

Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Український журнал природничих наук

№3

Науковий журнал,
заснований у 2022 році

Вид-во ЖДУ ім. І. Франка
Житомир
2023

*Видається за рішенням вченої ради Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 10 від 26.05.2023 року).*

Головний редактор

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

Заступник головного редактора

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

Відповідальний секретар

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

Члени редакційної колегії

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Островський Ілля – доктор філософії (Біологія/лімнологія), професор, старший науковий співробітник Інституту океанографії і лімнології, Кінеретська лімнологічна лабораторія (Хайфа, Ізраїль)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Наукове періодичне видання

Український журнал природничих наук: науковий журнал / [гол. ред. Овчаренко Микола, відп. ред. Шелюк Юлія]. Житомир: Вид-во Житомирського держ. ун-ту імені І. Франка, 2023. №3. 213 с.

Сайт видання: <http://naturaljournal.zu.edu.ua/>
Макетування: Кривонос О.М.

В усіх статтях збережено орфографію та пунктуацію авторів.

Підписано до друку 26.05.2023 р. Формат 60х90/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 13.4 Обл.-вид. арк 21.3. Тираж 300. Замовлення 35.

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка

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

електронна пошта (E-mail): 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, 2023

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

Ukrainian Journal of Natural Sciences

№3

Scientific journal,
founded in 2022

Zhytomyr Ivan Franko State University Press
Zhytomyr
2023

Editor-in-chief

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

Co-editor-in-chief

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

Executive Secretary

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

Members of the Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scientific Periodical

Ukrainian Journal of Natural Sciences/ [editor Ovcharenko Mykola, co-editor-in-chief Sheliuk Yuliia]. Zhytomyr: Zhytomyr Ivan Franko State University Press, 2023. №3. 213 p.

Website: <http://naturaljournal.zu.edu.ua/>
Modelling: Kryvonos O. M.

Authors' spelling and punctuation are preserved in the articles.

Signed for printing 26.05.2023 p. Size 60x90/8. Offset Paper. Font Times New Roman.
Risograph printing. Conventional printed sheets 13.4. Printed sheets 21.3. 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
Ukraine, 10008, Zhytomyr, Velyka Berdychivska Str., 40. tel. (0412)431195, 431417

ISSN: 2786-6335 print

ISSN: 2786-6343 online © Zhytomyr Ivan Franko State University, 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

БІОЛОГІЯ

УДК 630*17:581.1: 712.41(477.82-21)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.7-23

ФЛУОРЕСЦЕНТНЕ ТЕСТУВАННЯ БУКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО У БОТАНІЧНИХ ПАМ'ЯТКАХ ПРИРОДИ ЛЬВОВА

**В. І. Мокрий¹, О. В. Мудрак², І. М. Петрушка³, Р. М. Гречаник⁴,
Е. М. Арустамян⁵, Г. В. Мудрак⁶**

Досліджено ботанічні пам'ятки природи за участю декоративних форм бука європейського (Fagus sylvatica), які використано в озелененні Львова. Актуальність моніторингових досліджень стану міської дендрофлори ботанічних пам'яток природи обумовлена необхідністю формуванню базового рівня екологічних даних для оцінки характеру і динаміки урбоєкосистем. Показано наукову та історичну цінність природоохоронних територій

¹ доктор технічних наук, професор,
професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності
(Національний університет "Львівська політехніка")
e-mail: mokriy@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5814-5160

² доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри екології, природничих та математичних наук
(Комуніальний заклад вищої освіти "Вінницька академія безперервної освіти")
e-mail: ov_mudrak@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1776-6120

³ доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності
(Національний університет "Львівська політехніка")
e-mail: petim@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3344-4196

⁴ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
Перший заступник Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України
(Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, м. Київ)
e-mail: info@mepr.gov.ua
ORCID: 0000-0001-8830-361X

⁵ Директор Департаменту природно-заповідного фонду та біорізноманіття
(Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, м. Київ)
e-mail: info@mepr.gov.ua
ORCID: [0000-0002-4845-2909](https://orcid.org/0000-0002-4845-2909)

⁶ кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища
(Вінницький національний аграрний університет)
e-mail: galina170971@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1319-9189

ботанічної категорії. Фотобіологічними методами виконано порівняльний аналіз вмісту пігментів та флуоресцентних параметрів деревних порід в еколого-фітоценотичних поясах комплексної зеленої зони міста.

Встановлено високу пластичність структурної організації хлоропластів листків бука європейського, що характеризується вмістом хлорофілу і каротиноїдів. На посилення урбогенного навантаження досліджувані рослини реагують збільшенням вмісту хлорофілу та каротиноїдів у насадженнях скверу та вулиці.

Встановлено, що застосування флуоресцентного методу є перспективним у науковому дослідженні, при контролі санітарного стану деревних насаджень, оскільки забезпечує визначення інтегрального науково ємнісного параметра – індексу життєвості дерев. На основі вимірюваних флуоресцентних параметрів визначено індекс життєвості дерев. У вуличних насадженнях індекс життєвості зменшується в 2 рази, що вказує на зниження активності донорної частини фотосинтезуючого апарату.

Обґрунтовано практичне використання сучасних методів флуоресцентного експрес-тестування рослинності, які забезпечують кореляційний синтез морфофізіологічних і біофізичних механізмів фотосинтезу та графоаналітичної інформації, що є необхідним при створенні інформаційно-діагностичних систем для комплексного моніторингу міських екосистем, збереження біорізноманіття та охорони флористичного генофонду урбанізованих територій.

Ключові слова: ботанічна пам'ятка природи, бук європейський, флуоресценція, фотосинтез, моніторинг міських екосистем.

FLUORESCENCE TESTING OF THE EUROPEAN BEECH IN THE BOTANICAL SITE OF NATURE OF LVIV

Mokryy V. I., Petrushka I. M., Mudrak O. V., Grechanyk R. M., Arustamyan E. M.

Annotation. The botanical sights of nature were studied, including the decorative forms of the European beech (*Fagus sylvatica*), which were used in the landscaping of Lviv. The relevance of monitoring studies of the state of the urban dendroflora of botanical natural monuments is due to the need to form a basic level of ecological data to assess the nature and dynamics of ecosystems.

The scientific and historical value of nature conservation territories of the botanical category is shown. Photobiological methods were used to perform a comparative analysis of the pigment content and fluorescent parameters of tree species in the ecological and phytocenotic zones of the complex green zone of the city.

The high plasticity of the structural organization of the chloroplasts of European beech leaves, characterized by the content of chlorophyll and carotenoids, was established. The studied plants respond to increased urbogenic load by increasing the content of chlorophyll and carotenoids in the park and street plantings.

It has been established that the use of the fluorescent method is promising in scientific research, when controlling the sanitary condition of tree plantations, as it provides the determination of an integral scientifically capable parameter - the vitality index of trees. Based on the measured fluorescent parameters, the vitality index of the trees was determined. In street plantings, the vitality index decreases by 2 times, which indicates a decrease in the activity of the donor part of the photosynthetic apparatus.

The practical use of modern methods of fluorescence express vegetation testing, which provide a correlational synthesis of morphophysiological and biophysical mechanisms of photosynthesis and graphoanalytical information, is substantiated, which is necessary for the creation of information and diagnostic systems for comprehensive monitoring of urban ecosystems, preservation of biodiversity and protection of the floristic gene pool of urban areas.

Key words: botanical monument of nature, beech european, fluorescence, photosynthesis, monitoring of urban ecosystems.

Вступ	ботанічних пам'яток природи,
Актуальність досліджень	обумовлена необхідністю формування базового рівня екологічних даних для
моніторингових стану дендрофлори	

оцінки стану і динаміки екосистем. Зелені насадження відіграють значну роль у боротьбі з забрудненнями атмосферного повітря, регулюванні теплового режиму, шумозахисті, інженерному захисті, впливають на мікроклімат, а також естетичний і санітарний стан міста. Міські зелені насадження найефективніше підтримують природний стан біосфери, нормалізують газовий режим та поліпшують хімічний стан атмосфери, зменшують запиленість повітря, сприяють біологічному очищенню повітря й води. Саме тому захист наявних і примноження міських зелених насаджень є нагальним для створення комфортних умов життя мешканців.

У загальній структурно-функціональній організації міських територій важливе місце займає комплексна зелена зона, у межах якої знаходяться унікальні природні й антропогенно змінені об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ) України. Важливим напрямком збалансованого розвитку сучасного суспільства є збереження біологічного й ландшафтного різноманіття. Основним завданням щодо його відтворення є оптимізація структури природно-заповідних територій та об'єктів у відповідності до структури просторових елементів екологічної мережі. Особливого значення й актуальності набувають дослідження об'єктів і територій ПЗФ як основних структурних елементів екомереж та комплексної зеленої зони міст.

У межах м. Львова виділяють дев'ять категорій об'єктів природно-заповідного фонду: регіональний ландшафтний парк, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, ботанічні сади, лісові заказники, заповідні урочища, геологічні і ботанічні пам'ятки природи. За площею переважають лісові заказники, за відвідуваністю – парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва і регіональний ландшафтний парк “Знесіння”. Найбільша кількість

ботанічних пам'яток природи, це окремі ендемічні чи екзотичні дерева та групи дерев, які зростають у різних частинах міста. Значення ботанічних пам'яток природи важливе з багатьох аспектів (Назарук, 2008). Їх природничо-наукова цінність полягає у збереженні і відновленні біорізноманіття й моніторингу стану навколишнього природного середовища, вивченні екосистем та їх компонентів (Мудрак, 2020).

Сучасні концепції управління екосистемами ґрунтуються на використанні даних комплексних моніторингових досліджень рослинного покриву, які реалізується на основі кореляційного синтезу біометричних та морфофізіологічних даних. Біопродуктивність дендрофлори міських насаджень, характеризують лісотаксаційні параметри й також морфофізіологічні показники: активність фотосинтетичного апарату, вміст пігментів, швидкість газообміну CO_2 або O_2 , тощо. На основі фенологічних, анатомо-морфологічних і біофізичних досліджень розробляються показники стійкості рослин до різноманітних стрес-факторів.

Діагностика впливу урбанізації на функціональний стан рослин потребує застосування експресних та інформативних методів. При дослідженні дії на рослину стрес-факторів особливе місце займає метод фотоіндукції флуоресценції, що широко використовують у сучасних дослідженнях фотосинтетичних процесів (Lazár, 1999; Murchie & Lawson, 2013). Відомо, що зміни функціональної активності фотосинтетичного апарату позначаються безпосередньо на ефективності фотосинтетичних процесів і відповідно продуктивності рослин (Шадчина та ін., 2006). Також відомо, що флуоресценція хлорофілу має тісний зворотний зв'язок із процесом фотосинтезу, що дає змогу за змінами відповідних параметрів флуоресценції хлорофілу швидко і

неінвазивно оцінити стан і активність фотосинтетичного апарату (Misra et al., 2012). Реєстрація флуоресценції й аналіз її параметрів забезпечує ефективне тестування стійкості рослин до умов середовища, а також автоматизацію вимірювань електронно-конформаційних станів фотосинтетичного апарату. Науковою основою застосування флуоресцентних методів діагностики стану рослин є біохімічні та біофізичні конверсійні механізми фотосинтезу. Флуоресцентні методи ідентифікують зміни в фотосинтетичному апараті, на основі взаємозв'язків між фотосинтетичним перетворенням енергії, регуляцією роботи фотосистем та флуоресценцією хлорофілу.

Мета дослідження – здійснити флуоресцентне тестування функціонального стану пігментного комплексу листового апарату дуба звичайного і бука європейського у ботанічних пам'ятках природи міста Львова.

Завдання: виміряти флуоресцентні параметри та визначити індекс життєвості дерев, який використовується в якості інтегрального біоіндикаційного показника забруднення середовища.

Об'єкт дослідження – видове різноманіття декоративних форм бука європейського у ботанічних пам'ятках природи м. Львова.

Предмет дослідження – біохімічні та біофізичні механізми змін асиміляційного апарату дерев у різних екологічних умовах, визначених за флуоресцентними параметрами.

Матеріал та методи.

Дослідження передбачають рекогносцирувальні обстеження насаджень, лабораторні вимірювання флуоресцентних параметрів рослин та формування бази даних.

Відбір зразків листя виконано з середньої частини крони дерев віку 15-20 років, у чотирьох еколого-фітоценотичних поясах м. Львова (вуличні насадження, сквери, парки і

приміський ліс), відмінних за ступенем впливу антропогенних факторів на рослинність. Контролем слугувало листя дерев приміського лісу.

Активність фотосинтетичного апарату рослин досліджено методом фотоіндукованої флуоресценції хлорофілу (Капустяник і Мокрий, 2009). Перед вимірюванням листки адаптувалися до умов, за яких проводилися вимірювання флуоресценції. Листок перед встановленням у відсік для зразків адаптували до темноти протягом 3 хв. Індукційні криві ФХ вимірювали динамічним флуориметром. Спектральну селекцію збуджуючого ($\lambda=450-550$ нм) і реєстрованого випромінювання ($\lambda=680-760$ нм) здійснювали за допомогою скляних світлофільтрів. Тривалість реєстрації – 3 хв. Часова залежність, відношення максимальної і стаціонарної амплітуди індукційних переходів ФХ реєструвалася самописцем або осцилографом, з подальшою комп'ютерною обробкою. Оцінювання функціонального стану листків проводили за основними параметрами індукційної кривої: I_{max} – максимальне значення флуоресценції; I_{const} – стаціонарний рівень її через 3 хв після початку освітлення. Достовірність зафіксованих відмінностей визначали за t -критерієм Стьюдента. Після визначення основних параметрів здійснено розрахунки індексу життєвості (Rfd) для характеристики фотосинтетичної активності та загального стану рослини: $Rfd = (I_{max} - I_{const}) / I_{const}$ – величина гасіння флуоресценції, на яку впливають як фотохімічні (фіксація CO_2), так і нефотохімічні процеси (теплова дисипація енергії збудженого стану молекул хлорофілу), – характеризує стресову адаптованість рослин до умов середовища.

Вміст хлорофілів «а», «b» та каротиноїдів визначали спектрофотометричним методом після екстракції 96%-ним спиртом. Обрахунки здійснювали за формулами

Вернона-Веттштейна (Капустяник і Мокрий, 2004).

Результати.

Бук лісовий належить до родини букових (*Fagaceae*), роду бук (*Fagus* L.). Рід налічує до десяти видів, які розповсюджені в північній півкулі. В Україні природно ростуть два види бука – бук лісовий, європейський, або звичайний (*Fagus sylvatica* L.) і бук кримський (*Fagus taurica* Popl.), який деякі дослідники вважають підвидом бука східного (Мельник та Гречаник, 2003; Мельник, 1976). Природний ареал першого із них приурочений до Карпатських гір, де він має надзвичайно велике екологічне та промислове значення. Букові праліси Карпат у 2017 р. отримали статус об'єкта Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи». У Західній Європі бук лісовий поширений досить широко в багатьох країнах від Скандинавії до Середземного моря і від Португалії до України.

Бук має надзвичайно велике екологічне значення – особливо у продукуванні кисню, очистці повітря, збереженні вологи у ґрунті. Крона дерева добре піддається формуванню, тому його широко застосовують у парковому будівництві, системі озеленення міста. Бук лісовий є досить декоративним видом та характеризується наявністю великої кількості морфологічних (декоративних) форм, які відрізняються за зовнішньою будовою, величиною чи забарвленням окремих органів дерева (листової пластинки, крони, кори, плодів тощо). Зустрічається бук у двох фенологічних формах: ранньо- та пізньоквітучі з різницею розвитку у два тижні.

У таблиці 1 систематизовані місцезростання видового різноманіття бука і його декоративних форм у пам'ятках природи м. Львова – окремі дерева чи рослинні асоціації, котрі мають вагоме наукове, культурне, історичне або естетичне значення та повний заповідний режим.

Згідно аналізу даних таблиці 1 отримано результати, в яких показано, що бук зростає в різних умовах, відмінних за ступенем впливу антропогенних факторів на рослинність. Закономірності просторового розміщення рослинних угруповань покладені в основу екокліної диференціації фітоценотичного покриву великих міст і їх приміських зон (Кучерявий, 2001).

До першого еколого-фітоценотичного поясу (І ЕФП) відноситься рослинність приміських лісів із характерним панівним лісовим кліматом. Перший ЕФП характеризуються малим або відсутнім прямим антропогенним навантаженням. Другий ЕФП – це рослинність крупних лісопарків і парків, приміських садів, яка відрізняється від лісової більшою зрідженістю насаджень, а отже, й сухішим кліматом, який називають "лісостеповим". Для другого ЕФП характерний помірний урбогенний вплив. До третього ЕФП належать міські сади і сквери, які внаслідок великої зрідженості насаджень та теплоенергетичного впливу міста характеризуються "степовим" кліматом. Для цього ЕФП характерне сильне антропогенне навантаження. Четвертий ЕФП – це вуличні насадження на території із значним заміщенням і забудовою. Вони повністю залежать від "пустельного" клімату цих територій, на що вказує різке скорочення вегетаційного періоду вуличних насаджень і передчасне опадання листя. Цей кліматичний градієнт названо "пустельним". У четвертому ЕФП найсуттєвішим середовищеутворюючим елементом зелених насаджень є вуличні насадження, поодинокі дерева, а також «контейнерна зелень». Систематизація міських насаджень за ЕФП забезпечує ідентифікацію впливу комплексного урбогенного навантаження на функціональний стан міської дендрофлори.

