddin, A., Vambol, S., Vambol, V., Farooqi, I.H. Field hospital wastewater treatment scenario. *Ecological Questions*. 2019. V. 30 (3), P. 57-69. <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2019.022> [in English].

Lertlapwasin, R., Bhawawet, N., Imyim, A., Fuangswasdi, S. Ionic liquid extraction of heavy metal ions by 2-aminothiophenol in 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate and their association constants. *Sep Purif Technol*. 2010. V. 72 (1). P. 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2010.01.004> [in English].

Mahmoud, A., Hoadley, A.F. An evaluation of a hybrid ion exchange electro dialysis process in the recovery of heavy metals from simulated dilute industrial wastewater. *Water Res*. 2012. V. 46(10). P. 3364-3376. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.039> [in English].

Mishra, A. C., Gupta, S. Analysis of heavy metals in industrial soils using atomic absorption spectroscopy and their relationship with some soil properties. *Technical Engineering*. 2021. № 2 (88). P. 77-85. [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-77-85](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-77-85) [in English].

Sim, S. F., Ling, T. Y., Gerunsin, N., Kho, L. P. Assessment of heavy metals in water, sediment, and fishes of a large tropical hydroelectric dam in Sarawak, Malaysia. *J Chem*. 2009. V. 5(2). P. 2-10. <https://doi.org/10.1155/2016/8923183> [in English].

Stankovic, S., Kalaba, P., Stankovic, A.R. Biota as toxic metal indicators. *Environ Chem Lett.* 2014. 12, P. 63–84. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0430-6> [in English].

Uo, M., Wada, T., Sugiyama, T. Applications of X-ray fluorescence analysis (XRF) to dental and medical specimens. *Jpn Dent Sci Rev.* 2014. V. 51 (1). P.2-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2014.07.001>

Vambol, V. V., Shmandij, V. M., Vambol, S.O., Kondratenko, O.M. The systematic approach to solving the problem of management of ecological safety during process of biowaste products utilization. *Ecological safety.* 2015. V.1(19). P. 7–11. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/2260> [in English].

White, P.J., Broadley, M.R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 2009. V. 182(1). P. 49–84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x> [in English].

Yanovska, E. S., Tertykh, V. A., Kichkiruk, O. Yu., Dadashev, A. D. Adsorption and complexing properties of silicas with analytical reagents grafted via the Mannich reaction. *Adsorp Sci Technol.* 2007. V. 25 (1–2). P. 81–87. <https://doi.org/10.1260/026361707781485726> [in English].

Yao, M., Wang, D., Zhao, M. Element analysis based on energy-dispersive X-Ray fluorescence. *Adv Mater Sci Eng.* 2015. ID 290593, P. 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/290593> [in English].

Yurchenko, O.I., Chernozhuk, T.V., Baklanov, A.N., Kravchenko, O.A. Analysis of water and bottom sediments of the Tiger river (Iraq) using ultrasonic treatment, nonionic surface active substances and  $\beta$ -diketonates of metals as standard samples. *J Chem Technol Biotechnol.* 2021. V. 29(2). P. 173-178. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.214575> [in English].

Zhang, Y., Zhang, X. L., Jia, W. B., Shan, Q., Ling, Y. Sh., Hei D. Q., Chen, Da. Online X-ray Fluorescence (XRF) Analysis of Heavy Metals in Pulverized Coal on a Conveyor Belt. *Appl Spectrosc.* 2016. V. 70 (2) P. 272-278. <https://opg.optica.org/as/abstract.cfm?URI=as-70-2-272> [in English].

Ziarati, P., Mostafidi, M., Arabian, S., Vambol, S., Vambol, V., Kozub, S., Kozub, P. Experimental and theoretical background for the wastewater treatment technology development by tea waste. *VII-th All-Ukrainian Congress of ecologist with International Participation.* 2019. P. 68. [in English].

Bondarenko, O. V. X-ray fluorescence spectroscopy of modern products for piercing *Bulletin of problems biology and medicine.* 2017. V. 2 (136). P.229-232. <http://repository.pdmu.edu.ua/handle/123456789/11668> [in Ukrainian].

Kychkyruk, O.Yu. Zastosuvannia reaktsii aminometyliuvannia dlia khemosorbtsii kompleksotvirnykh analitychnykh reahentiv na poverkhni kremnezemiv [Dys. kand. khim. nauk, Instytut khimii poverkhni im. O.O.Chuika]. 01.04.18. Kyiv, 2008. 21 p. [http://eprints.zu.edu.ua/17792/1/dys\\_Kychkyruk.pdf](http://eprints.zu.edu.ua/17792/1/dys_Kychkyruk.pdf) [in Ukrainian].

Kozub, P., Vambol, S., Kozub, S. Study of the use features of the X-ray fluorescence analysis for the heavy metals determination in soil. *Labour Protection Problems in Ukraine.* 2020. V. 36 (2), P. 15-20. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.36-2.2020.15-20> [in Ukrainian].

Meshkov, A., Kuznetsov, V., Grebenik, L., Sukhodub, L. The use of rfa for the quantitative determination of the elemental composition of blood serum. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University.* 2014. V. 68. P. 96–101. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU\\_biol\\_2014\\_68\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2014_68_9) [in Ukrainian].

Отримано: 17 червня 2022  
Прийнято: 26 вересня 2022



## АГРОНОМІЯ

УДК: 632.634.723

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.167-173

### ДОВГОСТРОКОВИЙ ПРОГНОЗ БІОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ФІТОФАГІВ НА СМОРОДИНІ ЧОРНІЙ

А. В. Бакалова<sup>1</sup>

У статті наведено результати наукових досліджень біологічного розвитку великої смородинової попелиці, червоносмородинової голової попелиці та агрусової пагонової попелиці у смородиновому агроценозі. За проведеним аналізом багаторічної динаміки розвитку фітофагів було побудовано фенологічний календар, який чітко показує період прояву найбільшої шкодочинності цих комах. Він припадає на третю декаду квітня, тоді коли за фенологічною фазою розвитку це є VI етап біологічного розвитку смородини. Попелиці зимують у стадії яйця біля основи бруньки смородини. Ембріональний розвиток яйця завершується на початку сокоруху самої рослини. Розвиток цих комах відбувається з неповним перетворенням, а тому в ході експерименту спостерігали за партеногенезом.

На VI етапі органогенезу спостерігали за виходом личинок засновниць, світло зеленого забарвлення та колючесисним ротовим апаратом, які через 2 - 3 дні починають активне живлення, про що свідчили пошкоджені листки, які з часом змінювали своє забарвлення.

Пошкоджені листки червоносмородиновою попелицею за забарвленням мають чіткий перехід від світло-жовтого до червоного кольору з галоутвореним здуттям. У даного виду слинний фермент підсилює ріст і розвиток клітин, тоді коли у агрусової пагонової попелиці навпаки, клітини гинуть.

Доведено, що розвиток цих фітофагів припадає на етап органогенезу цвітіння смородини і в даний період категорично заборонено проводити будь-які заходи захисту рослин. Саме тому нами було проведено довгострокове дослідження як смородини чорної, так і сисних фітофагів, що дозволило у ранньовесняний період провести профілактичні дії на біологічний розвиток сисних фітофагів, де за останні роки їх шкідливість посідає одне із головних місць. При цьому значну шкоду завдають партеногенетичні самки, знижуючи урожайність та якість ягід від порушення нормального протікання фізіологічних процесів фотосинтезу. В результаті живлення партеногенетичної особини пагони відстають у рості, мають чітко виражені викривлення різної форми. Заселеність сисними фітофагами смородини чорної можливо зменшити за впровадження фенологічного прогнозу.

**Ключові слова:** фенологія, урожайність, сумарний коефіцієнт заселеності, попелиці, шкідливість.

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри здоров'я фітоценозів і трофології  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail: bakalova1970@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-6803-6304



## LONGTERM FORECAST OF BIOLOGICAL DEVELOPMENT OF PHYTOPHAGES ON BLACK CURRANT

A. V. Bakalova

*The article presents the results of scientific research on the biological development of the large currant aphid, the red currant head aphid and the gooseberry shoot aphid in the currant agroecosystem. Based on the analysis of the multi-year dynamics of the development of phytophages, a phenological calendar was built, which clearly shows the period of manifestation of the greatest harmfulness of these pests, which is indicated in the third decade of April, while according to the phenological phase of development, this is the VI stage of the biological development of currants. Aphids overwinter in the egg stage at the base of the currant bud. The embryonic development of the egg ends at the beginning of the plant's sap flow. The metamorphosis of this species refers to an incomplete transformation, and therefore parthenogenesis was observed during the experiment. At the 4th stage of organogenesis, we observed the emergence of larvae of the founders, light green in color and spiky sucking mouthparts, which after 2-3 days begin active feeding, which was evidenced by damaged leaves that changed their color over time. The color of leaves damaged by redcurrant aphid has a clear transition from light yellow to red with a halo-shaped bulge. In this species, the salivary enzyme enhances the growth and development of cells, while in the gooseberry shoot aphid, on the contrary, cells die and at the same time cause cell death.*

*According to our observations, it has been proven that the development of these phytophages falls on the stage of organogenesis of currant blossoms, and it is strictly forbidden to carry out any plant protection measures during this period. And therefore, we conducted a long-term study of both black currant and sucking phytophages. Such a significant plant-phytophagous combination makes it possible to carry out preventive actions early in the spring on the biological development of sucking phytophages, where in recent years their harmfulness occupies one of the main places, while parthenogenetic females cause significant damage, reducing the yield and quality of berries due to disruption of the normal flow physiological processes of photosynthesis. As a result of nutrition of a parthenogenetic individual, the shoots lag behind in growth, have clearly expressed curvatures of various shapes. It is possible to reduce the colonization of black currant by sucking phytophages by implementing phenological forecasting.*

**Key words:** phenology, productivity, total occupancy rate, aphids, harmfulness.

### Вступ

За комплексом вітамінів перше місце серед ягідних культур займає смородина чорна, яку використовують у вітамінній і фармакологічній промисловості. Особливо багата вона на вітаміни С, А, Р, і В9, та за їх вмістом випереджає цитрусові, малину, суницю, агрус, вишню, яблука, абрикос, виноград. Смородина містить багато цінних біологічно-активних речовин, пектинів, провітамінів, мікроелементів, антоціанів, не тільки у ягодах, але й у листках, пагонах та бруньках (Карпенко, 2021).