Бук східний – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення в Україні. Зростає у межах міста Львів на площі Св. Юра у північно-східній частині скверу (III ЕФП). Статус надано в 2018 р., з метою збереження вікового бука (бук східний, *Fagus orientalis*). Описаний цей вид українським ботаніком Володимиром Липським і відрізняється від бука лісового тим, що

верхні листочки, які оточують мисочку, шилоподібні, нижні – вузьколінійні, довші від верхніх, від чого всі листочки розміщені майже на одному рівні. В Україні зростає переважно на північних схилах Кримських гір, де утворює чисті лісостани на висоті 450 – 1400 м над рівнем моря. Вимогливий до родючості ґрунту і вологи, тіньовитривалий.

Таблиця 1

Характеристика видового різноманіття декоративних форм бука
у пам'ятках природи м. Львова

№ п/п	Декоративна форма бука лісового	Адміністративне розташування та місцезнаходження об'єкту ПЗФ	Кількість штук
1	Бук східний (<i>Fagus orientalis</i>)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення в Україні, м. Львів, площа Св. Юра, північно-східна частина скверу	1
2	Бук лісовий форма дуболиста (<i>Fagus sylvatica Quercifolia</i> Schneid)	Стрийський парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва національного значення, м. Львів	1
3	Бук лісовий форма пірамідальна (<i>Fagus sylvatica Fastigiata</i> Koch)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка – об'єкт ПЗФ загальнодержавного значення, м. Львів	1
4	Бук лісовий форма плакуча, повисла, звисаюча (<i>Fagus sylvatica Pendula</i> Loud., <i>F. s. Bonnyensis</i> Simon-Louis)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка; Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України – об'єкт ПЗФ загальнодержавного значення; Стрийський парк, м. Львів	1 1 2
5	Бук лісовий форма рожево-облямowana (<i>Fagus sylvatica Roseomarginata</i> Henry)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка; вул. І. Франка, м. Львів,	1 1
6	Бук лісовий форма розсіченолиста (<i>Fagus sylvatica Laciniata</i> Vignet)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка, Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету м. Львів	1 1
7	Бук лісовий форма темно-пурпурова (<i>Fagus sylvatica Purpurea</i> Ait., <i>F. s. Atropurpurea</i> Reg)	Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету Стрийський парк; вул. І. Франка; Снопківський парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва, об'єкт ПЗФ місцевого значення, м. Львів	1 10 1 5

Бук лісовий ф. дуболиста – дуже гарне декоративне дерево із глибоко вирізаними, вузькими листками, подібними до листків дуба. Лопаті листків часто хвилясті, інколи слабозубчасті. Облікований екземпляр росте у Стрийському парку м. Львова (І ЕФП). Зустрічається у парку «Софіївка», м. Умань (Мельник і Гречаник, 2003).

Бук лісовий ф. пірамідальна – високе дерево з пірамідальною формою крони, гілки спрямовані вгору. У Ботанічному саду Львівського НУ ім. Івана Франка росте завезений у 2002 році із «Софіївки» один із екземплярів цієї форми (ІІ ЕФП). Деревце невеличке за розмірами – висотою 1,2 м.

Бук лісовий ф. плакуча – високе дерево з дуже довгими (до 7 м) гілками першого порядку, звисаючими вертикально вниз (Мельник і Гречаник, 2003). Один із найбільш декоративних екземплярів даної форми росте у Стрийському парку (І ЕФП). На території Ботанічного саду Національного лісотехнічного університету (НЛТУ) України, по вул. О. Кобилянської, росте 1 дерево даної форми, крона якого вся зміщена на один бік (ІІ ЕФП). Така форма була інтродукована у Ботанічний сад Львівського НУ ім. І. Франка (деревце висотою 1,03 м) у 2002 році (ІІ ЕФП).

Бук лісовий ф. рожево-облямована – дерево з широкими темно-пурпуровими чи зеленими листками, які мають неправильні світло-рожеві краї (Мельник і Гречаник, 2003).

Рослина цієї форми представлена в Ботанічному саду Львівського НУ ім. І. Франка (ІІ ЕФП). по вул. М. Черемшини, 44, де була розмножена щепленням у 1971 р. із дерева, що росло у Стрийському парку.

Бук лісовий ф. розсіченолиста – рослини з листочками від вузько еліптичних (ланцетних), зубчастих до глибоко лопатевих, інколи лінійних, цілокраїх. Деревце, що росте у Ботанічному саду Львівського НУ ім. І. Франка (ІІ ЕФП), завезене у 2002 р. із парку "Софіївка". Екземпляр, що росте у дендропарку НЛТУ України (ІІ ЕФП) ефективно контрастує завдяки досить високо піднятій кроні та глибоко розсіченим вузько еліптичним листовим пластинкам, які восени набувають темно-бурого забарвлення.

Бук лісовий ф. темно-пурпурова – дерево з пурпуровими листками, які не змінюють свій колір протягом літа. Зустрічається у парках України досить часто, особливо у Львові, Тернополі, Ужгороді, Мукачеві. Кілька екземплярів великих розмірів росте у Стрийському парку м. Львова. Облікований екземпляр росте на вулиці Івана Франка м. Львова (ІV ЕФП).

Результати визначення кількісного вмісту пігментів у листках різних декоративних форм бука в пам'ятках природи м. Львова та їх порівняльна характеристика в ЕФП м. Львова представлені на рисунку 1. Зміни фізіологічних функцій рослин в умовах впливу міського середовища є першою реакцією-відповіддю організму на умови зростання.

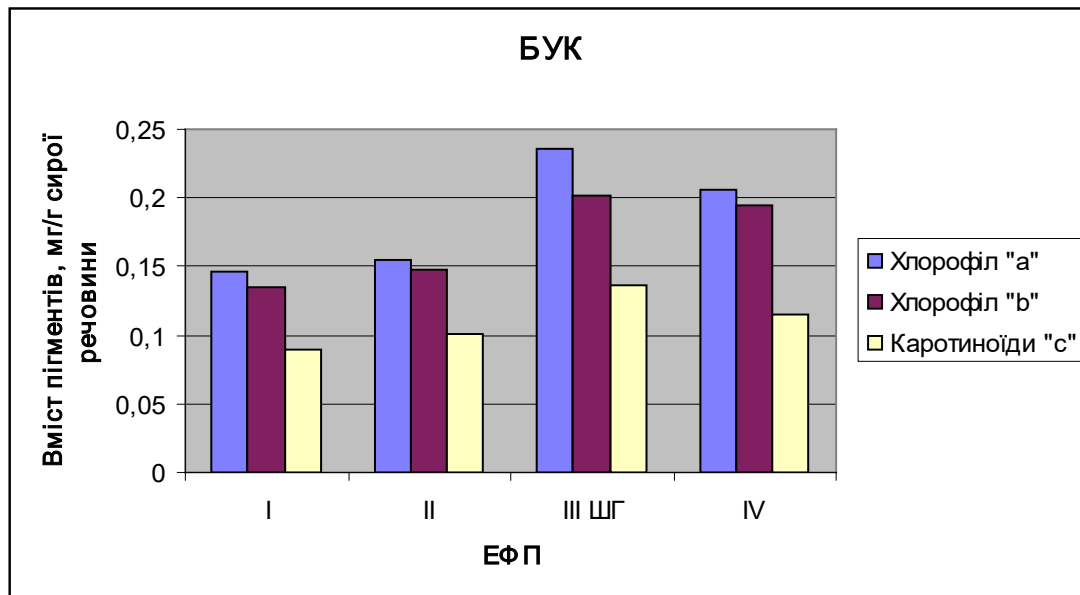


Рис. 1. Порівняльний аналіз вмісту пігментів в листках різних декоративних форм бука в пам'ятках природи м. Львова. ЕФП – еколого-фітоцентотичний пояс.

Завдання біофізичного моніторингу ускладнюється великою різноманітністю атмосферних забруднювачів і різною реакцію-відповіддю на них окремих видів рослин. Деякі речовини, які забруднюють повітря можуть бути для рослин джерелом додаткового живлення і включатися в метаболізм (наприклад, сполуки карбону, нітрогену, сульфуру), інші навіть у мінімальних концентраціях є отруйними (озон, ртуть, фтор). Тому шкідливість речовини для організму відзначається швидкістю її метаболізації та нейтралізації, а також дозволяють швидше характеризувати тенденцію зміни досліджуваного процесу або реакції, а не їх абсолютних показників, отриманих у конкретних умовах експерименту. Ці результати часто не відтворювані при зміні умов, виду і віку досліджуваних рослин.

Основною причиною інактивації фотосинтезу є порушення в пігментному комплексі. Зміна вмісту пігментів впливає не лише на інтенсивність фотосинтезу, але й на загальний рівень метаболізму, рух асимілянтів, синтез ростових речовин. У зв'язку з цим, кількісний і якісний склад хлорофілу «а», хлорофілу «b» та

каротиноїдів «с» можна використовувати в якості показника стану дендрофлори комплексної зеленої зони міста.

На посилення урбогенного навантаження досліджувані рослини реагують збільшенням вмісту хлорофілу в насадженнях парку та вулиці. Згідно (Ількун та ін., 1969) непошкоджуюча дія несприятливого фактора призводить до новоутворень хлорофілу і свідчить про газостійкість породи, а пошкоджуюча – гальмує синтез хлорофілу і руйнує ферменти. Спостережуване збільшення кількості хлорофілу може бути пов'язане з нагромадженням в листках, при незначному забрудненні середовища автотранспортними і промисловими викидами, необхідних для синтезу пігментів продуктів окислення вуглеводнів. Крім цього, можна припустити, що збільшення вмісту пігментів у листках, зокрема хлорофілу, який відіграє водоутримуючу роль, спостерігається при адаптації організмів до ґрунтової засухи, особливо в умовах «кадочної культури» вуличних насаджень і розглядається як адаптаційна функція.

Із погіршенням умов місцезростання, відбувається

збільшення кількості каротиноїдів. Відомо, що каротиноїди відіграють захисну роль по відношенню до хлорофілу – оберігають його від фотоокислення. Тому підвищена їх кількість в листках зумовлює їх меншу пошкоджуваність фітотоксикантами. Динаміка зміни вмісту каротиноїдів, викликаних забрудненням середовища, подібна до динаміки зміни хлорофілу, що свідчить про відносно слабшу адаптованість цих видів.

Аналіз вмісту хлорофілу в листках показує не лише його кількісні зміни під впливом несприятливих факторів, але й зміну відношення хлорофіл «а» до хлорофіл «b». У досліджуваних видах воно мало змінюється, але спостерігається тенденція до збільшення частки хлорофілу «а». Це свідчить про стійкість порід до комплексного впливу урбогенних факторів. Зміни кількості і співвідношення суми хлорофілів та каротиноїдів можуть характеризувати ступінь толерантності до дії певного фактора. Загалом спостережувані тенденційні зміни цього показника вказують на зменшення частки хлорофілу.

Отримані дані вивчення пігментного комплексу деревних порід підтверджують чутливість цієї системи до впливу стрес-факторів. Основною причиною інактивації фотосинтезу є порушення в пігментному комплексі. Зміна вмісту пігментів впливає не лише на інтенсивність фотосинтезу, але і на загальний рівень метаболізму, рух асимілянтів, синтез ростових речовин. В умовах незначного забруднення та ксерофілізації середовища стимулюється фотосинтез, збільшується кількість пігментів. Характерним для них є посилення синтезу каротиноїдів, як

приспосувальної реакції, направленої на захист від фотодинамічного ефекту руйнування хлоропластів, що свідчить про відносну фізіологічну стійкість бука європейського до урбогенного впливу.

Описаний характер змін функціонування фотосинтезу та пігментних комплексів, викликаний антропогенними факторами, є специфічною реакцією рослин, схожою зі змінами фотосинтетичної системи, обумовленими різними стресовими впливами: сильним, або недостатнім освітленням, добовими коливаннями температур, водним режимом, засоленістю ґрунтів (Ількун та ін., 1969).

Зміни структурно-функціонального стану хлоропластів при адаптації до стресових умов середовища впливають на кінетику фотоіндукованої флуоресценції хлорофілу. У численних публікаціях показано, що для характеристики функціональної активності фотосинтетичного апарату використовують велику кількість флуоресцентних показників. Це пов'язано з тим, що її зміни корелюють зі зміною інтенсивності фотосинтезу. Результати таких досліджень сприяють глибшому розумінню регуляторних механізмів, що забезпечують ефективне перетворення енергії в первинних та наступних стадіях фотосинтезу. Крім того, вони можуть бути використані для проведення екологічного моніторингу рослинних об'єктів.

Згідно результатів досліджень кінетики фотоіндукованих переходів флуоресценції хлорофілу (рис. 2), початковий максимум свічення відмінний для дерев у різних урбогенних умовах.

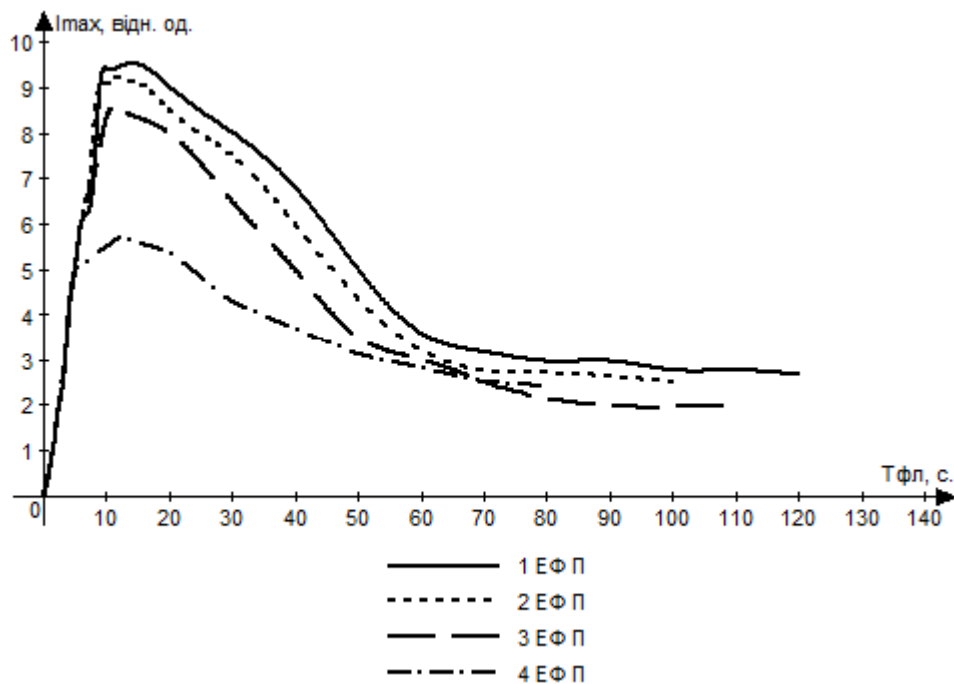


Рис. 2. Кінетика фотоіндукованої флуоресценції листків бука лісового в еколого-фітоценотичних поясах м. Львова. Осі координат: $I_{\max}$ – інтенсивність флуоресценції. $T_{\text{фл}}$ – час вимірювання свічення флуоресценції.

Найбільший індукційний максимум спостерігається у зразках, взятих за візуальними ознаками, із фізіологічно здорових рослин Стрийського парку (І ЕФП), які зазнають мінімального антропогенного навантаження (контрольні зразки). Найменший – з вуличної посадки (вул. І. Франка), де урбогенний вплив максимальний. Зниження параметру $I_{\max}$ листків дерев, що знаходяться у екстремальних умовах міського середовища, в порівнянні з контрольними, вказує на пригнічення активності донорної частини фотосистеми II. Разом із тим значення параметру I_{const} – фонові флуоресценції (горизонтальне плато на графіках), який не зв'язаний з функціонуванням електрон-транспортного ланцюга, відносно стабільне для всіх дерев, що свідчить про ефективне функціонування антенного комплексу фотосинтезуючої системи.

В індукції флуоресценції фотосинтезуючих об'єктів функціонально розрізняють дві

компоненти: змінну флуоресценцію, яка несе інформацію про функціонування фотосинтетичного апарату (параметр $I_{\max}$) та фонову флуоресценцію, яка відображає стан «антенного» хлорофілу (параметр I_{const}). Згідно (Капустяник і Мокрий, 2009), за характером спаду квантового виходу флуоресценції можна оцінити функціонування фотосинтетичного апарату шляхом визначення індексу життєвості (R_{fd}). Цей параметр фотосинтетичної активності визначається співвідношенням: $R_{\text{fd}} = F_d / I_{\text{const}}$, де $F_d = I_{\max} - I_{\text{const}}$ – зниження флуоресценції хлорофілу від максимального значення до стаціонарного рівня, внаслідок активації ферментів вуглецевого циклу фотосинтезу.

На підставі порівняльних вимірювань кінетики ФХ *in vivo* визначено індекс життєвості рослин (R_{fd}). Максимальне значення R_{fd} свідчить про оптимальні умови місцезростання. Із збільшенням напруженості урбогенного фактору середовища фіксується зменшення

значень Rfd, що відображає зниження потенціальної активності фотосинтетичного апарату рослин і узгоджується з даними. У вуличних насадженнях індекс життєвості зменшується у два рази в порівнянні з контрольними, що вказує на зниження активності донорної частини фотосинтезуючого апарату.

Обговорення

Методи і технології проведення моніторингу та оцінки фітосанітарного стану рослин міського середовища висвітлено в працях В. Володимирова, М. Мольчака, О. Федорова та ін. Екологічні аспекти зростання деревних рослин в урбанізованому середовищі висвітлені у роботах М. Борщевського, О. Зібцевої, Н. Ковальчук, О. Піхало та ін. Проблеми стійкості дерев до негативних факторів урбоекосистеми окреслено у наукових розвідках В. Бессонової, О. Іванченко, Ф. Левона. Окремі відомості щодо діагностики життєвого стану дерев, проблем фітотоксичності органічних та неорганічних забруднень представлено у дослідженнях В. Алексеєва, Є. Карімова, В. Тарабріна.

Дослідження видового складу дендрофлори міста Львова висвітлюється у низці робіт авторів (Каспрук, 2010; Заїка і Карпин, 2014). Дослідженню морфо-фізіологічних параметрів екологічного стану зелених насаджень еколого-фітоценотичних поясів міста Львова присвячено роботи В. Кучерявого, М. Курницької, П. Гнатіва, В. Геніка та ін. У роботі (Собечко, 2009) методом візуалізації хлорозного і некрозного пошкодження листя та хвої дерев вивчено пошкодження деревних порід кислотними дощами, шкідниками, зокрема каштанів мінуючою міллю. Результати впливу туристично-рекреаційної діяльності на стан зелених зон Львівської урбоекосистеми висвітлено в роботі (Гілета, 2019).

Природно-заповідний фонд міста Львова та проблеми його збереження проаналізовані авторами (Койнова, 2010; Брусак, 2017; Назарук, 2018).

Проблемі збереження старовікових дерев як пам'яток природи та історії, шляхом реконструкції, реставрації та консервації львівських парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, що дозволить покращити загальний стан насаджень парків та збільшити їх естетичну привабливість присвячено роботи (Дудин, 2006; Dudyn, 2019).

Останнім часом спостерігається тенденція підвищення оперативності, точності та надійності визначення функціонального стану рослин шляхом упровадження методичного, математичного, метрологічно-інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що є основою інформаційно-вимірювальних систем моніторингу санітарного стану деревних насаджень. Перспективним методом, що забезпечує виявлення змін у функціонуванні фотосинтетичного апарату рослин під впливом абіотичних та біотичних факторів довкілля є метод фотоіндукції флуоресценції хлорофілу (ефект Каутського). Перевагами цього методу є висока чутливість, експресність та можливість проводити діагностику у польових умовах.

Авторами розроблено динамічний флуориметр (Кучерявий та ін., 1992), розроблено методологію флуоресцентного тестування стійкості рослин та започатковано флуоресцентну експрес-діагностику дерев комплексної зеленої зони міста Львова (Мокрий та ін., 1999). Подальший розвиток оптоелектронного приладобудування сприяв створенню портативного флуорометра «Флоратест», який розроблено державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України (Kytajev et al., 2005).

Застосування флуорометра «Флоратест» для оперативного оцінювання впливу фітопатогенних бактерій на функціональний стан рослин висвітлено у роботах (Aratemenko et al., 2010; Гуляєва та ін., 2022). Негативний вплив чинників на

зелені насадження урбанізованих територій, який ідентифіковано флуоресцентним методом, висвітлено в працях (Oleksijchenko et al., 2013; Kostenko et al., 2014; Mokryu et al., 2016; Шепелюк та ін., 2017; Мокрий та ін., 2019). Виявлено високу чутливість параметрів індукції флуоресценції хлорофілу до пошкоджень за ураження рослин хворобами, шкідниками, до впливу несприятливих чинників й умов довкілля, особливостей генотипу досліджених видів.

У широкому спектрі біологічних, дендрологічних, географічних досліджень комплексної зеленої зони міста Львова, ботанічні пам'ятки природи залишаються мало вивченими. В більшості випадків ці об'єкти ПЗФ представлені окремими деревами чи рослинними асоціаціями. Суттєвою відмінністю пам'яток природи від великих природних комплексів є те, що вони можуть бути як автохтонними, еталонними ділянками біосфери, так і штучно створеними. Їх присутність у міському середовищі стимулює формування максимального наближення до природи.

Пам'ятки природи ботанічної категорії відіграють дуже важливу роль у збереженні природної спадщини сучасних міст. Вони мають багатофункціональне значення: природоохоронне, екологічне, санітарне, рекреаційне, еколого-виховне, науково-дослідне, естетичне. Екологічні та антропогенні трансформації міських урбоecosистем потребують сучасних концепцій управління, в основу яких покладені дані комплексних моніторингових досліджень. Тому моніторинг рослинності, збереженої в пам'ятках природи, доцільно розширити шляхом кореляційного синтезу кількісних і якісних характеристик пігментного складу і флуоресцентної експрес-діагностики функціонування фотосинтетичного апарату рослин.

Проблему удосконалення системи моніторингу зелених насаджень можна вирішити шляхом вимірювання їх

флуоресцентних параметрів для покращення санітарно-гігієнічного, рекреаційного та художньо-декоративного стану ботанічних пам'яток природи у сучасних містах. З огляду на це актуальність мають відомості про стан лісотвірної дендрофлори у пам'ятках природи ботанічної категорії, для створення банку даних та оперативного моніторингу урбанізованого середовища міста.

Отже, пам'ятки природи є одним із ключових понять заповідної справи, але функції цієї категорії в системі суспільних знань і відносин – значно ширше традиційної сфери інтересів охорони природи. Як і архітектурні пам'ятки, зелені насадження міста є свідками багатьох історичних подій. Місто Львів є одним із найзеленіших міст України і відзначається наявністю ботанічних пам'яток природи місцевого значення. Саме пам'ятки природи відіграють роль сталих символів, які формують у свідомості людини цілісні образи рідної природи, рідного. Будь-яка пам'ятка природи – об'єкт, який може бути чуттєво сприйнятим кожною людиною, чітко описаним, цінності якого є набагато очевиднішими і ясно окресленими у порівнянні з цінностями великих площинних об'єктів ПЗФ – національних природних парків або заповідників.

Висновки.

Урбогенна трансформація екосистем міста стає новим фактором адаптогенезу рослин в антропогенному екологічному середовищі. Під впливом урбанізації в дендрофлорі зелених насаджень Львова відбуваються адаптивні зміни, які супроводжуються морфологічними й анатомічними перебудовами асиміляційного апарату рослин. Досліджена стійкість бука європейського, збереженого в ботанічних пам'ятках природи, до впливу чинників антропогенного характеру, дозволяє ширше використовувати його видове різноманіття декоративних форм, при

формуванні насаджень, здатних належним чином виконувати рекреаційно-оздоровчі й захисні функції. Дослідження у цьому напрямі важливі для підтримки стабільного стану існуючого видового складу дендрофлори та розробки науково обґрунтованих заходів для збагачення зеленої архітектури цінними екзотами.

Для покращення загального стану і якості зелених насаджень у містах є доцільним використання сучасних методів флуоресцентного експрес-тестування рослинності, при виконанні завдань збереження біорізноманіття й охорони флористичного генофонду урбанізованих територій.

Список використаних джерел

Аратеменко Д. М., Васюта С.О., Войнович І.Д., Китаєв О.І., Клочан П.С., Колесник Ю. С., Міщенко А. Т., Романов В.О., Скрыга В. А., Таранухо Ю.М., Федак В.С. Спосіб виявлення вірусних уражень рослин: патент 91452 Україна, МПК (2009) G 01 N 21/64, A 01 G 7/00/: заявник і патентовласник Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, опубл. 26.07.2010, Бюл. 14, 1-10, 5-6, с. 107-112.

Брусак В. Географічні дослідження природно-заповідних територій: структура, сучасний стан і перспективи реалізації. *Фізична географія і геоморфологія*. 2017. Вип.2 (86). С. 25-35.

Гілета А. А. Вплив туристично-рекреаційної діяльності на стан зелених зон Львівської урбоєкосистеми. *Географія та туризм: науковий журнал* / ред. кол.: Лісовський С. А. (гол. ред.) та ін. К.: Альфа-ПІК, 2019. Вип. 51. С. 34–44. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2019.51.37-44>

Гуляєва Г. Б., Житкевич Н. В., Гнатюк Т. Т., Патица В. П. Вплив фітопатогенних бактерій на активність фотосинтетичного апарату сої. *Вісник аграрної науки: Рослинництво, кормовиробництво*. 2022. №2 (827). С. 27-33.

Дудин Р. Б. Деревя-долгожители – величнi символи природы. *Науковий вісник НАТУ: Символ дерева у світовій культурі та художній творчості*. Львів. НАТУ. 2006. Вип. 16.4. С. 62-65.

Дудин Р. В. Староовинні парки Львівщини : монографія. Львів. «Новий світ - 2000». 2019. 186 с.

Заїка В. К., Карпин Н. І. Дендрофлористичний склад вуличних насаджень міста Львова. *Лісознавство та лісівництво*. Львів : РВВ НАТУ України. 2014. Вип. 12. С. 69–72.

Ількун Г. М., Миронова А. С., Михайленко А. А. Пошкодження тканин листків токсичними газами. *Укр. бот. журнал*. 1969. №1. С. 72-77.

Капустяник В. Б., Мокрий В. І. Прикладна спектроскопія: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка. 2009. 320 с.

Каспрук О. І. Флористична структура культурних фітоценозів Львова. *Науковий вісник НАТУ України*. 2010. Вип. 20.12. С. 65–69.

Китаєв О., Клочан П., Романов В. Портативний хронофлуорометр для експрес-діагностики фотосинтезу «Флоратест». Зб. доп. конф. – звіту з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України у галузі сенсорних систем та технологій. Київ, 2005. С. 59.

Койнова І. Б. Об'єкти природно-заповідного фонду як складова частина природної спадщини міста Львова. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія : Географія. 2010. Вип. 21. С. 132-138. – Режим доступу: https://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr_2010_21_22.

Кучерявий В. П. Екологія. Львів: Світ, 2001. 500 с.

Кучерявий В. П., Мокрий В. І., Гнатів П. С., Пахолюк М. П., Артемовська Д. В. Оптикоелектронний метод тестування фотосинтетичного апарату в урбогенних умовах. Тез. доп. 44-ої наук.-техн. конф. ЛНТІ. Львів: ЛНТІ, 1992. С. 42-43.

Мельник А. С. Садово-декоративні форми дуба і бука в озелененні західних областях України. *Досягнення ботанічної науки в Україні*. К.: Наук. думка, 1976. С. 67-68.

Мельник Ю. А., Гречаник Р. М. Формове різноманіття бука лісового на Львівщині. *Наук. вісник УкрДЛТУ*. Львів: УкрДЛТУ, 2003, Вип. 13.4. С. 83-88.

Мокрий В. І., Гридчук С. Д., Панківський Ю. І. Флуоресцентний метод тестування стійкості рослин урбанізованого середовища. *Науковий вісник : зб. наук.-техн. праць*. Львів: Вид-во УкрДЛТУ, 1999. Вип. 9.8. С. 107-109.

Мокрий В. І., Гречаник Р. М., Шемелинець І. Л., Гречух Т. З., Кравців Р. В., Хрептак Н. О., Жалівців С. І. Флуоресцентний моніторинг хвойних насаджень еколого-фітоценотичних поясів Львова. *Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоєкології та фітомеліорації*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, НЛТУ України. 2019. С. 280-281.

Мудрак О. В., Мудрак Г. В. Заповідна справа: навчальний посібник для студентів галузі знань 10 "Природничі науки". Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2020. 640 с.

Назарук М. М. Львів у XX столітті: соціально-екологічний аналіз. Львів: Українська академія друкарства, Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. 348 с.

Назарук М., Сенчина Б., Стойко С., Койнова І., Брусак В., Кричевська Д. Природно-заповідний фонд. Львівська область: природні умови та ресурси. Монографія. За заг. ред. д.г.н., проф. М. М. Назарук. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. С. 403-456.

Олексійченко Н. О., Китаєв О. І., Совакова М. А., Соваков О. В., Борщевський М. О. Особливості індукції флуоресценції хлорофілу в листках деревних рослин в умовах урбанізованого середовища. *Біоресурси і природокористування*. 2013. № 5-6. С. 107-112.

Собечко О. Зелена зона міста Львова та її екологічний стан. [Електронний ресурс]: *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2009. Вип. 37. С. 215-224. – Режим доступу: https://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_Geograf_2009_37_27.

Регуляція фотосинтезу і продуктивності рослин: фізіологічні та екологічні аспекти Шадчина Т. М. та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.

Шепелюк М. О., Ковалевський С. Б., Китаєв О. І. Флуоресценція хлорофілу та її індукційні зміни в листках деревних рослин в умовах урбанізованого середовища міста Луцька. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27 (1). С. 101-105.

Kostenko S. M., Kytajev O. I., Kovalevskyj S. B. Induction of Chlorophyll Fluorescence of the Genus *Philadelphus* L. Leaves in Kyiv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 2014. 24(4), pp. 209-213. http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2014/24_4/209_Kost.pdf

Lazár D. Chlorophyll a fluorescence induction. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics: journal*. 1999. Vol. 1412. P. 1-28. [http://doi:10.1016/s0005-2728\(99\)00047-x](http://doi:10.1016/s0005-2728(99)00047-x)

Misra A. N., Misra M., Singh R. Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. *Biophysics*. (Misra A.N. (ed.). 2012. Ch. 7. Publisher: Intech. P. 171-192. <http://doi:10.5772/35111>.

Mokryy V., Trofimchuk O., Pohrebennyk V., Politylo R., Radchuk V., Radchuk I., Zagorodnya S., Kurlyak I. Biophysical monitoring of forest ecosystems. *Journal of Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis Presoviensis, Natural sciences, Slovak Republic. Presov*. 2016. Volume XLIII. P. 166-171.

Murchie E. H., Lawson T. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany*:

journal. Oxford University Press, 2013. Vol. 64. №13. P. 3983-3998. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert208>.

References (translated & transliterated)

Aratemenko, D. M., Vasjuta, S. O., Vojnovych, I. D., Kytajev, O. I., Klochan, P. S., Kolesnyk, Yu. S., Mishhenko, L. T., Romanov, V. O., Skrjaga, V. A., Taranuho, Yu. M. & Fedak, V. S. (2010). Pat. 91452 Ukraina, MPK (2009) G 01 N 21/64, A 01 G 7/00/ Sposib vyjavlennja virusnyh urazhen roslyn [The method of detecting viral lesions of plants: patent 91452 Ukraine, IPC (2009) G 01 N 21/64, A 01 G 7/00/] zajavnyk i patentovlasnyk In-t kibernetiky im. V. M. Glushkova NAN Ukrainy. Opubl. 26.07.2010, Bjul. 14, 1–10, 5–6, 107–112 [in Ukrainian].

Brusak, V. (2017). Heohrafichni doslidzhennya pryrodno-zapovidnykh terytoriy: struktura, suchasnyy stan i perspektyvy realizatsiyi [Geographical studies of nature-reserved territories: structure, current state and prospects for implementation]. Fizychna heohrafiya i heomorfolohiya [Physical geography and geomorphology], 2 (86), 25-35 [in Ukrainian].

Gileta, L. A. (2019) .Vplyv turystychno-rekreatsiynoyi diyal'nosti na stan zelenykh zon L'vivs'koyi urboekosystemy [The influence of tourist and recreational activities on the state of green areas of the Lviv urban ecosystem]. Heohrafiya ta turyzm: naukovyy zhurnal [Geography and tourism: scientific journal]. K.: Al'fa-PIK, 51, 34–44[in Ukrainian].

Gulyaeva, G. B., Zhitkevich, N. V., Gnatyuk, T. T. & Patika, V. P. (2022). Vplyv fitopatohennykh bakteriy na aktyvnist' fotosyntetychnoho aparatu soyi. [The influence of phytopathogenic bacteria on the activity of the photosynthetic apparatus of soybean]. Visnyk ahrarnoyi nauky: Roslynnytstvo, kormovyrobnytstvo [Herald of agrarian science: Crop production, fodder production], 2 (827), 27-33. [in Ukrainian].

Dudyn, R. B. (2006). Dereva-dovhozhyteli - velychni symvoly pryrody [Long-lived trees are majestic symbols of nature]. Naukovyy visnyk NLTUU: Symvol dereva u svitoviy kul'turi ta khudozhniy tvorchosti [Scientific bulletin of NLTU: The symbol of the tree in world culture and artistic creativity], 16.4, 62-65. [in Ukrainian].

Dudyn, R. B. (2019). Starovynni parky L'vivshchyny : monohrafiya [Ancient parks of Lviv region: monograph]. L'viv: vydavnytstvo «Novyy Svit - 2000» [in Ukrainian].

Zayika, V. K. & Karpyn, N. I. (2014). Dendroflorystychnyy sklad vulychnykh nasadzen' mista L'vova [Dendrofloristic composition of street plantings of the city of Lviv]. Lisoznavstvo ta lisivnytstvo [Forestry and forestry]. L'viv : RVV NLTU Ukrayiny, 12, 69–72. [in Ukrainian].

Il'kun, H. M., Myronova, A. S. & Mykhaylenko, L. A. (1969). Poshkodzhennya tkanyn lystkiv toksychnymy hazamy [Damage to leaf tissues by toxic gases]. Ukr. bot. zhurnal [Ukraine botanical journal], 1, 72-77 [in Ukrainian].

Kapustyanyk, V. B. & Mokryy V. I. (2009). Prykladna spektroskopiya: navchal'nyy posibnyk. [Applied Spectroscopy: A Study Guide]. L'viv. – Vydavnychyy tsentr L'vivs'koho natsional'noho universytetu imeni Ivana Franka. [in Ukrainian].

Karapetyan, N. V. & Buhov, N. G. (1986), Peremennaya fluorestsentsiya hlorofilla kak pokazatel fiziologicheskogo sostoyaniya rasteniy [Variable chlorophyll fluorescence as an indicator of physiological state of plants]. Fiziologiya rasteniy [Plant Physiology], 33 (5), 1013–1026 [in Russian].