За врожайності 9 - 10 т/га, в ягодах чорної смородини, накопичується біля 25 кг аскорбінової кислоти, а 50 - 60 ягід задовольняють добову потребу людського організму у вітаміні С (Леманова, 2019).

Доведено, що споживання смородини людським організмом сприяє адсорбції радіонуклідів і важких металів, виведенню їх з

організму прямим шляхом (Лобода, 2019).

Надзвичайно велике значення відіграють оксикумарини – біологічні речовини, які володіють протиінфарктним впливом. Фітонциди, що входять до складу ягід, мають антимікробну дію. Смородина є невід'ємним джерелом легкозасвоюваних цукрів, кислот, солей фосфору та заліза. Окрім того, Р-активні речовини містять флавоноїди і катехіни, які беруть безпосередню участь в процесах клітинного дихання та в підтримці еластичності стінок кровоносних судин (Дереча, 2016).

Значною мірою втрати врожайності плодів чорної смородини обумовлюють близько 202 видів комах і кліщів. Серед них 20 видів мають найбільший шкодочинний вплив (Бакалова, 2016).

Поширеною на смородинових агроценозах є група сисних фітофагів: попелиці – велика смородинова

(*Hyperomyzus lactucae* Kalt.), червоносмородинова галова (*Cryptomyzus ribis* L.), агрусова пагонова (*Aphis grossulariae* Kalt.), кліщі – звичайний павутинний (*Tetranychus urticae* Koch), смородиновий бруньковий (*Cecidophyopsis ribis* Westw.) (Бакалова, 2017). 10-20% втрати врожаю ягід чорної смородини спричиняють розповсюджені види комах, а саме: велика смородинова попелиця, червоносмородинова галова попелиця, агрусова пагонова попелиця (Секун, 2001; Okul, 1992)

### Матеріали і методи

Дослідження проводили з 2011 по 2022 рр. на навчально-дослідному полі Поліського національного університету. В насадженнях смородини обстеження та облік заселеності сисними шкідниками проводили згідно загальноприйнятих у ентомології методик. Чисельність *A. grossulariae*, *C. ribis*, *H. lactucae* обліковували з кожної повторності на 5 модельних кущах. Для аналізу рослинні проби (листки) відбирали з трьох ярусів.

Для обліків чисельності попелиць, з п'яти гілок кожного ярусу облікового куща, тобто з чотирьох сторін та посередині, відбирали по одному листку з повторності, що становило 75 листків, а з варіанту досліду – 300 листків. Листки складали в поліетиленові пакети. Аналіз матеріалу проводили в лабораторії (Трибель, 2001).

За багаторічними фенологічними спостереженнями біологічного розвитку смородини чорної, було складено зведений фенологічний календар та розроблено однофакторні регресійні рівняння та побудовано модель фенопрогнозування тривалості розвитку смородини чорної та біологічний розвиток сисних фітофагів на смородині.

### Результати досліджень

За вегетаційний період смородина чорна проходить відповідні фенологічні етапи біологічного розвитку, які необхідно врахувати при

дослідженні біологічного розвитку фітофагів. Оскільки шкідники з'являються на різних етапах та потребують додаткового живлення, інтенсивність їхнього росту та розвитку залежить від певних умов існування.

Розпочнемо з вегетації смородини чорної, яка розпочинається активізуватися за умов, коли постійна температура світлового дня 1°C спостерігається кожні 100 хвилин. За спостереженнями 2011-2021 років перший етап органогенезу смородини чорної у середньому відбувався 23 - 28 березня. Тривалість світлового дня сягала 13 годин 10 хвилин (756 хв.), яку ділимо на 100 і отримаємо 7,6 °C, тобто у температурному вимірі це вважається біологічний температурний «нуль». Саме він вважається початком вегетації рослин смородини чорної, тобто це сприяє набухання бруньок, і означає початок сокоруху рослин. Оскільки зимуюча стадія сисних фітофагів досліджуваних шкідників знаходиться у яйцевій формі біля основи бруньок, є велика вірогідність завершення ембріонального розвитку личинки.

На підставі польових досліджень зроблено фенологічний прогноз основних етапів агроценозу культури у комплексі з біологічним розвитком фітофагів. Нами встановлено, що при прогнозі основними предикторами виступають: середньодобова температура повітря (максимальна, мінімальна), та тривалість світлового дня (рис. 1.).

Побудова прогнозу фенологічного розвитку смородини чорної, враховуючи стан зимового спокою, до початку вегетації слугувала вихідна межа, тобто біологічний «нуль». За роки досліджень вона складала 27 днів за середньодобової температури – 82,4 °C, (3,7 °C). Це було обумовлено теплими зимами. Отже, перший етап органогенезу (набухання бруньок) смородини чорної, розпочинається в середньому через 45 днів за середньодобової температури 3,7 °C.

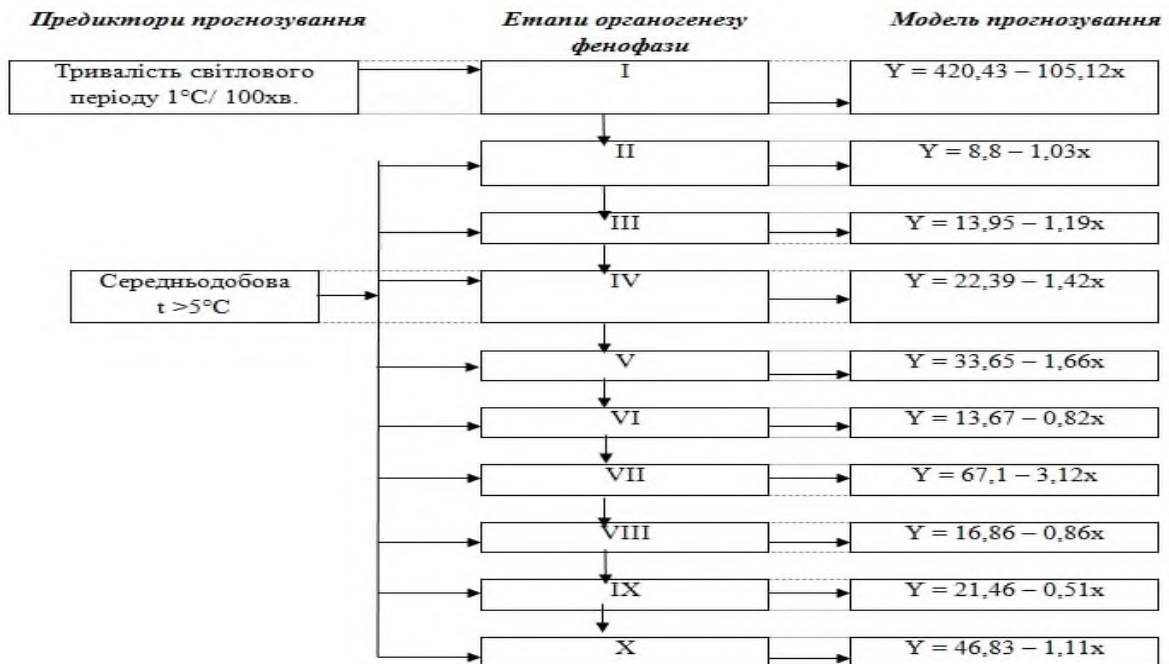


Рис.1. Алгоритми фенологічного прогнозування тривалості розвитку смородини чорної:  
 Примітка:  $Y$  – тривалість періоду, днів;  $x$  – середньодобова температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ; I – набухання бруньок  $^{\circ} t > 0^{\circ}\text{C}$ ; II – поява зеленого конусу; III – утворення листкової трубки; IV – поява перших листків; V – витягування суцвіть; VI – утворення бутонів та ріст суцвіть; VII – цвітіння; VIII – утворення зав'язі; IX – ріст ягід X – дозрівання ягід.

Дані періоди фенологічного розвитку смородини чорної, сформовані не тільки у відповідному календарі, але розраховані за статистичними даними у рівняннях регресії (1), рис. 1:

$$Y = 421,40 - 104,11x, \quad (1)$$

де:  $Y$  – початок набухання бруньок смородини чорної, днів;  $x$  – середньодобова температура повітря, що перевищує біологічний «нуль».