Kaspruk, O. I. (2010). Florystychna struktura kul'turnykh fitotsenoziv L'vova [Floristic structure of cultural phytocenoses of Lviv]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine], 20.12, 65–69. [in Ukrainian].

Kytajev, O., Klochan, P. & Romanov, V. (2005). Portatyvnyj hronofluorometr dlja ekspres-diaagnostyky fotosintezu "Floratest" ["Floratest" portable chronofluorometer for express diagnostics of photosynthesis]. Zb. dop. konf. Zvitu z kompleksnoi programy fundamentalnyh doslidzen NAN Ukrainy u galuzi sensoryh system ta tehnologij[Coll.

add. conf. - a report on the comprehensive program of fundamental research of the National Academy of Sciences of Ukraine in the field of sensor systems and technologies]. Kyiv. 59 [in Ukrainian].

Koynova, I. B. (2010). Ob'yekty pryrodno-zapovidnoho fondu yak skladova chastyna pryrodnoyi spadshchyny mista L'vova [Objects of the natural reserve fund as a component of the natural heritage of the city of Lviv]. Naukovi zapysky Vinnyts'koho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Mykhayla Kotsyubyns'koho. Seriya : Heohrafiya. [Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyi. Series: Geography], 21, 132-138. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr_2010_21_22. [in Ukrainian].

Kucheryavyy, V. P. 2001. Ekolohiya [Ecology]. L'viv: Svit. [in Ukrainian].

Kucheryavyy, V. P., Mokryy, V. I., Hnativ, P. S., Pakholyuk, M. P. & Artemovs'ka, D. V. (1992). Optoelektronnyy metod testuvannya fotosyntetichnoho aparatu v urbohennykh umovakh [Optoelectronic method of testing the photosynthetic apparatus under urbogenic conditions]. Tez. dop. 44-oyi nauk. -tekhn. konf. LLTI [Theses add. of the 44th Science. - technical conf. LLTI]. L'viv: LLTI, 42-43. [in Ukrainian].

Mel'nyk, A. S. (1976) . Sadovo-dekorativni formy duba i buka v ozelenenni zakhidnykh oblastyakh Ukrayiny [Garden and decorative forms of oak and beech in the landscaping of the western regions of Ukraine]. Dosyahnennya botanichnoyi nauky v Ukrayini [Achievements of botanical science in Ukraine]. K.: Nauk. Dumka, 67-68. [in Ukrainian].

Mel'nyk, Yu. A. & Hrechanyk R. M. (2003). Formove riznomanittya buka lisovoho na L'vivshchyni [Form diversity of forest beech in Lviv region]. Nauk. visnyk UkrDLTU [Science Herald of UkrDLTU]: L'viv: UkrDLTU, 13.4, 83-88. [in Ukrainian].

Mokryy, V. I., Hrydzhuk, S. D. & Pankivs'ky, Yu. I. (1999). Fluorestsentnyy metod testuvannya stiykosti roslyn urbanizovanoho seredovyscha [Fluorescent method of testing the stability of plants in an urban environment]. Naukovyy visnyk : zb. nauk-tekhn. prats' [Scientific bulletin: coll. science and technology works]. L'viv : Vyd-vo UkrDLTU, 9.8, 107-109. [in Ukrainian].

Mokryy, V. I., Hrechanyk, R. M., Shemelynets', I. L., Hrechukh, T. Z., Kravtsiv, R. V., Khreptak, N. O. & Zhalivtsiv, S. I. (2019). Fluorestsentnyy monitorynh khvoynykh nasadzen' ekoloho-fitotsenotychnykh poiyasiv L'vova. [Fluorescent monitoring of conifers in ecological and phytocenotic zones of Lviv]. Suchasnyy stan i perspektyvy rozvytku landshaftnoyi arkhitektury, sadovo-parkovoho hospodarstva, urboekolohiyi ta fitomelioratsiyi : Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. L'viv, NLTU Ukrayiny [The current state and prospects for the development of landscape architecture, horticulture, urban ecology and phytoremediation: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*], 280-281. [in Ukrainian].

Mudrak, O. V. & Mudrak, H. V. (2020). Protected area: textbook way. for students in the field of knowledge 10 "Natural Sciences" [Zapovidna sprava: navch. posib. dlya studentiv haluzi znan' 10 "Pryrodnychi nauky"]. Kherson: OLDI-PLUS. [in Ukrainian].

Nazaruk, M. M. (2008). L'viv u XX stolitti: sotsial'no-ekolohichnyy analiz. L'viv [Lviv in the 20th century: socio-ecological analysis]. Ukrayins'ka akademiya drukarstva, Vydavnychyy tsentr LNU im. Ivana Franka. [in Ukrainian].

Nazaruk, M., Senchyna, B., Stoyko, S., Koynova, I., Brusak, V. & Krychevs'ka, D. (2018). Pryrodno-zapovidnyy fond. L'vivs'ka oblast': pryrodni umovy ta resursy [Nature Reserve Fund. Lviv region: natural conditions and resources]. Monohrafiya. L'viv: Vydavnytstvo Staroho Leva, 403-456.

Oleksijchenko, N. O., Kytajev, O. I., Sovakova, M. A., Sovakov, O. V. & Borshhevskyj, M. O. (2013). Osoblyvosti induktsiyi fluorestsentsiyi khlorofilu v lystkakh derevnykh roslyn v umovakh urbanizovanoho seredovyscha [Peculiarities of the induction of chlorophyll fluorescence in the leaves of woody plants in the conditions of an urbanized

environment]. Bioresursy i pryrodokorystuvannya [Bioresources and nature management]. 5-6, 107–112 [in Ukrainian].

Sobechko, O. (2009). Zelena zona mista L'vova ta yiyi ekolohichnyy stan [The green zone of the city of Lviv and its ecological condition]. [Elektronnyy resurs]: Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya heohrafichna, 37, 215-224. [Electronic resource] URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_Geograf_2009_37_27 [in Ukrainian].

Shadchyna, T. M., Hulyayev, B. I., Kiriziy, D. A., Stasyk, O. O., Pryadkina H. O. & Storozhenko V. O. Rehulyatsiya fotosyntezy i produktyvnosti roslin: fiziologichni ta ekolohichni aspekty [Regulation of photosynthesis and plant productivity: physiological and ecological aspects]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 2006. [in Ukrainian].

Shepelyuk, M. O., Kovalevs'kyi, S. B. & Kytayev, O. I. (2017). Fluorescentsiya khlorofilu ta yiyi induktsiyni zminy v lystkakh derevnykh roslin v umovakh urbanizovanoho seredovyshcha mista Luts'ka [Fluorescence of chlorophyll and its induced changes in the leaves of woody plants in the conditions of the urbanized environment of the city of Lutsk.]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. 27 (1), 101–105 [in Ukrainian].

Kostenko, S. M., Kytajev, O. I. & Kovalevskyj, S. B. (2014). Induction of Chlorophyll Fluorescence of the Genus *Philadelphus* L. Leaves in Kyiv. Scientific Bulletin of UNFU, 24(4), 209–213. Retrived from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2014/24_4/209_Kost.pdf [in English].

Lazár, D. (1999) Chlorophyll a fluorescence induction (англ.) // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics (англ.)рус. : journal., 1412, 1-28. doi:10.1016/s0005-2728(99)00047-x [in English].

Misra, A.N., Misra, M. & Singh, R. (2012) Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. Biophysics. (Misra A.N. (ed.). 2012. Ch. 7. Pabliher: Intech. 171–192. doi:10.5772/35111 [in English].

Mokryy, V., Trofimchuk, O., Pohrebennyk, V., Politylo, R., Radchuk, V., Radchuk, I., Zagorodnya, S. & Kurlyak, I. (2016) Biophysical monitoring of forest ecosystems. Journal of Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis Presoviensis, Natural sciences, Slovak Republic. Presov. 2016, XLIII, 166-171 [in English].

Murchie, E.H. & Lawson, T. (2013) Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. Journal of Experimental Botany: journal. Oxford University Press, 2013, 64, 13, 3983-3998. — doi:10.1093/jxb/ert208 [in English].

Отримано: 28 квітня 2023
Прийнято: 17 травня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 595.782

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.24-38

ЛУСКОКРИЛІ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МИХАЙЛІВСЬКА ЦІЛИНА»

О. В. Говорун¹, О. О. Пташенчук²

У цій роботі представлено результати аналізу літературних джерел і результати власних досліджень лускокрилих Природного заповідника «Михайлівська цілина». Всього протягом 2019-2023 років на території заповідника було зібрано біля 800 екземплярів лускокрилих. У роботі представлено узагальнений список видів лускокрилих, зареєстрованих на території заповідника, який доповнено результатами досліджень за останні три роки. З моменту створення у 2009 році Природного заповідника відбулась заборона випасу худоби й обмеження площ сіножаті, що призвело натеper до значного заростання і заліснення території. Місяцями зімкнутість крон нових деревостанів досягає вже більше 70 %. Отриманні нами дані щодо групи вогнівоподібні метелики заповідника свідчать про невелику частку степового компонента в їх фауні. На жаль, ми не маємо змоги порівняти дані у тривалому проміжку часу – до 2015 року, якщо і були дослідження по цій групі, вони носили несистемний характер. На теперішній час фауна зареєстрованих нами, а також наведених у літературних джерелах лускокрилих Природного заповідника «Михайлівська цілина» становить 340 видів із 18 родин.

Заплановані у проекті організації території роботи по зменшенню порості дерев, видаленню лісосуру, вірогідно, призведе до зменшення біорізноманіття на цій території. В той же час подальше заростання степу знизить чисельність або втрату видів метеликів, розвиток яких пов'язано зі степовою рослинністю. На нашу думку, потрібно зупинити і попередити подальше заліснення заповідної території. Це можливо зробити, застосувавши один із таких методів: періодичне викошування степових ділянок, які ще збережено; помірний випас великої рогатої худоби; запуск на територію і забезпечення умов проживання дикої популяції великих копитних; періодичне контрольоване випалювання окремих ділянок восени. На жаль, на території Природних заповідників існуючим натеper природоохоронним законодавством заборонено застосування всіх вищеперерахованих методів.

Ключові слова: заповідні території, фауна, багаторічні дослідження, *Lepidoptera*.

¹ кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біології та методики навчання біології
(Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка)
e-mail: a.govorun76@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6626-1241

² кандидат педагогічних наук,
старший викладач кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії
(Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка)
e-mail: oksanaptashenchuk@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6250-5803

LEPIDOPTERA OF THE MYKHAILIVSKA TSILYNA NATURE RESERVE**O. V. Govorun, O. O. Ptashenchuk**

This work presents the results of the analysis of literature sources and the results of own research on the Lepidoptera of the Nature Reserve “Mykhailivska tsilyna”. In total, during 2019-2023, about 800 specimens of lepidopterans were collected on the reserve territory. The work presents a generalized list of lepidopteran species documented on the territory of the reserve which is supplemented by the results of research over the past three years. Since the Nature Reserve foundation in 2009, livestock grazing has been banned and haying areas have been limited, which has led to significant overgrowth and forestation of reserve’s territory. In some places the crown closure of the new stands reaches more than 70%. The data obtained by us on the group of pyralid butterflies of the reserve indicate a small proportion of the steppe component in their fauna. Unfortunately, we are not able to compare the data over a long period of time - before 2015, even if there were any studies on this group, they were of a non-systematic nature. Currently, the fauna of the lepidoptera registered by us in the Nature Reserve “Mykhailivska tsilyna”, as well as those reported in the literature, includes 340 species from 18 family groups.

The work planned in the territory organization project to reduce tree growth and remove forest strips are likely to reduce biodiversity in this area. At the same time, further overgrowth of the steppe will reduce the number or loss of butterfly species whose development is associated with steppe vegetation. In our opinion, it is necessary to stop and prevent further forestation of the reserved area. This can be done by applying one of the following methods: periodic mowing of the steppe areas that are still preserved; moderate cattle grazing; release of a wild population of large ungulates into the territory and ensuring their living conditions; periodic controlled burning of certain areas in the fall. However the current environmental legislation prohibits the use of all of the above methods on the territory of nature reserves.

Keywords: reserved areas, fauna, long-term studies, Lepidoptera.

Вступ.

Природний заповідник «Михайлівська цілина» створено відповідно до Указу Президента України у 2009 році. Заповідник розташований у межах Сумської області біля с. Великі Луки Катеринівської сільської ради, на північний захід від села Степового та частково в межах Вільшанської територіальної громади.

Збереження біорізноманіття, як національного багатства України, є одним із пріоритетів загальнодержавної екологічної політики, важливим напрямом у сфері природокористування, екологічної безпеки й охорони довкілля. Першим етапом збереження біологічної різноманітності екосистем є детальне дослідження і критична інвентаризація видового складу всіх компонентів їх біоти.

Матеріал і методи.

У цій роботі представлено результати аналізу літературних джерел, і результати власних

досліджень лускокрилих Природного заповідника «Михайлівська цілина».

Визначення фауни метеликів природного заповідника відбувалося на основі імаго комах, яких було зібрано під час польових досліджень, проведених у 2019-23 роках.

Комах зібрано за допомогою стандартних методів ентомологічних досліджень – відлов під час екскурсій і лов на світло.

Результати.

За чотири роки було зібрано біля 800 екземплярів лускокрилих. У роботі представлено узагальнений список видів, зареєстрованих на території заповідника. Для видів, зареєстрованих у 2019-23 роках, у скобках зазначено дату і кількість спійманих особин.

Родина HesperIIDae

Pyrgus malvae (Linnaeus, 1758) (Говорун, 2022);

Hesperia comma (Linnaeus, 1758) (Говорун, 2022);

Ochlodes venatus (Bremer & Grey, 1853) (Говорун, 2022);

Ochlodes sylvanus (Esper, 1778)
(Пархоменко, 2008a);
Thymelicus lineola (Ochsenheimer, 1808)
(Пархоменко, 2008a);
Muschampia tessellum (Hübner, 1803)
(Пархоменко, 2008a; Пархоменко, 2008b);
Pyrgus alveus (Hübner, 1803)
(Пархоменко, 2008a);

Родина Papilionidae

Iphiclides podalirius (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a; Говорун, 2022);
Papilio machaon (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a; Говорун, 2022);

Родина Pieridae

Pieris brassicae (Linnaeus, 1758)
(Говорун, 2022);
Pieris rapae (Linnaeus, 1758)
(Надворний, 1993; Говорун, 2022);
Pieris napi (Linnaeus, 1758) 2.V.2023(8);
(Надворний, 1993; Говорун, 2022);
Leptidea sinapis (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a);
Colas hyale (Linnaeus, 1758)
(Надворний, 1993; Говорун, 2022);
Gonepteryx rhamni (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(1) (Говорун, 22);

Родина Lycaenidae

Thecla betulae (Linnaeus, 1758)
9.VIII.21(1) (Говорун, 2022);
Everes argiades (Pallas, 1771)
21.VII.19(1) (Говорун, 2022);
Celastrina argiolus (Linnaeus, 1758) 1.
V.2023(2);
Plebeius argus (Linnaeus, 1758)
(Говорун, 22);
Polyommatus icarus (Rottemburg, 1775)
21.VII.19(1) (Пархоменко, 2008a;
Говорун, 2022);
Argynnis aglaja (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a);
Plebejus argyrognomon (Bergstrasser,
1779) (Пархоменко, 2008a);
Nordmannia spini (Denis &
Schifferrmüller, 1775) (Пархоменко,
2008a);
Everest decoloratus (Staudinger, 1886)
(Пархоменко, 2008a);
Thersamonolycaena dispar (Haworth,
1803) (Пархоменко, 2008a;
Пархоменко, 2008b);
Cupido minimus (Fuessly, 1775)
(Пархоменко, 2008a);

Polyommatus thersites (Canterer, 1834)
(Пархоменко, 2008a);
Polyommatus amandus (Schneider, 1792)
(Пархоменко, 2008a);
Aricia eumedon (Esper, 1780)
(Пархоменко, 2008a);
Aricia allous (Hübner, 1819)
(Пархоменко, 2008a);

Родина Nymphalidae

Pararge aegeria (Linnaeus, 1758)
1.V.2023(3);
Coenonympha pamphilus (Linnaeus,
1758) (Пархоменко, 2008a; Говорун,
2022);
Maniola jurtina (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2) (Говорун, 2022);
Hyponephele lycaon (Rottemburg, 1775)
(Говорун, 22);
Aphantopus hyperantus (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a; Говорун, 2022);
Melanargia galathea (Linnaeus, 1758)
(Говорун, 2022);
Minois dryas (Scopoli, 1763) (Говорун,
2022);
Apatura ilia (Denis & Schifferrmüller,
1775) (Говорун, 2022);
Neptis sappho (Pallas, 1771) (Говорун,
2022);
Vanessa atalanta (Linnaeus, 1758)
(Пархоменко, 2008a; Говорун, 2022);
Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2); 1.V.2023(6) (Говорун, 2022);
Inachis io (Linnaeus, 1758) 2.V.2023(12)
(Говорун, 2022);
Aglais urticae (Linnaeus, 1758)
(Надворний, 1993; Говорун, 2022);
Polygonia c-album (Linnaeus, 1758)
(Говорун, 2022);
Araschnia levana (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2); 2.V.2023(2) (Говорун, 2022);
Nymphalis polychloros (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2) (Пархоменко, 2008a;
Говорун, 2022);
Nymphalis xanthomelas (Esper, 1780)
(Пархоменко, 2008a);
Issoria lathonia (Linnaeus, 1758)
(Говорун, 2022);
Clossiana selene ([Denis &
Schifferrmüller], 1775) (Говорун, 2022);
Boloria dia (Linnaeus, 1767)
(Надворний, 1993);
Brenthis ino (Rottemburg, 1775)
(Надворний, 1993);

Melitaea trivia (Denis & Schiffermüller, 1775) (Пархоменко, 2008a);

Родина Pyralidae

Aphomia sociella (Linnaeus, 1758) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Aphomia zelleri (Joannis, 1932) 29.VI.20(5); 12.VII.20(3); 16.VI.21(2); 15.VII.22(5);

Lamoria anella (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.21(1); 15.VII.22(1); 31.VII.22(7);

Galleria mellonella (Linnaeus, 1758) 29.VIII.21(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Synaphe punctalis (Fabricius, 1775) 29.VI.20(3); 29.VIII.21(1) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);

Pylalis farinalis (Linnaeus, 1758) 12.VII.20(1); 31.VII.22(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Hypsopygia costalis (Fabricius, 1775) 29.VI.20(8); 12.VII.20(1); 5.X.20(1); 16.VI.21(1); 21.VII.21(1); 9.VIII.21(1); 15.VII.22(23) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Hypsopygia glaucinalis (Linnaeus, 1758) 29.VI.20(3); 12.VII.20(5); 29.VIII.21(1); 15.VII.22(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Endotricha flammealis (Denis & Schiffermüller, 1775) 29.VI.20(5); 29.VIII.21(2); 15.VII.22(3);

Trachonitis cristella (Denis & Schiffermüller, 1775) 9.VIII.21(5);

Elegia similella (Zincken, 1818) 9.VIII.21(6);

Pyla fusca (Haworth, 1811) 5.X.20(1);

Clasperopsis fumella (Eversmann, 1844) 15.VII.22(1);

Sciota rhenella (Zincken, 1818) 15.VII.22(1); 31.VII.22(7) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);

Sciota hostilis (Stephens, 1834) 12.VII.20(1); 15.VII.22(1);

Sciota adelphella (Fischer v. Roslerstamm, 1836) 29.VI.20(7); 12.VII.20(8); 16.VI.21(1); 21.VII.21(4);

9.VIII.21(2); 15.VII.22(4); 27.VIII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Selagia argyrella (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.21(1); 29.VIII.21(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Etiella zinckenella (Treitschke, 1832) 5.X.20(1); 16.VI.21(2); 9.VIII.21(2); 29.VIII.21(6); 27.VIII.22(5) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Oncocera semirubella (Scopoli, 1763) 29.VI.20(2); 12.VII.20(2); 5.X.20(3); 9.VIII.21(4); 29.VIII.21(10) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Laodamia faecella (Zeller, 1839) 29.VI.20(5); 12.VII.20(1); 16.VI.21(1); 15.VII.22(3); 31.VII.22(1);

Myrlaea marmorata (AlphBraky, 1877) 29.VI.20(2);

Rhodophaea formosa (Haworth, 1811) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Dioryctria simplicella Heinemann, 1863 29.VI.20(1);

Nephopterix angustella (Hübner, 1796) 31.VII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);

Acrobasis sodalella Zeller, 1848 31.VII.22(2);

Acrobasis obtusella (Hübner, 1796) 12.VII.20(1); 31.VII.22(7);

Glyptoteles leucacrinella Zeller, 1848 12.VII.20(2); 29.VIII.21(1); 15.VII.22(11); 31.VII.22(2) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Eurhodope rosella (Scopoli, 1763) 29.VIII.21(1) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);

Myelois circumvoluta (Fourcroy, 1785) 12.VII.20(1); 21.VII.21(1); 15.VII.22(2); 31.VII.22(6) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Isauria dilucidella (Duponchel, 1836) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);

Euzophera cinerosella (Zeller, 1839) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2009; 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Euzophera pinguis Haworth, 1811 (Говорун, 2009; 2020a; 2020b; 2021b);
Nyctegretis lineana (Scopoli, 1786) 29.VI.20(6); 16.VI.21(1); 21.VII.21(4); 9.VIII.21(5); 29.VIII.21(12); 15.VII.22(4) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Nyctegretis triangulella Ragonot, 1901 12.VII.20(5); 15.VII.22(4); 31.VII.22(3) (Говорун, 2009; 2020a; 2020b; 2021b);
Cabotia oblitella (Zeller, 1848) 29.VIII.21(2);
Homoeosoma sinuella (Fabricius, 1794) 29.V.20(1); 29.VI.20(1); 16.VI.21(4); 9.VIII.21(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Homoeosoma inustella Ragonot, 1884 31.VII.22(6);
Homoeosoma nebulella (Denis & Schiffmüller, 1775) 9.VIII.21(13); 29.VIII.21(2); 27.VIII.22(12) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Phycitodes binaevella (Hübner, 1813) 21.VII.19(1); 29.VI.20(2); 12.VII.20(4); 21.VII.21(4); 29.VIII.21(1); 31.VII.22(6) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Phycitodes lacteella (Rothschild, 1915) 21.VII.19(1); 16.VI.21(5); 9.VIII.21(7); 29.VIII.21(1); 27.VIII.22(7) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Phycitodes inquinatella (Ragonot, 1887) 9.VIII.21(12);
Phycitodes saxicola (Vaughan, 1870) 9.VIII.2019(1);
Phycitodes albatella (Ragonot, 1887) 15.VII.22(1);
Ephestia kuehniella Zeller, 1879 (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Ephestia welseriella (Zeller, 1848) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Cadra furcatella (Herrich-Schäffer, 1849) 8.IX.19(3); 29.VI.20(2); 5.X.20(2); 9.VIII.21(2); 29.VIII.21(15); 27.VIII.22(1) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Anerastia lotella (Hübner, 1813) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Родина Crambidae

Scoparia subfusca Haworth, 1811 8.IX.19(6) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Scoparia basistrigalis Knaggs, 1866 29.VI.20(1); 5.X.20(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Scoparia pyralella (Denis & Schiffmüller, 1775) 29.VI.20(30); 12.VII.20(4); 16.VI.21(13); 15.VII.22(28); 31.VII.22(2);
Scoparia ingratella (Zeller, 1846) 12.VII.20(4); 15.VII.22(24);
Eudonia murana (Curtis, 1827) 12.VII.20(1);
Eudonia lacustrata (Panzer, 1804) 15.VII.22(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Eudonia truncicolella (Stainton, 1849) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Eudonia mercurella (Linnaeus, 1758) 21.VII.21(2); 31.VII.22(22);
Euchromius ocella (Haworth, 1811) 8.IX.19(3); 5.X.20(1); 9.VIII.21(3); 29.VIII.21(30); 6.XI.21(1); 27.VIII.22(1);
Euchromius bella (Hübner, 1796) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Calamotropha paludella (Hübner, 1824) 29.V.20(1); 29.VI.20(2); 12.VII.20(3); 9.VIII.21(5); 29.VIII.21(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Chrysoteuchia culmella (Linnaeus, 1758) 29.VI.20(12); 12.VII.20(13); 16.VI.21(2); 15.VII.22(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Crambus pascuella (Linnaeus, 1758) 29.VI.20(1); 16.VI.21(3); 15.VII.22(1); 31.VII.22(4) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Crambus lathoniellus (Zincken, 1817) 16.VI.21(4); 9.VIII.21(9); 29.VIII.21(3); 15.VII.22(6) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Crambus perlella (Scopoli, 1763) 29.VI.20(5); 12.VII.20(8); 21.VII.21(5); 31.VII.22(1) (Говорун і Пархоменко,

2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Agriphila deliella (Hübner, 1813) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Agriphila tristella (Denis & Schiffermüller, 1775) 8.IX.19(10); 5.X.20(23); 9.VIII.21(7); 29.VIII.21(25); 31.VII.22(3); 27.VIII.22(4) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Agriphila inquinatella (Denis & Schiffermüller, 1775) 5.X.20(5); 9.VIII.21(3) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Agriphila straminella (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.21(6); 31.VII.22(12) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Agriphila poliellus (Treitschke, 1832) 29.V.20(1); 5.X.20(7); 29.VIII.21(1); 31.VII.22(3); 27.VIII.22(4) (Говорун, 2020а; 2020b; 2021b);
Catoptria falsella (Denis & Schiffermüller, 1775) 29.VI.20(2); 12.VII.20(1); 5.X.20(1); 21.VII.21(1); 9.VIII.21(1); 29.VIII.21(1); 15.VII.22(4); 27.VIII.22(1) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Catoptria lythargyrella (Hübner, 1796) (Говорун, 2020а; 2020b; 2021b);
Pediasia luteella (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.19(4); 29.VI.20(5); 12.VII.20(1); 21.VII.21(3); 15.VII.22(6); 31.VII.22(4) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Pediasia contaminella (Hübner, 1796) 21.VII.19(2); 12.VII.20(1); 15.VII.22(1) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Pediasia aridella (Thunberg, 1788) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Platytes cerussella (Denis & Schiffermüller, 1775) 29.VI.20(3); 16.VI.21(6); 21.VII.21(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Donacaula forcicella (Thunberg, 1794) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);

Donacaula mucronella (Denis & Schiffermüller, 1775) 12.VII.20(1);
Scirpophaga praelata (Scopoli, 1763) 29.VI.20(1);
Elophila nymphaeata (Linnaeus, 1758) 9.VIII.21(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Cataclysta lemnata (Linnaeus, 1758) 21.VII.21(1); 15.VII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Parapoynx stratiotata (Linnaeus, 1758) 12.VII.20(1); 9.VIII.21(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Cynaeda dentalis (Denis & Schiffermüller, 1775) 12.VII.20(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Evergestis extimalis (Scopoli, 1763) 16.VI.21(1) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Evergestis pallidata (Hufnagel, 1767) 16.VI.21(1) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Evergestis aenealis (Denis & Schiffermüller, 1775) 9.VIII.21(2);
Paracorsia repandalis (Denis & Schiffermüller, 1775) 29.VIII.21(1);
Loxostege sticticalis (Linnaeus, 1761) 9.VIII.21(2); 29.VIII.21(10); 15.VII.22(230); 31.VII.22(150); 27.VIII.22(300) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b; Надворный, 1993);
Loxostege turbidalis (Treitschke, 1829) 21.VII.19(1);
Escyrrhorrhoe rubiginalis (Hübner, 1796) 29.VI.20(7); 12.VII.20(3); 5.X.20(2); 21.VII.21(1); 9.VIII.21(12); 29.VIII.21(4); 31.VII.22(8); 27.VIII.22(4) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);
Pyrausta despicata (Scopoli, 1763) 21.VII.19(1);
Pyrausta cingulata (Linnaeus, 1758) 21.VII.21(3);
Pyrausta rectefascialis Toll, 1936 29.VI.20(1); 12.VII.20(1); 9.VIII.21(9); 31.VII.22(1); 27.VIII.22(3) (Говорун, 2018; 2020а; 2020b; 2021а; 2021b);

Pyrausta virginalis (Duponchel, 1832) 16.VI.21(1);
Pyrausta sanguinalis (Linnaeus, 1767) 12.VII.20(3); 21.VII.21(3); 9.VIII.21(3); 15.VII.22(11); 31.VII.22(6) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Pyrausta despicata (Scopoli, 1763) 29.VI.20(3); 9.VIII.21(5); 29.VIII.21(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Pyrausta aurata (Scopoli, 1763) 29.V.20(1); 12.VII.20(20); 21.VII.21(19); 9.VIII.21(1); 29.VIII.21(7); 15.VII.22(2); 31.VII.22(26) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Pyrausta purpuralis (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1); 9.VIII.21(1) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Uresiphita gilvata (Fabricius, 1794) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Nascia cilialis (Hübner, 1796) 29.V.20(1);
Sitochroa palealis (Denis & Schiffermüller, 1775) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Sitochroa verticalis (Linnaeus, 1758) 12.VII.20(4); 21.VII.21(1); 15.VII.22(2); 31.VII.22(3) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Anania lancealis (Denis & Schiffermüller, 1775) 29.VI.20(1); 15.VII.22(1);
Anania coronata (Hufnagel, 1767) 29.VIII.21(1); 15.VII.22(1) (Говорун, 2020a; 2020b; 2021b);
Anania stachydalis (Germar, 1821) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Anania verbascalis (Denis & Schiffermüller, 1775) – 12.VII.20(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 20a; 20b; 21a; 21b);
Anania hortulata (Linnaeus, 1758) – 29.VI.20(2); 12.VII.20(2); 16.VI.21(2); 15.VII.22(5) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Sclerocona acutella (Eversmann, 1842) 16.VI.21(1);
Psammotis pulveralis (Hübner, 1796) 29.VI.20(5); 9.VIII.21(2) (Говорун і

Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Ostrinia palustralis (Hübner, 1796) 29.V.20(1);
Ostrinia nubilalis (Hübner, 1796) 29.VI.20(1); 12.VII.20(7); 16.VI.21(4); 9.VIII.21(2); 29.VIII.21(7); 15.VII.22(11); 31.VII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Paratalanta hyalinalis (Hübner, 1796) 15.VII.22(5) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Patania ruralis (Scopoli, 1763) 29.VI.20(8); 12.VII.20(3); 5.X.20(1); 21.VII.21(2); 9.VIII.21(4); 29.VIII.21(3); 15.VII.22(4); 31.VII.22(2); 27.VIII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Mecyna flavalis (Denis & Schiffermüller, 1775) 8.IX.19(9); 29.VI.20(7); 12.VII.20(7); 5.X.20(9); 16.VI.21(2); 9.VIII.21(4); 29.VIII.21(8); 15.VII.22(3); 27.VIII.22(6) (Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Diasemia reticularis (Linnaeus, 1761) 16.VI.21(3); 21.VII.21(1); 9.VIII.21(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);
Dolicharthria punctalis (Denis & Schiffermüller, 1775) 5.X.20(1);
Nomophila noctuella (Denis & Schiffermüller, 1775) 12.VII.20(4); 5.X.20(1); 9.VIII.21(8); 29.VIII.21(4); 6.XI.21(1); 27.VIII.22(2) (Говорун і Пархоменко, 2003; Говорун, 2018; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b);

Родина Noctuidae:

Calyptra thalictri (Borkhausen, 1790) 31.VII.22(1);
Rivula sericealis (Scopoli, 1763) (Ключко і Говорун, 2002 (2003); Говорун та ін., 2019a);
Hypena proboscidalis (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019a);
Hypena rostralis (Linnaeus, 1758) 15.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019a);
Catocala fraxini (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1) (Ключко, 2003 (2004); Ключко і Говорун, 2003 (2004); Говорун О.В. та ін., 2019a; Пархоменко, 2008a);

- Catocala sponsa* (Linnaeus, 1767) (Пархоменко, 2008а; Ключко, 2003 (2004));
- Catocala nupta* (Linnaeus, 1767) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Catocala electa* (Vieweg, 1790) (Пархоменко, 2008а; Ключко, 2003 (2004));
- Catocala fulminea* (Scopoli, 1763) 15.VII.22(2); 31.VII.22(1);
- Tyta luctuosa* ([Denis & Schiffermüller], 1775) 15.VII.22(1); 31.VII.22(4); 27.VIII.22(2);
- Laspeyria flexula* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Говорун та ін., 2019а);
- Acrionicta alni* (Linnaeus, 1767) 31.VII.22(1);
- Acrionicta aceris* (Linnaeus, 1758) (Говорун та ін., 2019а);
- Acrionicta megacephala* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Acrionicta leporina* (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019а);
- Acrionicta auricoma* ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
- Emmelia trabealis* (Scopoli, 1763) 15.VII.22(1); 27.VIII.22(2) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Protodeltote pygarga* (Hufnagel, 1766) 21.VII.19(1); 15.VII.22(1) (Говорун та ін., 2019а);
- Deltote bankiana* (Fabricius, 1775) 21.VII.19(1); 31.VII.22(3) (Ключко, 2003 (2004); Ключко і Говорун, 2002 (2003); Говорун та ін., 2019а);
- Pseudeustrotia candidula* ([Denis & Schiffermüller], 1775) 21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019а);
- Eublemma purpurina* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Говорун та ін., 2019а);
- Diachrysia stenochrysis* (Warren, 1913) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Macdunnoughia confuse* (Stephens, 1850) 8.IX.19(2) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Abrostola triplasia* (Linnaeus, 1758) (Говорун та ін., 2019а);
- Abrostola asclepiadis* ([Denis & Schiffermüller], 1775) 31.VII.22(1);
- Cucullia fraudatrix* Eversmann, 1837 21.VII.19(1); 15.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Cucullia umbratica* (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1) (Ключко, 2003 (2004); Ключко і Говорун, 2002 (2003));
- Cucullia campanulae* Freyer, [1831] 21.VII.19(1) (Ключко, 2003 (2004));
- Calophasia lunula* (Hufnagel, 1766) (Ключко, 2003 (2004));
- Colocasia coryli* (Linnaeus, 1758) 31.VII.22(4);
- Amphipyra pyramidea* (Linnaeus, 1758) 31.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
- Schinia scutosa* ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
- Helicoverpa armigera* (Hübner, [1808]) 31.VII.22(1); 27.VIII.22(48) (Ключко, 2003 (2004));
- Pyrrhia umbra* (Hufnagel, 1766) (Ключко, 2003 (2004));
- Epimecia ustula* (Freyer, 1835) (Ключко, 2003 (2004));
- Athetis lepigone* (Moschler, 1860) (Ключко, 2003 (2004));
- Dypterygia scabriuscula* (Linnaeus, 1758) (Ключко, 2003 (2004));
- Ipimorpha subtusa* ([Denis et Schiffermüller], 1775) 21.VII.19(1) (Ключко, 2003 (2004));
- Elaphria venustula* (Hübner, 1790) 15.VII.22(1);
- Cosmia pyralina* ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
- Actinotia polyodon* (Clerck, 1759) (Ключко, 2003 (2004));
- Hoplodrina ambigua* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Говорун та ін., 2019а);
- Eucarta virgo* (Treitschke, 1835) – 15.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019а);
- Atethmia centrargo* (Haworth, 1809) 21.VII.19(1); 27.VIII.22(2) (Ключко, 2003 (2004); Говорун та ін., 2019а);
- Eupsilia transversa* (Hufnagel, 1766) 27.VIII.22(4);
- Oligia strigilis* (Linnaeus, 1758) 31.VII.22(1);