На рисунку 1 приведені алгоритми розрахунків прогнозування строків десяти етапів органогенезу смородини чорної, які підтверджують достовірність даних у регресійних рівняннях.

### Обговорення

Використовуючи 10-ти річні дані, що вищевикладені в алгоритмах прогнозування фенології розвитку смородини чорної, були розраховані строки проходження всіх етапів органогенезу. Рівноцінними і основними предикторами є показники факторів, які виражені рівняннями регресії залежності, що допомогли нам

побудувати таблицю темпів розвитку смородинових агроценозів приведених нижче (табл. 1).

Із даних таблиці 1 випливає, що прогнозовані дати фенологічного розвитку смородини чорної в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету оправдовуються в межах від 1 до 3 днів у порівнянні із фактичними від прогнозованих.

Розроблена таким чином довгострокова система прогнозування етапів органогенезу рослин смородини чорної дає можливість своєчасно провести технологічні операції щодо настання критичних періодів розвитку основних сисних шкідників, що є надзвичайно важливим етапом при технології вирощування культури. Досліджуючи домінуючу групу сисних фітофагів, а саме: велику смородинову попелицю, червоносмородинову галову попелицю, агрусову пагонову попелицю, їх біологічний цикл розвитку безпосередньо поєднаний з рослиною-господарем, приєднали до системи

прогнозування за допомогою кореляційної залежності з відповідними розрахунками. На відповідних етапах розвитку культури, за допомогою низки

однофакторних лінійних рівнянь регресії, проведена розробка прогнозу доміантних видів сисних фітофагів, що відображено в таблиці (табл. 2).

Таблиця 1

Прогнозування темпів розвитку смородини чорної на 2022 рік в умовах навчально-дослідного поля

Розраховані дати, фенофази, рік			
Фенофази	2011 – 2021		2022
	прогнозована	фактична	відхилення, днів
I	25.03	21.03	4
II	27.03	25.03	2
III	29.03	27.03	3
IV	4.04	7.04	-3
V	16.04	14.04	2
VI	21.04	21.04	-
VII	24.04	27.04	-3
VIII	22.05	26.05	-4
IX	09.05	11.06	-2
X	26.06	29.06	-3

Таблиця 2

Прогнозування сисних фітофагів на смородині чорній на основі однофакторних лінійних регресій

Фенофази	Рівняння регресії	Фази розвитку фітофагів	Рівняння регресії
I – набухання бруньок, через 0 °C	$Y = 420,43 - 105,12x$ $r^2 = 0,68;$	яйцева форма (зимуюча стадія)	$Y = 237,30 - 15,77X1 - 11,34X2$ $R^2 = 0,88;$
II – розпукування брунькових лусок	$Y = 8,8 - 1,03x$ $r^2 = 0,76;$		
III – утворення листової трубки	$Y = 13,95 - 1,19x$ $r^2 = 0,97;$		
IV – поява перших листків	$Y = 22,39 - 1,42x$ $r^2 = 0,95;$	тривалість періоду метаморфозу фітофагів (від яйця до появи личинки):	$Y = 317,34 - 14,76X1 - 10,33X2$ $R^2 = 0,89;$
V – витягування суцвіть	$Y = 33,65 - 1,66x$ $r^2 = 0,80;$	утворення крилатих самиць сисних фітофагів	$Y = 78,10 - 1,50X1$ $R^2 = 0,51.$
VI – утворення бутонів та ріст суцвіть	$Y = 13,67 - 0,82x$ $r^2 = 0,99;$	відродження партеногенетичних самиць	$Y = 49,45 - 2,79X1$ $R^2 = 0,48.$
VII – цвітіння	$Y = 67,1 - 3,12x$ $r^2 = 0,91;$	тривалість періоду метаморфозу партеногенезу самок	$Y = 26,44 - 2,69X1$ $R^2 = 0,49$
VIII – утворення зав'язі	$Y = 16,86 - 0,86x$ $r^2 = 0,90;$		
IX – ріст ягід	$Y = 21,46 - 0,51x$ $r^2 = 0,89;$		
X – дозрівання ягід	$Y = 46,83 - 1,11x$ $r^2 = 0,97;$	кладка яєць (зимуюча стадія)	$Y = 41,45 - 2,75X1$ $R^2 = 0,43.$

З метою всебічного вивчення біологічного розвитку сисних фітофагів на смородині чорній на основі довгострокового прогнозу, необхідно обов'язково врахувати економічний

поріг шкідливості (ЕПШ). Оцінка технічної ефективності заселеності кущів смородини чорної сисними фітофагами приведені в таблиці (табл. 3).

Таблиця 3

Технічна ефективність сисних фітофагів в насадженнях смородини чорної за прогнозованою системою (2011-2021 рр.)

Варіант досліджу	ВСП		ЧСП		АПП		ΣКз	Ефективність, %
	КОЛОН /кущ	Кз	КОЛОН /кущ	Кз	КОЛОН /кущ	Кз		
ЕПШ	18,7	1,0	21,8	1,0	22,9	1,0	3,0	0
ПСФ	10,5	0,55	11,5	0,57	10,2	0,47	1,59	54,0

Примітка: ЕПШ – економічний поріг шкідливості; ПСФ – прогноз сисних фітофагів; ВСП – велика смородинова попелиця; ЧСП – червоносмородинова попелиця; АПП – агрусова пагонова попелиця; ΣКз – сумарний коефіцієнт заселення; Кз – коефіцієнт заселення.

Аналіз приведених даних у таблиці 3 вказує на те, що зменшення щільності фітофагів, а саме коефіцієнт заселеності рослин (ВСП) великою смородиною попелицею зменшується на 0,55 одиниць, (ЧСП) червоносмородинової галової – на 0,57, (АПП) агрусової пагонової – 0,47 одиниць. Сумарний коефіцієнт заселеності смородини чорної сисними фітофагами, зменшився на 1,59 одиниць, при цьому ефективність

прогнозованої системи становила 54,0%.

#### Висновки

На основі довгострокового прогнозу розраховано за допомогою однофакторних лінійних рівнянь десять фенологічних фаз органогенезу смородини чорної. Сисні шкідники упродовж різних періодів біологічного розвитку прогресують у відповідний час. За рахунок прогнозованої системи є можливість значно зменшити обсяги застосування пестицидів, підвищити врожайність та якість ягід.

Удосконалена прогнозована система на смородині чорній є вагомим елементом захисту від сисних шкідників, що передбачає врахування інтенсивної технології вирощування культури з високим рівнем окупності та конкурентноспроможності.

#### Список використаних джерел

Карпенко В.П., Полторецький С.П., Любич В.В., Адаменко Д.М., Краверс І.С., Притуляк Р.М., Кравченко В.С., Патица Н.І., Патица В.П. Мікробіота в ризосфері зернових культур. *Мікробіологія*. 2021. 83(1):21-31. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.01.021>

Леманова Н., Магер М. Біологічний метод профілактики вирощування галли в садівництві. *Мікробіологія*. 2019. 81(2):36-40. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.02.036>

Лобода М.І., Войчук С.І., Білявська Л.А. Кореляційна залежність біосинтезу антибіотиків та інших біологічно активних речовин у ґрунтових стрептоміцетах. *Мікробіологія*. 2019. 81(5):36-47. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.05.036>

Дереча О. А., Бакалова А. В. Ефективність сумісного застосування мікроелементів і фунгіцидів на смородині чорній проти антракнозу. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 1 (53). С. 59 – 65.

Бакалова А. В., Дереча О. А. Біологічна стійкість різних сортів смородини чорної проти звичайного павутинного кліща. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. №2 (56). Т.1. С. 87 – 94.

Бакалова А. В., Титаренко В. Є., Радько В. Г. Удосконалення елементів конструкцій оприскувачів для покращення технології захисту смородини чорної від шкідників. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків, 2017. №3/1 (87). С. 3 – 10.

Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П. Методики випробування і застосування пестицидів. К.: Світ, 2001. 448 с.

Ali Okul, O Soylu Zeki, Bulut Huseyin, Cevik Junger. Chemical experiment against the San jose Scale (*Quadraspidotus perniciosus* Comst.) on apples in winter in central Anatolia. *Zirai mucadele arastigma gilligi*. 1992. № 20-21. p. 63 – 64.

### References (translated & transliterated)

Karpenko, V.P., Poltoretskyi, S.P., Lyubich, V.V., Adamenko, D.M., Kravers, I.S., Prytulyak, R.M., Kravchenko, V.S., Patyka, N.I., Patyka, V .P. (2021) Mikrobiota v ryzosferi zernovykh kultur [Microbiota in the rhizosphere of grain crops]. *Mikrobiolohiia [Microbiology]*, 83(1):21-31. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.01.021>. [in Ukrainian].

Lemanova, N., Mager, M. (2019) Biologichnyi metod profilaktyky vyroshchuvannya hally v sadivnytstvi [Biological method of preventing the growth of gall in horticulture]. *Mikrobiolohiia [Microbiology]*, 81(2):36-40. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.02.036> [in Ukrainian].

Loboda, M.I., Voychuk, S.I., Bilyavska, L.A. (2019) Koreliatsiina zalezhnist biosyntezy antybiotykyv ta inshykh biologichno aktyvnykh rehovyn u gruntovykh streptomitsetakh [Correlation dependence of the biosynthesis of antibiotics and other biologically active substances in soil streptomycetes]. *Mikrobiolohiia [Microbiology]*, 81(5):36-47. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.05.036> [in Ukrainian].

Derecha, O. A., Bakalova, A. V. (2016) Efektyvnist sumisnoho zastosuvannya mikroelementiv i funhitsydiv na smorodini chornii proty antraknozu [The effectiveness of the combined use of trace elements and fungicides on black currant against anthracnose]. *Visnyk ZhNAEU [Bulletin of ZhNAEU]*, 1 (53), 59 – 65. [in Ukrainian].

Bakalova, A. V., Derecha, O. A. (2016) Biologichna stiikist riznykh sortiv smorodiny chornoj proty zvychainoho pavutynnoho klishcha [Biological resistance of different varieties of black currant against common spider mite]. *Visnyk ZhNAEU [Bulletin of ZhNAEU]*, 2(56), 87 – 94. [in Ukrainian].

Bakalova, A. V., Titarenko, V. E., Radko, V. G. [etc.] (2017) Udoskonalennia elementiv konstruktsii opryskuvachiv dlia pokrashchennia tekhnolohii zakhystu smorodiny chornoj vid shkidnykiv [Improvement of sprayer design elements to improve the technology of blackcurrant protection against pests]. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii [Eastern European Journal of Advanced Technologies]*, 3/1(87), 3 – 10. [in Ukrainian].

Tribel, S. O., Sigarova, D. D., Secyn, M. P. [etc.] (2001) Metodyky vyprobuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Test methods and application of pesticides]. Kyiv: World. [in Ukrainian]

Ali Okul, O Soylu Zeki, Bulut Huseyin, Cevik Junger. (1992) Chemical experiment against the San jose Scale (*Quadraspidotus perniciosus* Comst.) on apples in winter in central Anatolia. *Zirai mucadele arastigma gilligi*. 20-21. 63 – 64. [in English].

Отримано: 17 серпня 2022  
Прийнято: 15 вересня 2022



УДК 63:631.236-032.31

DOI 10.35433/naturaljournal.1.2023.174-186

## ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ЇХ ДИНАМІКА ПРОТЯГОМ 1990-2020 РОКІВ

**О. А. Тимошук<sup>1</sup>, О. Б. Тимошук<sup>2</sup>, Б. В. Матвійчук<sup>3</sup>**

Україна, як сторона Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, співпрацює з міжнародними організаціями у сфері охорони довкілля, у тому числі забезпечує виконання зобов'язань у сфері зміни клімату, а саме досягти рівня викидів парникових газів у 2030 р. у кількості, що б не перевищувала 60% від рівня 1990 р. Галузь сільськогосподарства має значний внесок у загальні викиди парникових газів в Україні, який протягом 1990-2020 рр. коливався в межах 9-14%. У сільському господарстві розглядаються викиди трьох парникових газів (метан, нітроген (I) оксид і карбон (IV) оксид), до викидів яких призводить діяльність у двох галузях – тваринництві та рослинництві.

Тваринництво характеризується такими процесами, як кишкова ферментація та поводження з послідом і гноєм сільськогосподарських тварин, що супроводжуються емісією переважно метану. Ключовими факторами, які визначають динаміку емісії парникових газів у тваринництві є поголів'я сільськогосподарських тварин і система поводження з гноєм, за допомогою якої відбувається збирання, транспортування, зберігання і використання гною.

Найбільший внесок за обсягами емісії парникових газів здійснює категорія кишкової ферментації (переважно кишкова ферментація великої рогатої худоби), частка якої протягом 1990-2020 років коливалась переважно в межах 80-85%, а станом на 2020 рік знизилась до 79,3%.

Обсяги викидів у рослинництві визначаються спеціальними для кожного процесу факторами, а саме: кількістю внесених до орних ґрунтів добрив (азотних та органічних), кількістю внесених вапнувальних матеріалів, кількістю N у рослинних рештках, площею органічних ґрунтів, відведених під польові культури, тощо. Основним парниковим газом у цій галузі є

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук,  
заступник начальника управління інвентаризації парникових газів,  
начальник відділу інвентаризації парникових газів в сферах сільського та  
лісового господарств і поводження з відходами  
(Бюджетна установа «Національний центр обліку викидів парникових газів», м. Київ)  
e-mail: timpost@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-1634-1515

<sup>2</sup> кандидат хімічних наук, доцент,  
доцентка закладу вищої освіти  
кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії  
(Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ)  
e-mail: tymoshchukolga@ukr.net

<sup>3</sup> кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття  
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)  
e-mail: bogdanmatviychuk@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-7872-2420

нітроген (I) оксид, динаміка емісії якого в цілому характеризується двома напрямки – це суттєве та стрімке скорочення на понад 60% до 2003 року і подальше поступове зростання. Розвиток різних сфер рослинництва відбувається у різних напрямках та з різною інтенсивністю, а тому мають різний внесок у сукупні обсяги емісії N<sub>2</sub>O. Найбільша частка викидів, як у 1990, так і у 2020 році, припадає на внесення N з мінеральними добривами та внесення N із залишками польових культур.

**Ключові слова:** сільське господарство, викиди, джерела викидів, парникові гази, метан, нітроген (I) оксид, карбон (IV) оксид.

## GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM AGRICULTURAL ACTIVITIES AND THEIR DYNAMICS DURING 1990-2020

O. A. Tymoshchuk, O. B. Tymoshchuk, B. V. Matviychuk

Ukraine, as a Party of the UN FCCC, cooperates with international organizations in the field of environmental protection, including ensuring the fulfillment of obligations in the field of climate change, namely to reach the level of greenhouse gas emissions in 2030 in the amount of exceeded 60% of the level of 1990. The agricultural sector has a significant contribution to the total emissions of greenhouse gases in Ukraine, which during 1990-2020 fluctuated between 9-14%. In agriculture, the emissions of three greenhouse gases (methane, nitrous oxide and carbon dioxide) are considered, the emissions of which lead to activity in two branches – livestock and plant growing.

Livestock is characterized by such processes as enteric fermentation and manure management, which are accompanied by the emission of mainly methane. The key factors that determine the dynamics of greenhouse gas emissions in livestock are the number of agricultural animals and the type of manure management system, which is used to collect, transport, store and use manure. The largest contribution in terms of greenhouse gas emissions is made by the category of enteric fermentation (mainly enteric fermentation of cattle), the share of which during the 1990-2020 fluctuated mainly in the range of 80-85%, and as of 2020 it decreased to 79.3%.

The amount of emissions in plant growing is determined by factors specific to each process, namely: the amount of fertilizers (nitrogen and organic) applied to agricultural soils, the amount of applied liming materials, the amount of N in crop residues, the area of organic soils for crop planting etc. The main greenhouse gas in this area is nitrous oxide, the dynamics of whose emission is generally characterized by two directions – a significant and rapid reduction by more than 60% by 2003 and subsequent gradual growth. The development of different areas of plant growing takes place in different directions and with different intensity, and therefore have different contributions to the total volume of N<sub>2</sub>O emissions. The largest share of emissions, both in 1990 and in 2020, comes from N application with mineral fertilizers and N application with crop residues.

**Key words:** agriculture, emissions, sources of emissions, greenhouse gases, methane, nitrous oxide, carbon dioxide.

### Вступ

На початку XXI століття світова спільнота визнала, що зміна клімату є надзвичайно важливою проблемою світового розвитку з майже незворотними загрозами для глобальної економіки та міжнародної безпеки внаслідок підвищення прямих і непрямих ризиків, пов'язаних з енергетичною безпекою, забезпеченням продовольством і питною водою, стабільним існуванням екосистем, ризиків для здоров'я і життя людей.

Низька здатність країн адаптуватися до таких проявів зміни клімату, як повені, посухи, зміна течій

світового океану, тривалі періоди з аномальною спекою тощо, може призвести до соціальної та економічної нестабільності. За останні два десятиріччя питання щодо зміни клімату перетворилося в одну з найбільш гострих проблем світової економіки і політики у контексті вироблення і запровадження стратегій скорочення викидів парникових газів і поступового переходу до низьковуглецевого розвитку всіх секторів економіки і складових життєдіяльності людини.

На глобальному рівні вирішення питань, пов'язаних із зміною клімату, на цей час регулюється Рамковою



конвенцією ООН про зміну клімату, Кіотським протоколом та Паризькою угодою.

Взаємозв'язок проблем захисту довкілля та безпеки є безумовною складовою сталого розвитку України та її міжнародної позиції. Для вирішення актуальних питань сьогодення, а також інтеграції країни до світового співтовариства для розв'язання глобальних екологічних проблем проводиться співпраця з міжнародними організаціями у сфері охорони довкілля. Діяльність у рамках багатосторонніх угод з міжнародними організаціями дає змогу брати активну участь у переговорному процесі, залучати фінансову допомогу для вирішення нагальних внутрішніх екологічних проблем.

Як сторона Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу до неї, а також Паризької угоди Україна забезпечує виконання зобов'язань у сфері зміни клімату за цими міжнародними угодами з урахуванням провідних світових технологій і практики, а також особливостей національних умов, можливостей, потреб та пріоритетів (Про ратифікацію Рамкової конвенції..., 1996; Про ратифікацію Кіотського протоколу..., 2004; Про ратифікацію Паризької угоди, 2016).