Xanthia aurago ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Xanthia icteritia (Hufnagel, 1766) 8.IX.19(2) (Ключко, 2003 (2004));
 Говорун та ін., 2019а);
Conistra ligula (Esper, [1791]) 8.IX.19(2) (Ключко, 2003 (2004));
Allophytes oxyacanthae (Linnaeus, 1758) (Ключко, 2003 (2004));
Mesoligia furuncula ([Denis et Schiffermüller], 1775) 21.VII.19(1) (Ключко, 2003 (2004));
Amphipoea fucosa (Freyer, 1830) 31.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
 Говорун та ін., 2019а);
Hydraecia micacea (Esper, [1789]) (Ключко, 2003 (2004));
Nonagria typhae (Thunberg, 1784) (Ключко, 2003 (2004));
Archana algae (Esper, [1789]) (Ключко, 2003 (2004));
Chortodes pygmina (Haworth, 1809) (Ключко, 2003 (2004));
Hadula trifolii (Hufnagel, 1766) 15.VII.22(4); 27.VIII.22(2) (Ключко, 2003 (2004));
Lacanobia thalassina (Hufnagel, 1766) (Ключко, 2003 (2004));
Lacanobia contigua ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Говорун та ін., 2019а);
Lacanobia oleracea (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(2); 15.VII.22(4); 27.VIII.22(48) (Ключко, 2003 (2004));
Lacanobia suasa ([Denis et Schiffermüller], 1775) 15.VII.22(4); 27.VIII.22(48) (Ключко, 2003 (2004));
Hadena capsincola ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Hadena perplexa ([Denis & Schiffermüller], 1775) 27.VIII.22(3);
Conisania luteago ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Sideridis rivularis (Fabricius, 1775) (Говорун та ін., 2019а);
Sideridis turbida (Esper, [1790]) 15.VII.22(1);
Mythimna straminea (Treitschke, 1825) (Ключко, 2003 (2004));

Mythimna ferrago (Fabricius, 1787) 27.VIII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
 Говорун та ін., 2019а);
Mythimna impura (Hübner, [1808]) (Ключко, 2003 (2004));
Mythimna l-album (Linnaeus, 1767) (Ключко, 2003 (2004));
Hyssia cavernosa (Eversmann, 1842) 8.IX.19(2) (Ключко, 2003 (2004));
Tholera cespitis ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Tholera decimalis (Poda, 1761) 21.VII.19(1); 27.VIII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
Noctua pronuba (Linnaeus, 1758) (Говорун та ін., 2019а);
Noctua fimbriata (Schreber, 1759) (Ключко, 2003 (2004));
Noctua orbona (Hufnagel, 1766) (Ключко, 2003 (2004));
Noctua interposita (Hübner, [1790]) (Ключко, 2003 (2004));
Noctua janthina ([Denis & Schiffermüller], 1775) 15.VII.22(1);
Xestia c-nigrum (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(2) (Ключко, 2003 (2004));
Xestia sareptana (Herrich-Schaffer, 1851) (Ключко, 2003 (2004));
Xestia triangulum (Hufnagel, 1766) 15.VII.22(2);
Euxoa obelisca ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Euxoa basigramma (Staudinger, 1870) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Agrotis segetum ([Denis et Schiffermüller], 1775) 21.VII.19(1) (Нестеренко, 1959; Ключко, 2003 (2004));
Agrotis exclamationis (Linnaeus, 1758) (Надворний, 1993; Ключко, 2003 (2004));
Chersotis rectangula ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));
Eurois occulta (Linnaeus, 1758) (Говорун та ін., 2019а);
Simyra nervosa ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко та ін., 2001);
Lygephila cracca ([Denis et Schiffermüller], 1775) (Ключко, 2003 (2004));

Acontia lucida (Hufnagel, 1766) 31.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
Plusia festucae (Linnaeus, 1758) 15.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004));
Autographa gamma (Linnaeus, 1758) 15.VII.22(3); 31.VII.22(1) (Надворний, 1993; Ключко, 2003 (2004));
Herminia tarsipennalis Treitschke, 1835 (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Herminia tarsicrinialis (Knoch, 1782) (Ключко і Говорун, 2003 (2004); Ключко, 2003 (2004));
Herminia grisealis ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Polypogon tentacularia (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1); 27.VIII.22(1) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Polypogon strigilata (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(2) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Earias clorana (Linnaeus, 1761) 8.IX.19(2) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Cryphia recepticula (Hübner, [1803]) 8.IX.19(2) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Cryphia fraudatricula (Hübner, [1803]) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Hoplodrina superstes (Ochsenheimer, 1816) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Trachea atriplicis (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(2) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Hada plebeja (Linnaeus, 1761) 8.IX.19(2) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));
Axylia putris (Linnaeus, 1761) 21.VII.19(1); 15.VII.22(1) (Ключко, 2003 (2004); Ключко і Говорун, 2002 (2003));
Ochropleura plecta (Linnaeus, 1761) 21.VII.19(1) (Ключко і Говорун, 2003 (2004));

Родина Geometridae

Thetidia smaragdaria (Fabricius, 1787) 21.VII.19(4) (Говорун та ін., 2019b);
Thalera fimbrialis (Scopoli, 1763) 21.VII.19(5); 15.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);
Timandra griseata (Petersen, 1902) 8.IX.19(1); 8.IX.19(2) (Говорун та ін., 2019b);
Timandra comae A. Schmidt, 1931 27.VIII.22(3);

Scopula ornata (Scopoli, 1763) 8.IX.19(1); 8.IX.19(2); 27.VIII.22(3) (Говорун та ін., 2019b);
Camptogramma bilineata (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(1); 8.IX.19(2) (Говорун та ін., 2019b);
Costaconvexa polygrammata (Borkhausen, 1794) 4.V.19(1); 8.IX.19(2) (Говорун та ін., 2019b);
Abraxas sylvata (Scopoli, 1763) 4.V.19(1) (Говорун та ін., 2019b);
Selenia tetralunaria (Hufnagel, 1767) 4.V.19(1) (Говорун та ін., 2019b);
Selenia dentaria Fabricius, 1775 15.VII.22(1);
Plagodis dolabraria (Linnaeus, 1767) 4.V.19(1) (Говорун та ін., 2019b);
Hypoxystis pluviana (Fabricius, 1787) 4.V.19(4) (Говорун та ін., 2019b);
Macaria alternata (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.19(4) (Говорун та ін., 2019b);
Ascotis selenaria (Denis & Schiffermüller, 1775) 21.VII.19(4) (Говорун та ін., 2019b);
Ematurga atomaria (Linnaeus, 1758) 4.V.19(2); 21.VII.19(3); 31.VII.22(7) (Говорун та ін., 2019b);
Alcis repandata (Linnaeus, 1758) 15.VII.22(1);
Scotopteryx moeniata (Scopoli, 1763) 27.VIII.22(2);
Boarmia rhomboidaria (Denis & Schiffermüller, 1775) 27.VIII.22(3);

Родина Erebiidae

Lithosia quadra (Linnaeus, 1758) 8.IX.19(3) (Говорун та ін., 2019b);
Miltochrista miniata (Forster, 1771) 21.VII.19(4) (Говорун та ін., 2019b);
Eilema lurideola (Zincken, 1817) 21.VII.19(2) (Говорун та ін., 2019b);
Phragmatobia fuliginosa (Linnaeus, 1758) – 21.VII.19(24); 15.VII.22(2); 31.VII.22(4) (Говорун та ін., 2019b);
Spilosoma lubricipeda (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(2); 31.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);
Spilarctia luteum (Hufnagel, 1766) 15.VII.22(2);
Diacrisia sannio (Linnaeus, 1758) 21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019b);

Euplagia quadripunctaria (Poda, 1761)
21.VII.19(1); 31.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);

Lymantria dispar (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(4); 31.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);

Hyphantria cunea (Drury, 1773)
21.VII.19(6) (Говорун та ін., 2019b);

Родина Lasiocampidae

Lasiocampa trifolii (Denis & Schiffermüller, 1775) 27.VIII.22(4);

Euthrix potatoria (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(10); 31.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);

Родина Drepanidae

Tethea ocularis (Linnaeus, 1767)
31.VII.22(1);

Habrosyne pyritoides (Hufnagel, 1766)
21.VII.19(2) (Говорун та ін., 2019b);

Родина Sphingidae

Sphinx ligustri (Linnaeus, 1758)
15.VII.22(2); 31.VII.22(2);

Mimas tiliae (Linnaeus, 1758)
31.VII.22(2);

Hyles euphorbiae (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019b);

Deilephila porcellus (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(1) (Говорун та ін., 2019b);

Deilephila elpenor (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2); 27.VIII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);

Hyles gallii (Rottemburg, 1775)
21.VII.19(1); 31.VII.22(2) (Говорун та ін., 2019b);

Proserpinus proserpina (Pallas, 1772)
21.VII.19(1); 15.VII.22(5); 31.VII.22(2)
(Пархоменко, 2008a);

Laothoe populi (Linnaeus, 1758)
31.VII.22(2) (Говорун та ін., 19b);

Smerinthus ocellatus (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(1); 15.VII.22(1); 31.VII.22(1)
(Надворний, 1993);

Macroglossum stellatarum (Linnaeus, 1758) 31.VII.22(2);

Родина Notodontidae

Furcula furcula (Clerck, 1759)
21.VII.19(2); 31.VII.22(3) (Говорун та ін., 2019b);

Clostera curtula (Linnaeus, 1758)
21.VII.19(1); 31.VII.22(1) (Говорун та ін., 2019b);

Gluphisia crenata (Esper, 1785)
4.V.19(1); 27.VIII.22(4) (Говорун та ін., 2019b);

Pheosia dictaeoides (Esper, 1789)
31.VII.22(1);

Notodonta dromedarius (Linnaeus, 1767)
31.VII.22(2);

Notodonta ziczac (Linnaeus, 1758)
25.V.19(5); 21.VII.19(2) (Говорун та ін., 2019b);

Родина Limacodidae

Apoda limacodes (Hufnagel, 1766)
21.VII.19(5); 15.VII.22(2); 31.VII.22(1)
(Говорун та ін., 2019b);

Родина Lemoniidae:

Lemonia taraxaci ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Якущенко і Бабий, 1984; Бартенев і Грамма, 1996; Пархоменко, 2008a);

Родина Cossidae

Cossus cossus (Linnaeus, 1758)
8.IX.19(2); 21.VII.19(3); 31.VII.22(2)
(Говорун та ін., 2019b);

Zeuzera pyrina (Linnaeus, 1761)
21.VII.19(2) (Говорун та ін., 2019b);

Phragmataecia castaneae (Hübner, 1790)
21.VII.19(4) (Говорун та ін., 2019b);

Родина Gelechiidae:

Helcystogramma lutatella (Herrich-Schäffer, 1854) (Пискунов, 1973, 1998);

Gelechia pinguinella Treitschke, 1832
21.VII.19(4) (Пискунов, 1973);

Gelechia rhombelliformis Staudinger
1871 21.VII.19(4) (Пискунов, 1973);

Nothris verbascella ([Denis & Schiffermüller], 1775) (Пискунов, 1973);

Dichomeris limosella (Schläger, 1849)
21.VII.19(4) (Пискунов, 1973);

Brachmia albinervis Gerasimov, 1928
(Пискунов, 1973);

Acompsia cinerella (Clerck, 1759)
(Пискунов, 1973);

Syncopacma sangiella (Stainton, 1863)
(Пискунов, 1973);

Anarsia spartiella (Schrank, 1802)
(Пискунов, 1973);

Metzneria neuropterella (Zeller, 1839)
(Пискунов, 1973);

Stenolechia gemella (Linnaeus, 1758)
(Пискунов, 1973);

Microsetia stipella Hübner, 1796
(Пискунов, 1973);

Mirificarma lentiginosella (Zeller, 1839)
(Пискунов, 1973);

Scrobipalpa atriplicella (Fischer von
Röslerstamm, 1841) (Пискунов, 1973);

Cosmardia moritzella (Treitschke, 1835)
(Пискунов, 1973);

Родина Tortricidae:

Tortrix viridana Linnaeus 1758
(Надворний, 1993).

Обговорення.

Список можливих видів є неповним, особливо це стосується представників групи мікролепідоптера. З моменту створення у 2009 році Природного заповідника відбулася заборона випасу худоби, обмеження площ сіножаті, що призвело до значного заростання, заліснення території. Місцями зімкнутість крон нових деревостанів досягає вже більше 70 %. Отриманні нами дані по групі вогнівкоподібні метелики заповідника свідчать про невелику частку степового компоненту в їх фауні.

Заплановані у проєкті організації території роботи по зменшенню порості дерев, видаленню лісосмуг, вірогідно, призведе до зменшення біорізноманіття на цій території. В той же час подальше заростання степу знизить чисельність або призведе до втрати видів метеликів, розвиток яких пов'язаний зі

степовою рослинністю. На нашу думку, потрібно зупинити і попередити подальше заліснення заповідної території. Збереження видового різноманіття можливе за умови застосування таких заходів: періодичного викошування степових ділянок, які ще збережено; помірного випасу великої рогатої худоби; запуску на територію і забезпечення умов проживання дикої популяції великих копитних; періодичного контрольованого випалювання окремих ділянок восени. На жаль, на території Природних заповідників існуючим натеper природоохоронним законодавством заборонено застосування всіх вищеперерахованих методів.

Висновки.

На теперішній час фауна зареєстрованих нами, а також зазначених у літературних джерелах лускокрилих Природного заповідника «Михайлівська цілина» становить 340 видів із 18 родин.

Встановлена тенденція до зникнення з фауни Лускокрилих заповідника окремих представників, зокрема Кульбабового шовкопряда (*Lemonia taraxaci*), який не виявляється вже останніх 6 років.

Список використаних джерел

Бартенев А. Ф., Грамма В. Н. К изучению насекомых и других членистоногих из Красной книги Украины. *Известия Харьковского энтомологического общества*. 1996. Т. 4. Вып. 1–2. С. 14–18.

Говорун О. В. *Нові та маловідомі види вогнівок (Lepidoptera, Pyralidae) з території північного сходу України*. Зоологічна наука у сучасному суспільстві: матеріали Всеукр. наук. конф., присвяч. 175-річчю заснування кафедри зоології. Київ, 2009. С. 113–117.

Говорун О. В. До вивчення вогнівок (*Lepidoptera, Pyralidae*) заповідника «Михайлівська цілина». *Природничі науки*. 2018. №15. С. 6–10.

Говорун О. В. Результати дослідження фауни вогнівок (*Lepidoptera, Pyralidae*) природного заповідника «Михайлівська цілина». *Наукові доповіді НУБіП України*. 20а. №1(83) [Електронний ресурс]. URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi20.01.001> (дата звернення 10.04.2023)

Говорун О. В. Результати дослідження фауни вогнівок (*Lepidoptera, Pyralidae, Crambidae*) природного заповідника «Михайлівська цілина». *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні*: Тваринний світ. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». 2020 б. Т. 2. Вип. 16. С. 44–48.

Говорун О. В. Результати дослідження фауни вогнівок (Lepidoptera, Pyralidae) природного заповідника «Михайлівська цілина» (Сумська область) у 2018 році. *Літопис природи*. Т. 1. 2021 а. С. 43–47.

Говорун О. В. Результати дослідження фауни вогнівок (Lepidoptera, Pyralidae) природного заповідника «Михайлівська цілина» у 19 році. *Літопис природи*. Т. 1. 2021 б. С. 47–55.

Говорун А. В., Пархоменко В. В. Фауна чешуекрылых семейства огневки (Lepidoptera, Pyralidae) заповідника «Михайловская целина». *Проблеми збереження ландшафтного ценотичного та видового розмаїття басейну Дніпра*: зб. наук. праць. Суми, 2003. С. 184–187.

Говорун О. В., Михайленко Л. О., Рибіна Г. О. Совки (Lepidoptera, Noctuidae) природного заповідника «Михайлівська цілина». *Природничі науки*. 2019. Вип. 16. С. 54–59.

До вивчення фауни деяких родин нічних лускокрилих (Insecta, Lepidoptera) природного заповідника «Михайлівська цілина». / Говорун О. В., Дубіковська А. В., Кукса Т. А., Заїка М. П. *Природничі науки*. 2019. Вип. 16. С. 51–54.

До вивчення булавовусих лускокрилих (Lepidoptera, Rhopalocera) природного заповідника «Михайлівська цілина». / Говорун О. В., Конвісар А. С., Валюх М. В., Фірман Л. О. *Літопис природи*. 2022. Т. 2. С. 222–227.

Ключко З. Ф. К изучению Совок (Lepidoptera: Noctuidae) Сумской области. *Известия Харьковского энтомологического общества*. 2003 (2004). Т. XI. Вып. 1–2. С. 86–88.

Ключко З. Ф., Говорун А. В. Совки (Lepidoptera: Noctuidae) Сумской области. *Известия Харьковского энтомологического общества*. 2002 (2003). Т. X. Вып. 1–2. С. 86–95.