Вагомим кроком у виконанні міжнародних зобов'язань стало схвалення у вересні 2015 року розпорядженням Кабінету Міністрів України № 980-р від 16.09.2015 очікуваного національно-визначеного внеску України до проекту нової глобальної кліматичної угоди. Після набуття чинності Паризької угоди 04.11.2016 зазначений внесок став автоматично першим національно-визначеним внеском України до Паризької угоди. Відповідно до цього документу Україна взяла на себе зобов'язання не перевищити у 2030 році 60% від рівня викидів парникових газів у 1990 році.

### **Матеріал і методи**

Оцінка викидів парникових газів є складним та багатогранним процесом, що визначається особливостями процесів, перебіг яких призводить до їх емісії. Ось чому методологія оцінки викидів парникових газів має забезпечувати певну уніфікацію окремих методів.

Уповноваженими державними органами країн-учасників Рамкової конвенції ООН про зміну клімату здійснюється безперервний контроль емісії парникових газів і у вигляді щорічного національного інвентаризаційного звіту (в Україні – Національний кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні), у якому наводиться інформація про обсяги викидів парникових газів за звітний період, та подається до Секретаріату Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату (Секретаріат РКЗК ООН) (Lyashenko, 2022). Виконання цього звіту усіма країнами здійснюється відповідно до погоджених методологічних рекомендацій, які зазначені у Керівних принципах національних інвентаризацій парникових газів МГЕЗК, 2006 (Eggleston, 2006).

Керівні принципи містять методологічні рекомендації для оцінки викидів парникових газів для різних галузей антропогенної діяльності, які згруповані у вигляді п'яти основних секторів: «Енергетика», «Промислові процеси і використання продукції», «Відходи», «Лісове господарство та інші види землекористування», а також «Сільське господарство». Усі процеси кожного сектору, у тому числі й сектору «Сільське господарство», відповідно до їх особливостей, згруповані у окремі категорії з докладним описом методів оцінки різних рівнів деталізації.

Зазначені керівні принципи містять не лише методологічні вказівки щодо проведення заходів щодо обліку емісії парникових газів, але й

визначають основні принципи та визначення.

Як викиди (емісія) розглядається вивільнення парникових газів та/або їх прекурсорів до атмосфери на певній ділянці та протягом певного періоду часу. Також, у Керівних принципах визначено парникові гази та прекурсори, емісія яких призводить до посилення парникового ефекту, а саме:

- карбон (IV) оксид ( $\text{CO}_2$ );
- метан ( $\text{CH}_4$ );
- нітроген (I) оксид ( $\text{N}_2\text{O}$ );
- оксиди нітрогену ( $\text{NO}_x$ );
- амоніак ( $\text{NH}_3$ );
- карбон (II) оксид ( $\text{CO}$ );
- сульфур (IV) оксид ( $\text{SO}_2$ );
- леткі неметанові органічні сполуки;
- гідрогенфлуорокарбоніві сполуки ( $\text{CHF}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{F}$ ,  $\text{CHF}_2\text{CF}_3$ ,  $\text{CF}_3\text{CH}_3$  і т.д.);
- перфлуорокарбоніві сполуки ( $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$ ,  $\text{C}_4\text{F}_{10}$  і т.д.);
- сульфур (VI) флуорид ( $\text{SF}_6$ );
- нітроген (III) флуорид ( $\text{NF}_3$ );
- сульфур (VI) пентафлуоридтрифлуорометил ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ );
- галогеновмісні етери ( $\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$ ,  $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$ ,  $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$ );
- та інші гази ( $\text{CF}_3\text{I}$ ,  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  тощо).

Парникові гази мають різні фізико-хімічні властивості та можуть перебувати в атмосфері протягом різного періоду часу (від кількох діб до століть) – мають певний парниковий потенціал. Ось чому для кожного з названих газів визначається такий показник як потенціал глобального потепління, що розраховуються як відношення одного кілограма парникового газу, який надійшов до атмосфери, до впливу одного кілограма  $\text{CO}_2$  протягом певного періоду часу (наприклад 100 років). Так, для карбон (IV) оксиду ( $\text{CO}_2$ ) потенціал глобального потепління становитиме 1, а для метану ( $\text{CH}_4$ ) та нітроген (I) оксиду ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – 25 і 298 відповідно. Таким чином:

- 1 т  $\text{CO}_2$  = 1 т  $\text{CO}_2$ -екв.;
- 1 т  $\text{CH}_4$  = 25 т  $\text{CO}_2$ -екв.;

– 1 т  $\text{N}_2\text{O}$  = 298 т  $\text{CO}_2$ -екв.

### Результати та обговорення

В Україні емісію парникових газів спричиняє діяльність у п'яти секторах антропогенної діяльності, а саме:

- Енергетика;
- Промислові процеси і використання продукції;
- Відходи;
- Лісове господарство та інші види землекористування;
- Сільське господарство.

Найбільший внесок у викиди парникових газів має енергетичний сектор, який у 2020 році становив 65%. Енергетичні системи переважно орієнтовані на спалювання палива (в основному викопного) та перетворення карбону та гідрогену у карбон (IV) оксид ( $\text{CO}_2$ ) і воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ), що супроводжується вивільненням хімічної енергії палива та її перетворення у тепло. Наступними за внеском (18% у 2020 році) є промислові процеси, де оцінюються викиди парникових газів, пов'язані з промисловими процесами, використанням парникових газів у складі продукції та неенергетичним використанням викопного паливного вуглецю. Галузь сільського господарства також має суттєвий внесок (частка парникових газів, утворених внаслідок сільськогосподарської діяльності протягом 1990-2020 рр. коливалась в межах 9-14%) і лише дещо поступається промисловим процесам. Емісія парникових газів від поводження з відходами є незначною, але має стабільну тенденцію до поступового росту. У свою чергу, діяльність у секторі «Лісове господарство та інші види землекористування» в цілому характеризується поглинанням парникових газів.

Незважаючи на загальний тренд до зниження обсягів емісії парникових газів від сільськогосподарської діяльності, внесок сільського господарства у загальні викиди поступово зростає (рис. 1).

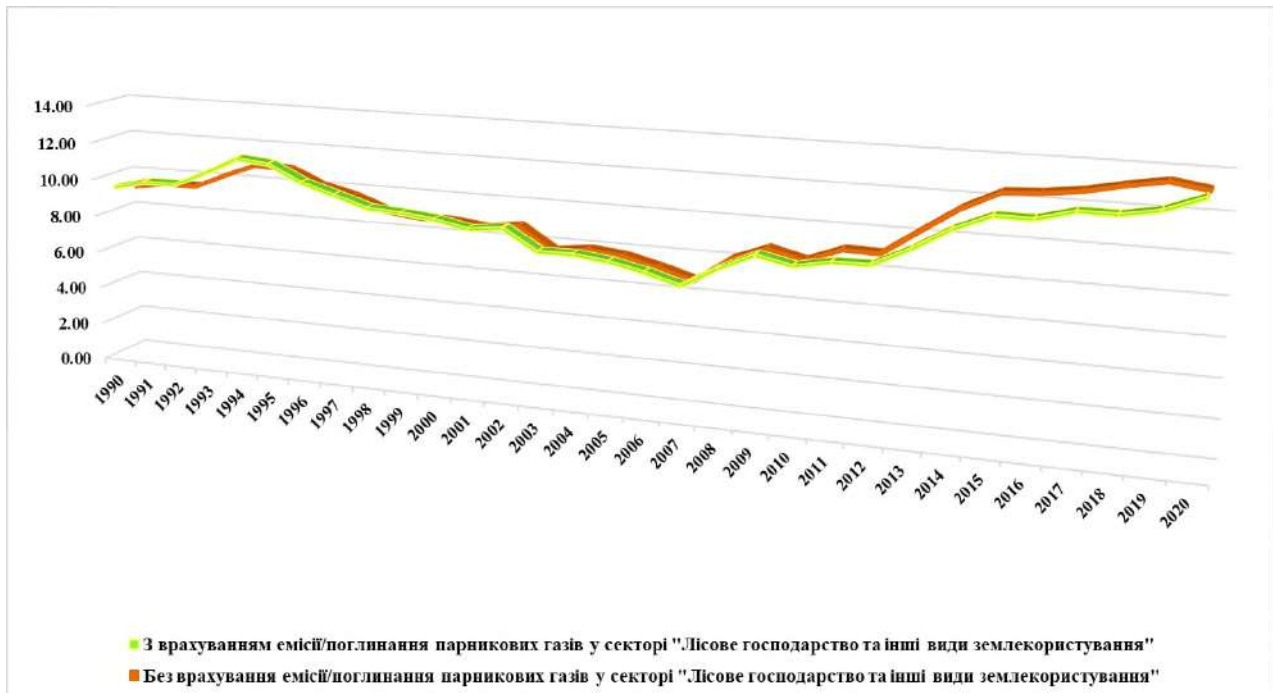


Рис. 1. Внесок сільськогосподарської діяльності у загальні викиди парникових газів, %

У сільському господарстві розглядаються викиди переважно трьох парникових газів (метан ( $CH_4$ ), нітроген (I) оксид ( $N_2O$ ) і карбон (IV) оксид ( $CO_2$ )), до викидів яких призводить діяльність у двох галузях – тваринництві та рослинництві.