Ключко З. Ф., Плющ И. Г., Шешурак П. Н. Аннотированный каталог совок (Lepidoptera, Noctuidae) фауны Украины. Київ, 2001. 882 с.

Надворный В. Г. Фаунистические комплексы беспозвоночных филиала Украинского степного заповедника «Михайловская целина». *Энтомологические исследования в заповедниках степной зоны*: тез. докл. междунар. симп. Харьков, 1993. С. 43–46.

Нестеренко Н. І. Аналіз ентомофауни ґрунтів заповідників Тростянецький дендропарк і Михайлівська цілина. *Наукові записки КДУ*. 1959. Т. 18. Вип. 1. С. 137–143.

Пархоменко В. В. Булавовусі лускокрилі (Lepidoptera: Papilionoformes) заповідника «Михайлівська цілина». *Відділенню Українського степового природного заповідника «Михайлівська цілина» 80 років – сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку*: тези доп. міжнар. наук-практ. конф. Суми, 2008 а. С. 43.

Пархоменко В. В. Раритетні комахи (Insecta) заповідника «Михайлівська цілина». *Відділенню Українського степового природного заповідника «Михайлівська цілина» 80 років – сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку*: тези доп. міжнар. наук-практ. конф. Суми, 2008б. С. 43–44.

Пискунов В. И. О фауне выемчатокрылых молей (Lepidoptera. Gelechiidae) отделения Михайловская целина Украинского степного заповедника. *Вестник зоологии*. 1973. №6. С. 56 – 59.

Якушенко Б. М., Бабий И. В. К методике разведения одуванчикового коконопряда. IX съезд Всесоюзного энтомологического общества: тез. докл. Ч. 2. Киев, 1984. С. 269.

References (translated & transliterated)

Bartenev, A. F. & Gramma, V. N. (1996). К izucheniyu nasekomikh i drugikh chlenistonogikh iz Krasnoi knigi Ukraini [A supplement to the red book of Ukraine, concerning insects and other classes of arthropods]. *Izvestiya Kharkovskogo*

entomologicheskogo obshchestva [The Kharkov Entomological Society Gazette], 4, 1–2, 14–18. [in Russian].

Govorun, O. V. (2009). Novi ta malovidomi vydy vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae) z terytorii pivnichnoho skhodu Ukrainy [New and little-known species of fireflies (Lepidoptera, Pyralidae) from the territory of northeastern Ukraine]. *Zoolohichna nauka u suchasnomu suspilstvi: materialy Vseukr. nauk. konf., prysviach. 175-richchiu zasnuvannia kafedry zoolohii* [Zoological science in modern society: materials of Ukrainian science conf., dedicated to 175th Anniversary of Zoology Department foundation]. Kyiv. 113–117. [in Ukrainian].

Govorun, O. V. (2018). Do vyvchennia vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae) zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [The pyralidae moth (Lepidoptera, Pyralidae) of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Pryrodnychi nauky. [Prirodniči nauki]*, 15, 6–10. [in Ukrainian].

Govorun, O. V. (2020a). Rezultaty doslidzhennia fauny vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [The results of the study of pyralidae moth (Lepidoptera, Pyralidae) species composition of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 1(83). [Electronic resource] URL:

<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi20.01.001> (Access date 10.04.2023) [in Ukrainian].

Govorun, O. V. (2020 b). Rezultaty doslidzhennia fauny vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae, Crambidae) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [The results of the study of species composition of pyralidae moth (Lepidoptera, Pyralidae, Crambidae) of nature reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini: Tvarynnyi svit. Serii: «Conservation Biology in Ukraine»* [Monitoring and protection of biodiversity in Ukraine: Animal world. Series: «Conservation Biology in Ukraine»], 2, 16, 44–48. [in Ukrainian].

Govorun, O. V. (2021 a). Rezultaty doslidzhennia fauny vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» (Sumska oblast) u 2018 rotsi [The results of the study of pyralidae moth (Lepidoptera, Pyralidae) species composition of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna» (Sumy Region) in 2018]. *Litopys pryrody* [The Chronicle of Nature], 1, 43–47. [in Ukrainian].

Govorun, O. B. (2021 b). Rezultaty doslidzhennia fauny vohnivok (Lepidoptera, Pyralidae) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» u 19 rotsi [The results of the study of pyralidae moth (Lepidoptera, Pyralidae) species composition of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna» in 19]. *Litopys pryrody* [The Chronicle of Nature], 1, 47–55. [in Ukrainian].

Govorun, A. V. & Parkhomenko, V. V. (2003). Fauna cheshuekrylykh semeistva ognivky (Lepidoptera, Pyralidae) zapovednika «Mykhailovskaja tselina» [Fauna of fireflies (Lepidoptera, Pyralidae) of the reserve «Mykhailovskaya tselina»]. *Problemy zberezhenia landshaftnoho tsenotychnoho ta vydovoho rozmaittia baseinu Dnipra* [Problems of landscape coenotic and species diversity preservation at Dnipro basin]: zb. nauk. prats. Sumy, 184–187. [in Russian].

Govorun, O. V., Mykhailenko, L. O. & Rybina, H. O. (2019). Sovky (Lepidoptera, Noctuidae) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [The noctuid moths (Lepidoptera, Noctuidae) of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Pryrodnychi nauky. [Prirodniči nauki]*, 16, 54–59. [in Ukrainian].

Govorun, O. V., Dubikovska, A. V., Kuksa, T. A. & Zaika, M. P. (2019). Do vyvchennia fauny deiakykh rodyn nichnykh luskokrylykh (Insecta, Lepidoptera) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [A contribution to the study of the fauna of some night lepidopteran families (Insecta, Lepidoptera) of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Pryrodnychi nauky. [Prirodniči nauki]*, 16, 51–54. [in Ukrainian].

Govorun, O. V., Konvisar, A. S., Valiukh, M. V. & Firman, L. O. (22). Do vyvchennia bulavovusykh luskokrylykh (Lepidoptera, Rhopalocera) pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [To study butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) of Nature Reserve «Mykhailivska tsilyna»]. *Litopys pryrody* [The Chronicle of Nature], 2, 222–227. [in Ukrainian].

Kliuchko, Z. F. (2003 (2004)). K izucheniju Sovok (Lepidoptera: Noctuidae) Sumskoj oblasti [To the knowledge of noctuid moth (Lepidoptera: Noctuidae) of the Sumy Region [Ukraine]]. *Izvestiya Kharkovskogo entomolicheskogo obshchestva* [The Kharkov Entomological Society Gazette], XI, 1–2, 86–88. [in Russian].

Kliuchko, Z. F. & Govorun, A. V. (2002 (2003)). Sovki (Lepidoptera: Noctuidae) Sumskoj oblasti [Noctuid moth (Lepidoptera: Noctuidae) of the Sumy Region (Ukraine)]. *Izvestiya Kharkovskogo entomolicheskogo obshchestva* [The Kharkov Entomological Society Gazette], X, 1–2, 86–95. [in Russian].

Kliuchko, Z. F., Pliushch, I. G. & Sheshurak, P. N. (2001). Annotirovannii katalog sovok (Lepidoptera, Noctuidae) fauni Ukraini [Annotated catalog]. Kyiv. [in Russian].

Nadvornyi, V. G. (1993). Faunisticheskie kompleksi bespozvonochnykh filiala Ukrainskogo stepnogo zapovednika «Mikhailovskaya tselina» [Faunistic complexes of the invertebrates of the Ukrainian steppe reserve branch]. *Entomologicheskie issledovaniya v zapovednikakh stepnoi zoni* [Entomological studies in reserves of the steppe zone]: tez. dokl. mezhdunar. simp. Kharkov, 43–46. [in Russian].

Nesterenko, N. I. (1959). Analiz entomofauny hruntiv zapovidnykiv Trostianetskyi dendropark i Mykhailivska tsilyna [The Analysis of soil entomofauna of Trostyanets Arboretum and Mykhailivska tsilyna nature reserves]. *Naukovi zapysky KDU* [The Scientific Notes of KSU]. 18, 1, 137–143. [in Ukrainian].

Parkhomenko, V. V. (2008 a). Bulavovusi luskokryli (Lepidoptera: Papilionoformes) zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [Rhopaloceran butterflies (Lepidoptera: Papilionoformes) of «Mykhailivska tsilyna» reserve]. *Viddilenniu Ukrainskoho stepovoho pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» 80 rokiv – suchasnyi stan, problemy, perspektivy rozvytku* [The branch of the Ukrainian steppe nature reserve «Mykhailivska tsilyna» is 80 years old – current state, problems, prospects for development]: tezy dop. mizhnar. nauk-prakt. konf. Sumy, 43. [in Ukrainian].

Parkhomenko, V. V. (2008 b). Rarytetni komakhy (Insecta) zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» [Rare insects of «Mykhailivska tsilyna» reserve]. *Viddilenniu Ukrainskoho stepovoho pryrodnoho zapovidnyka «Mykhailivska tsilyna» 80 rokiv – suchasnyi stan, problemy, perspektivy rozvytku* [The branch of the Ukrainian steppe nature reserve «Mykhailivska tsilyna» is 80 years old – current state, problems, prospects for development]: tezy dop. mizhnar. nauk-prakt. konf. Sumy, 43–44. [in Ukrainian].

Piskunov, V. I. (1973). O faune viemchatokrilykh molei (Lepidoptera. Gelechiidae) otdeleniya Mikhailovskaya tselina Ukrainskogo stepnogo zapovednika [On the fauna of Gelechiidae (Lepidoptera) of the division Mikhailovskaya tselina of the Ukrainian steppe reservation]. *Vesnik zoologii* [Zoodiversity], 6, 56–59. [in Russian].

Yakushenko, B. M. & Babii, I. V. (1984). K metodike razvedeniya oduvanchikovogo kokonopryada [To method of dandelion cocoon breeding]. *IX sezd Vsesoyuznogo entomologicheskogo obshchestva* [1st Congress of USSR Entomological Society]: tez. dokl., 2. Kyiv. [in Russian].

Отримано: 2 травня 2023
Прийнято: 19 травня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 616-036.21:502:504

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.39-58

ДИНАМІКА ТА ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ЕНДЕМІЧНИХ ХВОРОБ ЛЮДИНИ В УКРАЇНІ

І. П. Онищук¹, О. В. Гарбар², Л. А. Остапчук³

У статті описано динаміку та причини виникнення ендемічних хвороб людини в Україні. За результатами статистичних даних щодо динаміки показників антропогенного та техногенного навантаження на навколишнє природне середовище, екологічна ситуація в Україні є кризовою. Це призводить до забруднення навколишнього середовища небезпечними для здоров'я людини речовинами, погіршення озонового шару Землі, а також сприяє появі нових хімічних сполук та призводить до зміни кількісного складу уже наявних. Ендемічні захворювання є такими, які спостерігаються у людей тривалий час на певній обмеженій території і обумовлюються природно-соціальними умовами. Поява та ризик розвитку ендемічних захворювань визначається дією елементів навколишнього середовища, антропогенних та соціальних чинників.

Мета дослідження полягала у встановленні динаміки та причин виникнення ендемічних хвороб населення України протягом 2017-2021 років. Установлено, що найпоширенішими ендемічними хворобами населення України протягом досліджуваних років були ендемічний карієс, ендемічний флюороз, ендемічний зоб та водно-нітратна метгемоглобінемія. З-поміж усіх виявлених ендемічних хвороб найчастіше серед населення фіксувався ендемічний карієс, рідше – метгемоглобінемія. Динаміка трапляння вищеозначених ендемічних хвороб серед населення упродовж 2017-2021 рр. збільшувалася. Причинами розвитку ендемічного карієсу є недостатній вміст фтору у споживаній воді (до 0,5 мг/л), ендемічного флюорозу, навпаки, надходження фтору у перевищених нормах (понад 1,5 мг/л). Ендемічний зоб розвивається через нестачу йоду у споживаних продуктах та воді, водно-нітратна метгемоглобінемія – через перевищення нітратів понад 50 мг/л. Ендемічний флюороз, здебільшого, є

¹ кандидат біологічних наук, доцент
кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: irinashpin@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0014-2960

² доктор біологічних наук, професор
кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: o.v.harbar@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4357-4525

³ здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 101 Екологія
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: ludavygovskaa@gmail.com
ORCID: 0009-0009-9147-6103

характерним для мешканців гірських районів України та Полтавської області, ендемічний зоб – для Карпатського, Прикарпатського та Придністровсько-Приднішського регіонів, ендемічний карієс та водно-нітратна метгемоглобінемія – для усіх регіонів України.

Ключові слова: навколишнє середовище, екологія, здоров'я людини, ендемічні хвороби, динаміка захворюваності.

DYNAMICS AND CAUSES OF ENDEMIC HUMAN DISEASES IN UKRAINE

Onyschuk I., Harbar O., Ostapchuk L.

The article describes the dynamics and causes of endemic human diseases in Ukraine. According to the results of statistical data on the dynamics of indicators of anthropogenic and technogenic load on the surrounding natural environment, the ecological situation in Ukraine is a crisis. This leads to environmental pollution with substances dangerous to human health, deterioration of the Earth's ozone layer, and also contributes to the appearance of new chemical compounds and changes the quantitative composition of existing ones.

Endemic diseases are those that are observed in people for a long time in a certain limited territory and are caused by natural and social conditions. The occurrence and risk of development of endemic diseases is determined by the action of environmental elements, anthropotechnogenic and social factors.

The purpose of the study was to establish the dynamics and causes of endemic diseases in the population of Ukraine during 2017-2021. It was established that endemic caries, endemic fluorosis, endemic goiter, and water-nitrate methemoglobinemia were the most common endemic diseases of the population of Ukraine during the studied years. Among all identified endemic diseases, endemic caries was recorded most often among the population, methemoglobinemia was less common. The dynamics of occurrence of the above-mentioned endemic diseases among the population during 2017-2021 increased. The causes of the development of endemic caries are the insufficient content of fluorine in the consumed water (up to 0.5 mg/l), endemic fluorosis, on the contrary, the intake of fluorine in excessive amounts (over 1.5 mg/l). Endemic goiter develops due to a lack of iodine in consumed products and water, water-nitrate methemoglobinemia – due to an excess of nitrates over 50 mg/l. Endemic fluorosis, for the most part, is characteristic of the inhabitants of the mountainous regions of Ukraine and Poltava region, endemic goiter – for the Carpathian, Carpathian and Transnistrian-Danubian regions, endemic caries and water-nitrate methemoglobinemia – for all regions of Ukraine.

Keywords: environment, ecology, human health, endemic diseases, morbidity dynamics.

Вступ.

Людина і людська популяція загалом має перебувати у рівновазі з навколишнім середовищем. Саме наявність рівноваги розглядається як один із підходів до визначення індивідуального та популяційного здоров'я. Здоров'я по суті це норма росту, розвитку і функціонування організму та здатність його адаптації до конкретних умов існування. Межі оптимальної зони функціонування окремого організму чи популяції визначаються середніми показниками поза якими організм переходить на патологічний рівень саморегуляції гомеостазу. Наразі в медико-

санітарних та гігієнічних дослідженнях використовується велика кількість показників, біологічних констант та амплітуда їх коливання, що використовуються як критерії індивідуального, групового та популяційного здоров'я.

Останні десятиліття розвитку суспільного життя характеризуються появою новітніх джерел енергії та матеріалів, а також упровадженням у виробництво досягнень науки та техніки, які безсумнівно призводять до незворотних змін у природних екосистемах. Науково-технічний прогрес спричинив зростання антропогенних чинників, які

негативно позначаються на якості життя суспільства та його здоров'ї. З одного боку, вдосконалення технологій сприяє спрощенню життя людей, збільшенню їх комфорту, виробництва продуктів харчування, з іншого – забруднює навколишнє середовище, погіршує озоновий шар Землі, сприяє появі нових хімічних сполук (Про охорону ..., 1991). За статистичними даними, екологічна ситуація в Україні є кризовою, про що свідчить динаміка показників антропогенного і техногенного навантаження на навколишнє середовище (Коцур, 2016).

Ризик розвитку та появи різного роду захворювань значною мірою залежить від дії елементів навколишнього середовища, антропогенних та соціальних чинників, які сприяють формуванню захворювання. Не останнє місце серед чинників, які впливають на стан здоров'я населення займають хімічні елементи та їх сполуки, що входять до складу природних середовищ існування. Дефіцит або надлишок у навколишньому середовищі (ґрунті, повітрі, воді) макро- і мікроелементів, необхідних для нормального метаболізму в живих організмах призводить до розвитку і поширення так званих справжніх ендемічних хвороб. Ендемічність деяких захворювань на окремих територіях зумовлена не лише природними, а й гігієнічними умовами побуту населення, насамперед незадовільним водопостачанням і недостатнім очищенням побутових та промислових стоків, загальним антропогенним тиском тощо. У результаті неправильного господарювання, концентрації деяких речовин у компонентах оточуючого середовища або суттєво підвищуються, або, навпаки, знижуються. Це у свою чергу негативно позначається на здоров'ї та самопочутті людей, спричиняє розвиток ендемічних захворювань (приклад: аварія на Чорнобильській атомній станції у 1986 р. та викид радіоактивного йоду стали причиною

виникнення і поширення ендемічного зобу серед різних вікових груп населення, постраждалих від катастрофи територій) зменшуючи рівень здоров'я людей та тривалість їх життя, у глобальному масштабі – ставить під загрозу існування людини як біологічного виду.