Тваринництво характеризується двома процесами, які супроводжуються емісією переважно метану і у відносно незначній кількості – нітроген (I) оксиду:

- кишкова (або ентеральна) ферментація сільськогосподарських тварин (в основному великої рогатої худоби);

- поводження з послідом і гноєм сільськогосподарських тварин.

У свою чергу, рослинництво має набагато складнішу організацію і характеризується емісією усіх трьох парникових газів у наступних процесах:

$N_2O$

- внесення азотних (мінеральних) добрив;

- внесення органічних добрив;

- внесення органічних добрив від випасу худоби;

- внесення N із залишками

польових культур;

- мінералізація або іммобілізація N, пов'язана з рухом органічної речовини у ґрунті;

- культивування органічних ґрунтів;

- вивітрювання N;

- вимивання N;

$CH_4$

- вирощування рису;

$CO_2$

- внесення сечовини;

- вапнування ґрунтів.

Тваринництво.

Ключовими факторами, які визначають динаміку емісії парникових газів у тваринництві є поголів'я сільськогосподарських тварин і система поводження з гноєм, за допомогою якої відбувається збирання, транспортування, зберігання і використання гною.

За роки незалежності суттєво змінилась кон'юнктура ринку, що призвело до суттєвого скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин. Так, якщо у 1990 році поголів'я великої рогатої худоби, свиней, овець, коней та курей становило 24909.1, 19686.8, 8220.8, 746.0, 125010.3 тис. голів, то у 2020 році – 3181.0, 6053.4, 848.0, 218.0, 124584.5 тис. голів відповідно. Тож,

коли розглядати кожну тварину як окреме джерело викидів парникових газів, то й скорочення їх чисельності призводитиме до зменшення кількості джерел викидів з відповідними наслідками. Крім того, несиметричне скорочення поголів'я має також очевидний супутній ефект – зміна структури сільськогосподарських тварин. Зміна поголів'я сільськогосподарських тварин безпосередньо впливає на обсяги емісії парникових газів від кишкової ферментації та опосередковано – від поводження з послідом і гноєм (більше тварин – більше гною та посліду), а також деяких інших пов'язаних процесах сільського господарства.

Система поводження з гноєм як окремий фактор регулює обсяги емісії парникових газів як кількістю гною, що надходить до неї, так і типом системи, у

якій цей гній збирається, транспортується, зберігається і використовується. У галузі тваринництва України в основному використовуються наступні типи систем поводження з гноєм:

- система твердого зберігання;
- система зберігання рідкого гною;
- система зберігання у відкритих анаеробних лагунах;
- система аеробної обробки;
- компостування;
- гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо.

Окрім технологічних відмінностей, вони відрізняються за інтенсивністю емісії парникових газів, яка математично відображається коефіцієнтом перетворення метану і коефіцієнтом викидів для прямих викидів  $N_2O$  (табл. 1), а саме:

Таблиця 1.

Коефіцієнт перетворення метану і коефіцієнт викидів для прямих викидів  $N_2O$ 

Система поводження з гноєм	Коефіцієнт перетворення метану (%)	Коефіцієнт викидів для прямих викидів $N_2O$ (кг $N_2O-N$ / кг $N$ у системі)
система твердого зберігання	2	0,005
система зберігання рідкого гною	10	0,005
система зберігання у відкритих анаеробних лагунах	66	0,0
система аеробної обробки	0	0,01
Компостування	0,5	0,006
гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо	1	–

Визначаючись відповідними факторами, викиди метану від кишкової ферментації за період 1990-2020 рр. (табл. 2) скоротилися в середньому на понад 81% (велика рогата худоба – -81,5%; вівці – -87,9%; свині – -69,3%). Незважаючи на значне скорочення поголів'я, внесок великої рогатої худоби у загальні обсяги емісії метану у цій категорії залишався визначальним протягом усього періоду (рис. 2), що пояснюється на стільки значним їх поголів'ям, скільки схильністю травної системи до метаноутворення.

Від систем поводження з гноєм викиди парникових газів за звітний період також скоротилися (табл. 2). В цілому, викиди метану та нітроген (I) оксиду скоротилися більше ніж на 70%, що визначається кількома факторами: зміною поголів'я сільськогосподарських тварин та співвідношенням систем за кількістю гною/посліду, з якими проводять процедури збирання, транспортування, зберігання і використання (табл. 3).

Таблиця 2.

Динаміка викидів парникових газів в сільському господарстві від основних джерел

Джерело викидів	Обсяги емісії парникових газів (тис. т)			
	1990	2000	2010	2020
<i>CH<sub>4</sub></i>				
Кишкова ферментація	1 572,45	710,41	402,16	297,88
Система поводження з гноєм	140,04	48,02	48,56	39,46
Вирощування рису	8,66	7,48	8,69	3,32
<i>N<sub>2</sub>O</i>				
Система поводження з гноєм	10,99	4,45	3,64	3,22
Сільськогосподарські ґрунти (прямі викиди)	99,52	45,95	55,39	84,35
Сільськогосподарські ґрунти (непрямі викиди)	26,92	10,14	13,37	22,51
<i>CO<sub>2</sub></i>				
Вапнування ґрунтів	2 592,08	63,47	127,46	131,35
Внесення сечовини	270,14	82,20	334,73	235,51

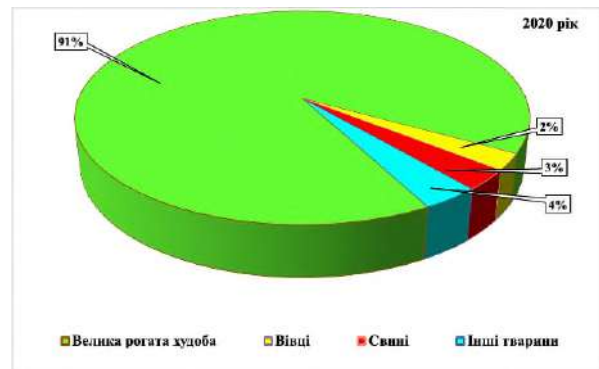
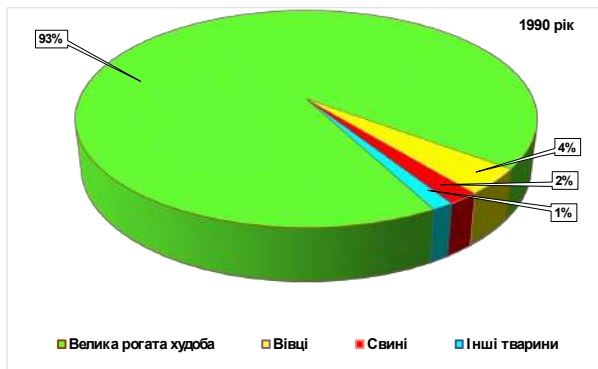


Рис. 2. Джерела емісії метану від кишкової ферментації

Варто зазначити, що скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин вплинуло на структуру сільськогосподарських підприємств за кількістю поголів'я і на тип системи поводження з гноєм, що застосовується у них. Так, у різних статеві-вікових групах великої рогатої худоби прослідковується помітне скорочення обсягів гною, що обробляється у системі зберігання рідкого гною, та зростання його обсягів у інших системах, які характеризуються значно нижчим коефіцієнтом перетворення метану.

Найбільш вагомою (табл. 4) за обсягами емісії парникових газів у галузі тваринництва є категорія кишкової ферментації (переважно кишкова ферментація великої рогатої худоби). Так, протягом 1990-2020 рр. її частка коливалась в межах 80-85%, хоча станом на 2020 р. і знизилась до 79,3%.

Слід зазначити, що у зв'язку з відсутністю методології оцінка викидів метану від кишкової ферментації птиці (курей, гусей, качок, індиків тощо) не здійснюється. У той час, як емісія метану та нітроген (I) оксиду визначається і додається до загальної кількості парникових газів.

Таблиця 3.

Співвідношення систем поводження з гноєм/послідом за основними групами сільськогосподарських тварин

Система поводження з гноєм	Співвідношення систем (%)			
	1990	2000	2010	2020
<i>Доросла молочна худоба</i>				
Система зберігання рідкого гною	15,58	0,42	0,98	1,32
Система твердого зберігання	45,20	49,81	49,46	48,93
Гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо	38,87	49,58	49,51	49,34
Компостування	0,35	0,19	0,05	0,41
<i>Доросла немолочна худоба</i>				
Система зберігання рідкого гною	20,20	0,85	3,09	3,53
Система твердого зберігання	43,78	49,60	48,29	47,15
Гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо	35,57	49,15	48,45	48,24
Компостування	0,45	0,40	0,17	1,09
<i>Молодняк великої рогатої худоби</i>				
Система зберігання рідкого гною	19,14	0,75	2,05	2,36
Система твердого зберігання	44,11	49,65	48,87	48,09
Гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо	36,33	49,25	48,98	48,82
Компостування	0,43	0,35	0,11	0,73
<i>Свині</i>				
Система зберігання у відкритих анаеробних лагунах	0,00	2,95	6,25	2,62
Система зберігання рідкого гною	27,31	4,05	13,83	31,19
Система твердого зберігання	68,66	92,83	79,81	65,19
Компостування	0,34	0,17	0,11	0,99
Система аеробної обробки	3,69	0,00	0,00	0,00
<i>Птиця</i>				
Пташиний послід без підстилки	77,03	60,49	76,33	78,58
Компостування	0,42	0,16	0,35	0,00
Гній/послід, який залишається на пасовищі, у загонах тощо	22,55	39,35	23,32	21,42

Таблиця 4.

Динаміка викидів парникових газів у галузі тваринництва

Джерело викидів	Обсяги емісії парникових газів (тис. т CO <sub>2</sub> -екв.)						
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Кишкова ферментація (CH <sub>4</sub> )	39 311,34	30 161,83	17 760,14	13 372,80	10 054,08	8 986,58	7 447,07
<i>у тому числі: кишкова ферментація великої рогатої худоби (CH<sub>4</sub>)</i>	36 536,50	28 325,69	16 694,79	12 473,19	9 138,46	8 172,77	6 773,73
Система поводження з гноєм (CH <sub>4</sub> )	3 500,97	2 318,60	1 200,54	1 032,08	1 214,05	1 126,26	986,51
Система поводження з гноєм (NO <sub>2</sub> )	3 273,79	2 314,81	1 326,89	1 118,61	1 083,76	1 049,51	958,15
Разом	46 086,10	34 795,24	20 287,57	15 523,49	12 351,89	11 162,35	9 391,72
Частка викидів від кишкової ферментації, %	85,3	86,7	87,5	86,1	81,4	80,5	79,3
Частка викидів від систем поводження з гноєм, %	14,7	13,3	12,5	13,9	18,6	19,5	20,7

Рослинництво.

Галузь рослинництва у сільському господарстві є багатогранною, а тому виділити загальні ключові фактори, які

б визначали динаміку викидів парникових газів в усіх або більшості процесів, неможливо – лише спеціальні, а саме:

внесення азотних (мінеральних) добрив	– кількість внесених до орних ґрунтів азотних (мінеральних) добрив;
внесення органічних добрив	– кількість внесених до орних ґрунтів органічних добрив;
внесення органічних добрив від випасу худоби	– кількість посліду, що залишається на полях випасу сільськогосподарських тварин;
внесення N із залишками польових культур	– кількість N у рослинних рештках (а відповідно і кількість самих решток), які залишаються на полях після збору врожаю та заорюються до ґрунту;
культивування органічних ґрунтів	– площа органічних ґрунтів, відведених під польові культури;
мінералізація або іммобілізація N, пов'язана з рухом органічної речовини у ґрунті	– кількість N, втраченого внаслідок управління ґрунтом (обробіток ґрунту, внесення добрив, заорювання рослинних решток та ін.);
вивітрювання N	– кількість N, внесеного до ґрунту з різних джерел;
вимивання N	– кількість N, внесеного до ґрунту з різних джерел;
вирощування рису	– площа сільськогосподарських ґрунтів, відведених під рис, та кількість внесених органічних добрив;
внесення сечовини	– кількість внесеної до орних ґрунтів сечовини;
вапнування ґрунтів	– кількість внесених вапнувальних матеріалів.

Антропогенна діяльність у цій галузі призводить до емісії трьох основних парникових газів – метану, нітроген (I) оксиду і карбон (IV) оксиду. Проте, найбільші обсяги викидів спостерігаються у N<sub>2</sub>O (табл. 5), частка якого зростає до майже 99%. Доречно зауважити, що зростання частки нітроген (I) оксиду відбувається на фоні скорочення емісії цього газу і є наслідком більшого скорочення емісії інших газів.

У цілому в галузі рослинництва спостерігаються два напрямки

динаміки викидів нітроген (I) оксиду – це суттєве та стрімке скорочення на понад 60% до 2003 року і подальше поступове зростання. Так, у 2020 році обсяги емісії N<sub>2</sub>O були нижчими за базовий 1990 рік лише на 15,5%. Слід зазначити, що протягом останнього десятиріччя найвищі обсяги викидів нітроген (I) оксиду відбулися у 2019 році та перевищили 115,66 тис. т N<sub>2</sub>O, а це лише на 8,52% менше ніж у 1990 році (див. табл. 2).

Таблиця 5.

Розподіл парникових газів у галузі рослинництва за обсягами емісії

Тип парникового газу	Обсяги емісії парникових газів						
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Карбон (IV) оксид, %	7,02	5,57	0,85	1,25	2,18	1,60	1,14
Метан, %	0,53	0,64	1,10	0,86	1,03	0,31	0,26
Нітроген (I) оксид, %	92,45	93,79	98,05	97,89	96,79	98,09	98,61
Разом, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.	40 756,83	25 812,47	17 047,11	18 389,45	21 168,99	28 215,65	32 295,39

Таке «відновлення» галузі не є поверненням її розвитку до рівня 1990 року. Розвиток різних сфер рослинництва відбувається у різних напрямках та з різною інтенсивністю. Крім того, сфери галузі рослинництва

мають різний внесок у сукупні обсяги емісії N<sub>2</sub>O (рис. 3). Як у 1990, так і у 2020 році найбільша частка викидів припадає на внесення N з мінеральними добривами та внесення N із залишками польових культур.

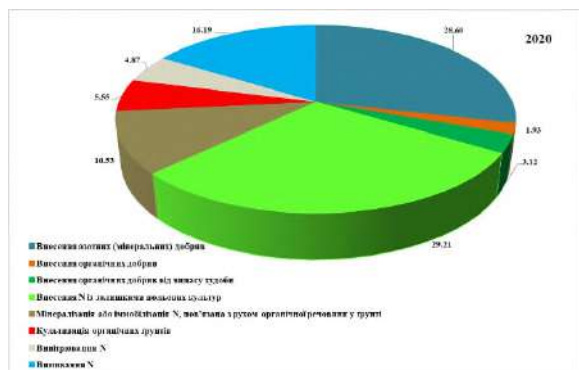
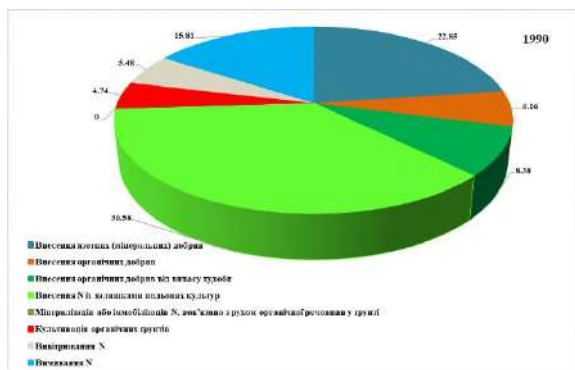


Рис. 3. Внесок різних сфер галузі рослинництва у сукупні обсяги емісії нітроген (I) оксиду

Внесення азотних (мінеральних) добрив – сфера галузі, яка характеризується збільшенням обсягів викидів нітроген (I) оксиду (на 5,78%), що обумовлюється зростанням обсягів

внесених азотних добрив від 1841,86 до 1946,39 тис. т діючої речовини.

У свою чергу, внесення органічних добрив – навпаки, характеризується найбільшим



скороченням викидів  $N_2O$  (майже на 73,5% у порівнянні з 1990 роком), що викликано різними причинно-наслідковими факторами (скорочення поголів'я, зміна практики застосування органічних добрив тощо).

Кількість органічної речовини, залишеної сільськогосподарськими тваринами на пасовищі, у загонах і т.д., також зменшилась у обсягах внаслідок скорочення поголів'я та зміни технології їх утримання. Ці обставини призвели до зменшення емісії  $N_2O$  на понад 68,5% у порівнянні з 1990 роком.

Викиди нітроген (I) оксиду від рослинних решток повторили загальну динаміку у галузі та після найбільшого скорочення (у 2003 році – на 60,5%) почали поступово зростати. Так, у 2020 році емісія цього парникового газу перевищила 31,2 тис. т  $N_2O$ , що становило -32,5% до базового 1990 року.

Культивація органічних ґрунтів має слабе поширення в Україні, але за роки незалежності площа органічних ґрунтів, відведених під польові культури, дещо збільшилась, що призвело до збільшення викидів нітроген (I) оксиду (від 5,99 у 1990 р. до 6,13 тис. т  $N_2O$  протягом 1994-2012 рр.). Проте, починаючи з 2013 року, ця сфера зазнає незначного поступового занепаду і, як наслідок, скорочення викидів до 5,93 тис. т  $N_2O$  (відповідно - 1,07% до показників 1990 року).

Ведення сільського господарства, пов'язаного із ґрунтом, передбачає здійснення спеціальних заходів: оранка, культивування, удобрення, вапнування, вирощування польових культур, заорювання рослинних решток, випас сільськогосподарських тварин тощо. Такий вплив на ґрунтовий покрив призводить до зміни вмісту органічної речовини у ньому – мінералізації або іммобілізації нітрогену у ґрунті. За роки незалежності у системі управління сільськогосподарськими ґрунтами все більшої ваги почали набувати заходи, які призводять до зменшення запасів

органічної речовини, а отже і росту обсягів емісії нітроген (I) оксиду. Так, втрати органічної речовини ґрунту розпочалися у 1993 році, які призвели до викидів 0,22 тис. т  $N_2O$ , і поступово зросли до 19,74 та 11,25 тис. т  $N_2O$  у 2019 і 2020 рр. відповідно.

Усі нітрогеновмісні сполуки мають властивість втрачати N у вигляді  $N_2O$  шляхом його депонування до атмосфери (вивітрювання) та вимивання, що відображається у відповідних сферах рослинництва. Втрати нітрогену внаслідок вивітрювання/вимивання безпосередньо залежать від його кількості, яка була внесена з різних джерел (атмосферне депонування нітрогену для внесення N із залишками польових культур та мінералізації/іммобілізації N, пов'язаної з рухом органічної речовини у ґрунті, не передбачена). Тому, за період 1990-2020 років спостерігається скорочення емісії нітроген (I) оксиду від втрат нітрогену шляхом вивітрювання і вимивання на 24,85 та 13,45 % відповідно.

Культивацію рису слід розглядати окремо, оскільки технологія вирощування цієї культури обумовлює емісію метану. Слід враховувати, що ця культура є слабо поширеною в Україні (площа сільськогосподарських угідь, відведених під рис у 1990 році становила 27700 га, у 2013 році – 24200 га, а протягом 2014-2020 рр. – коливалась у межах 10200-12700 га), а тому і викиди метану незначні. Так, протягом 1990-2013 рр. викиди коливались у межах 8,8-5,6 тис. т  $CH_4$ , а у 2014-2020 рр. – 3,8-3,0 тис. т  $CH_4$ .

Використання сечовини і вапнувальних матеріалів у рослинництві також слід розглядати окремо, оскільки їх розкладання призводить до утворення та емісії карбон (IV) оксиду. Інтенсивність застосування сечовини протягом 1990-2020 років змінювалась і врешті-решт скоротилася, але в цілому не зазнала суттєвих змін (235,5 у 2020 р. проти 270,1 тис. т  $CO_2$  у 1990 р.).

Вапнування ґрунтів, у свою чергу, зазнало значних змін у напрямку скорочення обсягів застосованих вапнувальних матеріалів, а отже і викидів CO<sub>2</sub>. Так, протягом 1990-1995 рр. емісія карбон (IV) оксиду поступово скорочувалась від 2592,1 до 1351,3 тис. т CO<sub>2</sub>, а вже у 1996 році – різко впали до 299,2 тис. т CO<sub>2</sub> і продовжили скорочуватися до 49,4 тис. т CO<sub>2</sub> у 2003 році. Застосування вапнування сільськогосподарських ґрунтів як агротехнічного прийому у подальшому поступово почало відновлюватися, що супроводжувалося приростом у обсягах емісії карбон (IV) оксиду, котрі у 2020 році вже досягли 131,3 тис. т CO<sub>2</sub>.

#### **Висновки**

Галузь сільського господарства має значний внесок у загальні викиди парникових газів в Україні, який протягом 1990-2020 рр. коливався в межах 9-14% і має тенденцію до поступового зростання.

Сільськогосподарська діяльність призводить переважно до емісії трьох різновидів парникових газів (метану (CH<sub>4</sub>), нітроген (I) оксиду (N<sub>2</sub>O) і карбон (IV) оксиду (CO<sub>2</sub>)). Їх продукування викликається діяльністю у двох галузях – тваринництві та рослинництві.

Тваринництво характеризується двома процесами, які супроводжуються емісією переважно метану, а саме: кишкова (або ентеральна) ферментація сільськогосподарських тварин і поводження з послідом і гноєм сільськогосподарських тварин. Ключовими факторами, які визначають динаміку викидів парникових газів у тваринництві є поголів'я сільськогосподарських тварин

і система поводження з гноєм, за допомогою якої відбувається збирання, транспортування, зберігання і використання гною. Найбільш ваговою за обсягами емісії парникових газів у галузі тваринництва є категорія кишкової ферментації (переважно кишкова ферментація великої рогатої худоби), частка якої протягом 1990-2020 рр. коливалася в межах 80-85%, а станом на 2020 р. знизилась до 79,3%.

Викиди парникових газів у галузі рослинництва (насамперед нітроген (I) оксиду, карбон (IV) оксиду, а також метану) обумовлюються наступними видами діяльності: внесення азотних (мінеральних) добрив; внесення органічних добрив; внесення органічних добрив від випасу худоби; внесення N із залишками польових культур; мінералізація або іммобілізація N, пов'язана з рухом органічної речовини у ґрунті; культивування органічних ґрунтів; вивітрювання N; вимивання N; вирощування рису; внесення сечовини; вапнування ґрунтів. Основним парниковим газом у цій галузі є нітроген (I) оксид, динаміка емісії якого в цілому характеризується двома напрямки – це суттєве та стрімке скорочення на понад 60% до 2003 року і подальше поступове зростання. Розвиток різних сфер рослинництва відбувається у різних напрямках та з різною інтенсивністю, а тому мають різний внесок у сукупні обсяги емісії N<sub>2</sub>O. Найбільша частка викидів, як у 1990, так і у 2020 році, припадає на внесення N з мінеральними добривами та внесення N із залишками польових культур.

#### **Список використаних джерел**

Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату: Закон України від 29 жовтня 1996 р. № 435/96 – ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1996. №50. ст. 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435/96-вр#Text>.

Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату: Закон України від 4 лютого 2004 р. №1430-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2004, №19, ст. 261. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1430-15#Text>.

Про ратифікацію Паризької угоди: Закон України від 14 липня 2016р. №1469 – VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2016. №35. ст. 595. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text>.

Lyashenko V., Onopchuk I., Tymoshchuk O. and oth. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2020 / National Inventory Submissions 2022. 599 с. URL: <https://unfccc.int/documents/476868>.

Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IPCC 2006. Published: IGES. 2006. Japan. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

### References (translated & transliterated)

Pro ratyfikaciju Ramkovoji konvenciji OON pro zminu klimatu: Zakon Ukrajinu vid 29 zhovtnja 1996 r. N 435/96 – VR. (1996). [On the ratification of the UN Framework Convention on Climate Change: Law of Ukraine dated October 29, 1996 N. 435/96 – VR]. *Vidomosti Verkhovnoji Rady Ukrajinu* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. N50. 277 p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435/96-vr#Text> [in Ukrainian].

Pro ratyfikaciju Kiotsjkogho protokolu do Ramkovoji Konvenciji Orghanizaciji Ob'jednanykh Nacij pro zminu klimatu: Zakon Ukrajinu vid 4 ljutogho 2004 r. N1430-IV. *Vidomosti Verkhovnoji Rady Ukrajinu*. №19, p. 261. [in Ukrainian].

Pro ratyfikaciju Paryzkoji ughody: Zakon Ukrajinu vid 14 lypnja 2016r. N1469 – VIII. (2016). [On ratification of the Paris Agreement: Law of Ukraine dated July 14, 2016 N1469]. *Vidomosti Verkhovnoji Rady Ukrajinu*. [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine].

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text> [in Ukrainian].

Lyashenko, V., Onopchuk, I., Tymoshchuk, O. and oth. (2022) Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2020 / National Inventory Submissions. URL: <https://unfccc.int/documents/476868>. [in English].

Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IPCC 2006. Published: IGES. 2006. Japan. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. [in English].

Отримано: 22 червня 2022  
Прийнято: 28 вересня 2022

## ЗМІСТ

### Біологія

- O. V. Kravtsova, Y. S. Shelyuk** 5  
Water quality assessment of ponds of the central Polissia by the structural and functional indicators of phytoplankton
- Л. П. Горальський, І. М. Сокульський, Н. А. Колеснік, О. В. Павлюченко, С. Ю. Шевчук** 19  
Анатомо-гістологічні аспекти еволюційної морфології спинномозкових вузлів *Vertebrates animalium*
- Л. М. Шевчук, Л. А. Васильєва, Т. А. Зайонц** 34  
Вразливий вид двостулкових молюсків фауни України *Pseudanodonta complanata*: поширення, стан поселень

### Екологія

- О. В. Гарбар, Р. К. Романюк, І. Б. Доценко** 43  
Інвазійний потенціал *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909) в Україні: оцінка на основі ПС-моделювання екологічної ніші
- І. В. Хом'як, І. Ю. Коцюба** 60  
Видова різноманітність флори Західно-Глинянської ділянки Дубрівського родовища первинних каолінів

### Географія

- А. В. Гудзевич** 71  
Особливості організації адміністративно-територіального устрою Східноподільського Придністер'я
- І. В. Кравцова** 89  
Структура садово-паркових ландшафтів Центральної Європи
- В. В. Стецюк, О. А. Остапенко** 109  
Освоєння території Північного Причорномор'я як чинник в еколого-геоморфологічній оцінці деградації ґрунтового покриву регіону
- А. В. Орещенко** 123  
Аналіз геоморфологічних характеристик гірськолижних трас для оцінки туристичного потенціалу Українських Карпат

### Хімія

- Н. В. Козак, В. А. Третініченко, В. І. Бортницький, О. М. Комлякова, В. О. Корягін, З. А. Гаголкіна** 143  
Синтез та термічні характеристики водорозчинного блокованого ортолізоціанату
- О. Ю. Кичкирук, Н. В. Кусяк, Е. С. Яновська** 155  
Сорбційно-рентгенофлуоресцентне визначення мікрокількостей деяких токсичних металів у природних об'єктах після їх передконцентрування на модифікованому силікагелі

### Агрономія

- А. В. Бакалова** 167  
Довгостроковий прогноз біологічного розвитку фітофагів на смородині чорній
- О. А. Тимощук, О. Б. Тимощук, Б. В. Матвійчук** 174  
Викиди парникових газів від сільськогосподарської діяльності та їх динаміка протягом 1990-2020 років