Територія України за вмістом засвоєваних живими організмами сполук мікроелементів поділяється на чотири біогеохімічні зони: західну, північно-східну, центральну й південну. У кожній зоні, відповідно є території, що різняться вмістом мікроелементів та їх сполук у воді та ґрунті – геохімічні провінції. Зокрема відомо, недостатня кількість рухомих сполук йоду, кобальту, цинку, молібдену, а місцями – міді та марганцю фіксується на території західної та північно-східної біогеохімічних зон. Природні води та ґрунти центральної та південної біогеохімічної зон більш збалансовані за вмістом вищезазначених мікроелементів, за то характеризуються зниженим вмістом засвоєваних сполук цинку, кобальту, що є важливими кофакторами ферментів, які каталізують процеси метаболізму в клітинах.

Уперше зв'язок живого організму із земною корою, її геологією та геохімією було обґрунтовано у 1922 році В. І. Вернадським. На основі цього науковець та дослідник анонсував нову міжгалузеву наукову проблему – наявність залежності рівня здоров'я людей від геохімічного середовища. Спадкоємець наукових поглядів В. І. Вернадського, А. П. Виноградов сформулював вчення про біогеохімічні провінції як показники найтіснішого зв'язку біохімічних процесів живої природи з геохімічними чинниками. Після вивчення та узагальнення даних щодо ендемічних захворювань людини, тварин і рослин, він дійшов висновку, що причиною їх виникнення є надлишок чи нестача тих чи інших хімічних елементів (Вадзюк і Федорців, 2007; Про затвердження ..., 2010).

За даними А. П. Авцина (1972) у процесі еволюційного розвитку організм виробляє здатність до вибіркового поглинання певних хімічних елементів, їх виборчої акумуляції у органах і тканинах та елімінації (Про затвердження ..., 2010). Такі особливості функціонування всіх живих організмів реалізуються у процесі обміну речовин із довкіллям, який здійснюється за допомогою біогеохімічних харчових ланцюгів. До складу таких ланцюгів входять мікроелементи гірських порід, ґрунту, повітря і води, які з їжею рослинного та тваринного походження та частково з питною водою надходять до організму людини. У цьому контексті особливе значення мають гранично допустимі концентрації хімічних елементів, при відхиленні від яких можуть виникати ендемічні захворювання. Такої думки дотримувався і В. В. Ковальський (1974 р.) (Вадзюк і Федорців, 2007; Бойчук, 2017).

Протягом декількох десятиліть чинники навколишнього середовища та їх вплив на організм людини є головним об'єктом дослідження вітчизняних та зарубіжних науковців. На сьогодні інтерес науковців викликають фізіологічні стани, зумовлені надлишком, дефіцитом чи дисбалансом мікроелементів у організмі людини (Бойчук, 2007; 2017). Так, у вітчизняній науковій літературі проблемам впливу екологічних чинників на здоров'я людини присвячено багато наукових доробок, авторами яких є В. Г. Бардов, Е. М. Беліцька, Ю. В. Бардик, А. І. Горова, О. П. Вітовська, Н. І. Коцур, О. І. Тимченко, О. В. Линчак, В. І. Федоренко (Крижанівська і Савчук, 2014; Коцур, 2016; Бойчук, 2017).

Колективом науковців у складі В. І. Федоренко, А. П. Козак та О. А. Савіна розглянуто та проаналізовано екологічно-залежні та екологічно-зумовлені захворювання. Медико-екологічні проблеми в

сучасних умовах та їх вплив на рівень захворюваності дитячого населення висвітлено у результатах дослідження С. Н. Вадзюка (Коцур, 2016). Досить ретельно вивчаються ендемічні хвороби, прямі та супутні чинники, що їх спричиняють у біогеохімічних провінціях України. Зокрема, багато досліджень причин поширення ендемічного зобу проводяться на Закарпатті, де у воді, ґрунті, і, як наслідок, у продуктах харчування наявна мінімальна кількість йоду і фтору (Крюченко та ін., 2009).

Попри значну кількість публікацій, присвячених питанням поширення ендемічних хвороб у біогеохімічних провінціях України, екологічного стану, навколишнього середовища та здоров'я людини, досі залишаються недостатньо вивченими окремі аспекти даної наукової проблеми. Зокрема, одним із маловивчених питань є саме динаміка поширення ендемічних захворювань людини на території України без прив'язки до геохімічних провінцій, а саме за рахунок погіршення екологічного стану тих чи інших регіонів.

Згідно даних Всесвітньої організації охорони здоров'я близько 30% захворювань людини спричиняються екологічним станом навколишнього середовища (Про затвердження ..., 2010). У контексті вищезначеного актуальність дослідження проблеми динаміки та причин розповсюдження хвороб людини, які залежать від навколишнього середовища є вкрай важливим завданням.

Метою даного дослідження є встановити причини та закономірності виникнення ендемічних хвороб серед населення України. Згідно поставленої мети в даному дослідженні нами були значені наступні завдання:

1. З'ясувати які саме ендемічні хвороби населення України є найпоширенішими останні десять років.

2. Провести порівняльний аналіз поширення ендемічного зобу та залізодефіцитної анемії з 2008 до 2017 років.

3. Охарактеризувати чинники які сприяють виникненню і поширенню ендемічних захворювань.

4. Виявити закономірності та динаміку поширення ендемічних хвороб.

5. Окреслити можливі шляхи вирішення проблеми поширення ендемічних захворювань населення України.

Матеріал і методи.

Вибір методу дослідження обумовлений аналітичним характером дослідження: збір, аналіз, сортування інформації. Зокрема основним нашим завданням було на основі вже оприлюдненої інформації виявити основні закономірності виникнення ендемічних захворювань на територіях, що зазнають значного антропогенного пресингу. Відповідно основними методами дослідження є аналіз, синтез та статистична обробка інформації, для побудови діаграм використали програмні можливості Microsoft Excel. Картограми підготовано з використанням стандартних методів геоінформаційного картографування на основі нормалізованих даних щодо захворюваності по районах Житомирської області з використанням програмного пакету Q-GIS. Дані щодо захворюваності населення були отримані з сайту Центру громадського здоров'я МОЗ України, (<http://medstat.gov.ua/ukr/statdan.html>) та в результаті звернення до «Обласного інформаційно-аналітичного центру медичної статистики (Житомирська область)» <http://medstat.gov.ua/ukr/Jitmyr.html>.

Результати.

Захворювання – це порушення життєздатності організму людини, яке може мати різне походження. Ендемічні захворювання відносяться

до класу хвороб, що спостерігаються у людей тривалий час на певній обмеженій території і обумовлюються природно-соціальними умовами.

Ендемічні хвороби можуть бути пов'язані зі стійкими природними осередками інфекційних хвороб (лаймборреліоз, кліщовий енцефаліт), або мати неінфекційне походження. Неінфекційні ендемічні захворювання пов'язані з геохімічними особливостями середовища – із різкою нестачею або надлишковим вмістом хімічних елементів та їх сполук у навколишньому середовищі (Бойчук, 2007; Крижанівська і Савчук, 2014; Коцур, 2016). Кожна ендемічна хвороба залежить від вмісту мікроелементів у компонентах природного середовища та характеризується певними клінічними ознаками представленими у таблиці (Табл. 1).

Здійснений нами аналіз статистичних даних свідчить, що найпоширенішими ендемічними хворобами серед населення України протягом 2017-2021 рр. були ендемічний карієс, ендемічний флюороз, ендемічний зоб та водно-нітратна метгемоглобінемія (Рис. 1).

Упродовж 2017-2021 рр. найчастіше фіксувався ендемічний карієс. Слід відмітити позитивну динаміку щодо кількості хворих (54,28% у 2017 р. та 64,36% у 2021 р. відповідно). Причиною поширення ендемічного карієсу є недостатній вміст фтору у питній воді (до 0,5 мг/л при нормі ГДК 0,7-1,5 мг/л) (Про затвердження ..., 2010) (Рис. 1).

Позитивна динаміка відмічається і щодо збільшення кількості хворих, у яких діагностують ендемічний флюороз (2017 р. – 48,35%, 2021 р. – 57,27%) до того ж його фіксували навіть у мешканців територій із помірним вмістом фторидів у воді та ґрунті (Чернігівська, Луганська, Сумська, Харківська області).

Таблиця 1

Найпоширеніші ендемічні хвороби людини в Україні
(Тригуб, 2013; Крижанівська і Савчук, 2014; Коцур, 2016; Біловол і Князькова, 2022)

Хвороба	Етіологія	Географічна територія	Клінічні ознаки
Ендемічний флюороз	перевищення вмісту фтору у воді понад 1,5 мг/л	гірські райони України, Полтавська обл.	- флюороз зубів (поява на зубах плям, пігментації, ерозія емалі та дентину); - остеосклероз; - порушення обміну речовин, гастроентерит, гепатит, міокардит
Ендемічний карієс зубів	вміст фтору у воді до 0,5 мг/л	по всій території України	руйнування зубної емалі та дентину, захворювання травної системи
Сечокам'яна хвороба	високий вміст мінеральних солей у продуктах харчування та воді	по всій території України	ниркові коліки, біль при ходьбі та бігу, нудота, вздуття, біль при сечовипусканні
Водно-нітратна метгемоглобінемія	вміст нітратів у воді понад 50 мг/л	по всій території України	гіпоксія
Залізодефіцитна анемія	низький вміст заліза у продуктах харчування	по всій території України	бліді покриви шкіри, задишка, сухість шкіри та нігтів, м'язева слабкість, тахікардія, порушення травлення, спотворення смаку
Ендемічний зоб	надходження йоду менше 100 мкг/добу	Карпатський, Прикарпатський, Придністровсько-Придунайський регіони	порушення синтезу тироксину, гіпотиреоз, пригнічення обміну речовин, збільшення щитоподібної залози

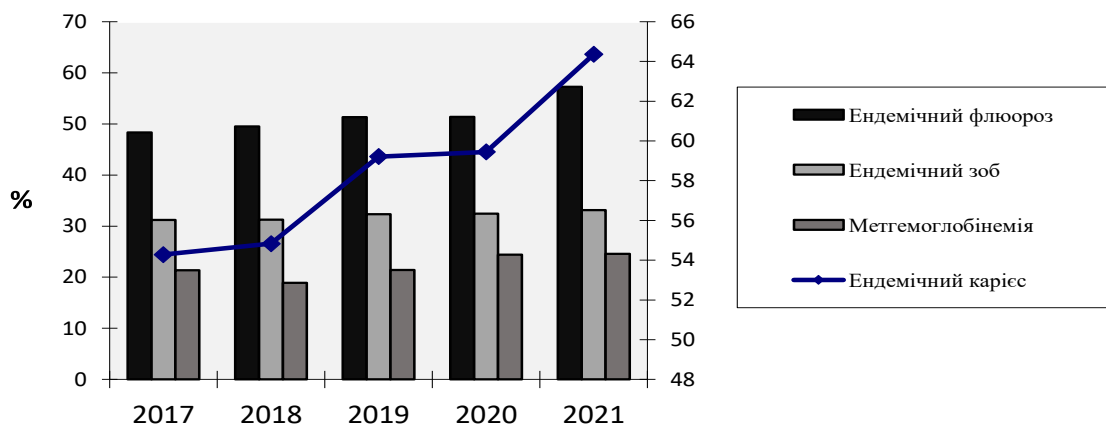


Рис. 1. Динаміка поширення ендемічних хвороб серед населення України протягом 2017-2021 рр.

Ендемічний зоб належить до групи найпоширеніших хвороб у світі. В Україні є характерним для гірських регіонів та територій, які зазнали впливу наслідків аварії на ЧАЕС. Серед населення України упродовж досліджуваних років показники захворюваності ендемічним зобом збільшувалися (з 31,2% у 2017 році до 33,12% у 2021 році відповідно). Йододефіцит, особливо для дитячої вікової групи є актуальною, невирішеною проблемою охорони здоров'я України, та може проявлятися в таких формах:

- **Дифузний зоб** або простий нетоксичний спорадичний зоб – це збільшення маси і розмірів щитоподібної залози, що розвивається внаслідок йододифіциту.

- **Нетоксичний вузловий зоб** (еутиреоїдний зоб) – це патологічний стан щитоподібної залози, при якому фіксуються осередкові структурні зміни фолікул (як наслідок: гіперплазії, дистрофічних змін або фіброзу) без функціональних порушень. Етіологія нетоксичного вузлового зобу має комплексний характер: вплив йододифіциту, спадкової схильності, тривале споживання продуктів, що містять струмогенні сполуки, вплив іонізуючого випромінювання, запалення залози тощо.

За останні роки частота уражених ендемічним зобом на Закарпатті зростає, у групі ризику знаходяться діти та вагітні жінки. Це пояснюється погіршенням екологічного стану на території регіону: регулярними сезонними паводками, що призводять до значного підвищення рівня води в гірських річках (у середньому на 5-

10 м, максимальне підвищення фіксувалось у р. Тиса на 16 м). Паводки спричиняють вимивання з ґрунтів мінеральних солей, що містять мікроелементи в тому числі і йод.

Дещо інша ситуація в регіонах постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС (у тому числі і в Житомирській області), за досліджуваний відрізок часу, кількість уражених ендемічним зобом суттєво не збільшилась, але і відсутня тенденція щодо істотного зменшення числа хворих.

Згідно інформації «Обласного інформаційно-аналітичного центру медичної статистики» в Житомирській області у 2008 р. мінімальні значення показника захворюваності (всього на 100 тис. населення) дифузним зобом 1 ст (візуально не діагностується, характеризується такими симптомами: дратівливість, незначні втрати ваги, швидка стомлюваність, підвищення потовиділення, напади тахікардії) фіксувались у Радомишльському районі (312,9), тоді як максимальні значення – 13761,0 відмічено в Овруцькому районі. Динаміка поширення захворюваності змінювалась і згідно даних за 2017 р. в Овруцькому районі реєструвалось 512,3 випадків на 100 тис., тоді як в Радомишльському – 1237,8. Загалом за 9 років (із 2008 по 2017) ситуація змінилась кардинально: найбільша кількість хворих на зоб 1ст у 2017 зареєстровану у Новоград-Волинському районі (9374,3); високі показники захворюваності характерні для Житомирського (4275), Ємільчинського (2767,1), Лугинського (2280,6), Романівського (2118,1) (Рис. 2).

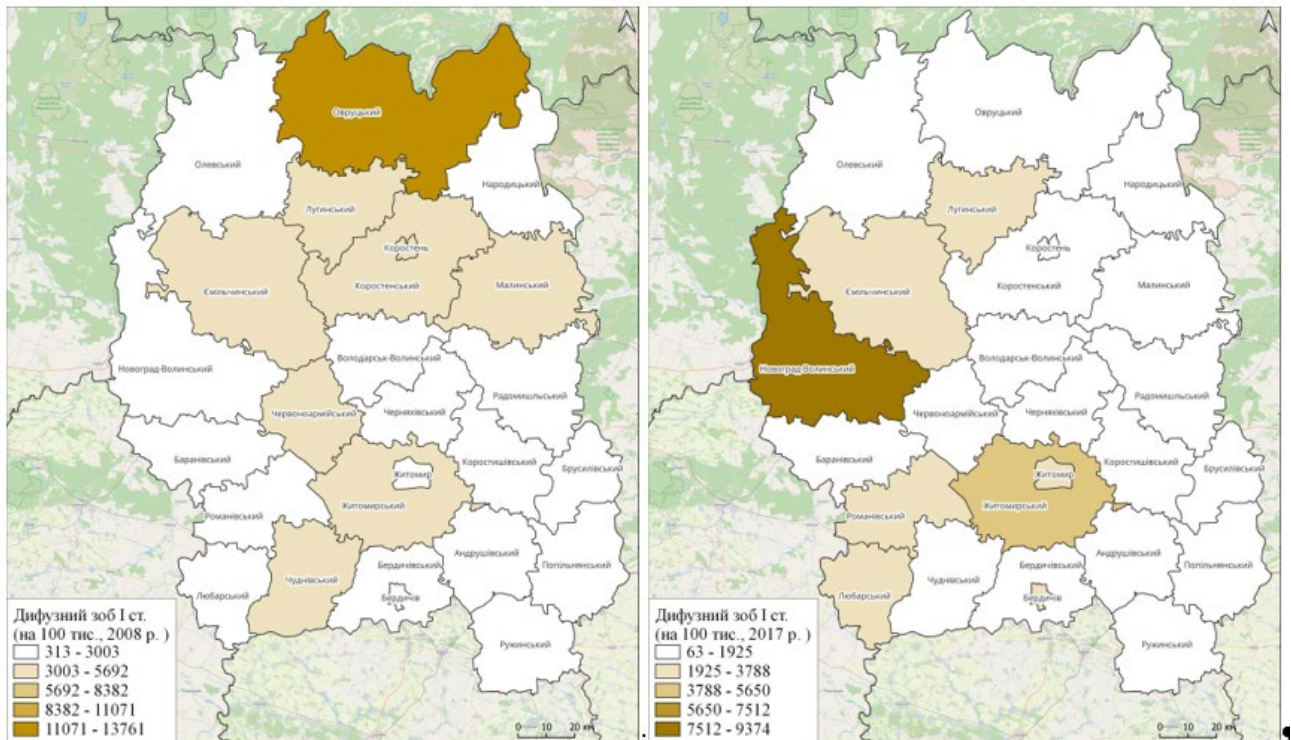


Рис. 2. Рівень захворюваності на дифузний зоб I ступеню по районах Житомирської області у 2008 та 2017 роках

Загалом простежується позитивна динаміка протягом 2008-2017 років – середні значення показників

захворюваності в Житомирській області знизилась із 2683 до 1701,8. (Рис. 3).

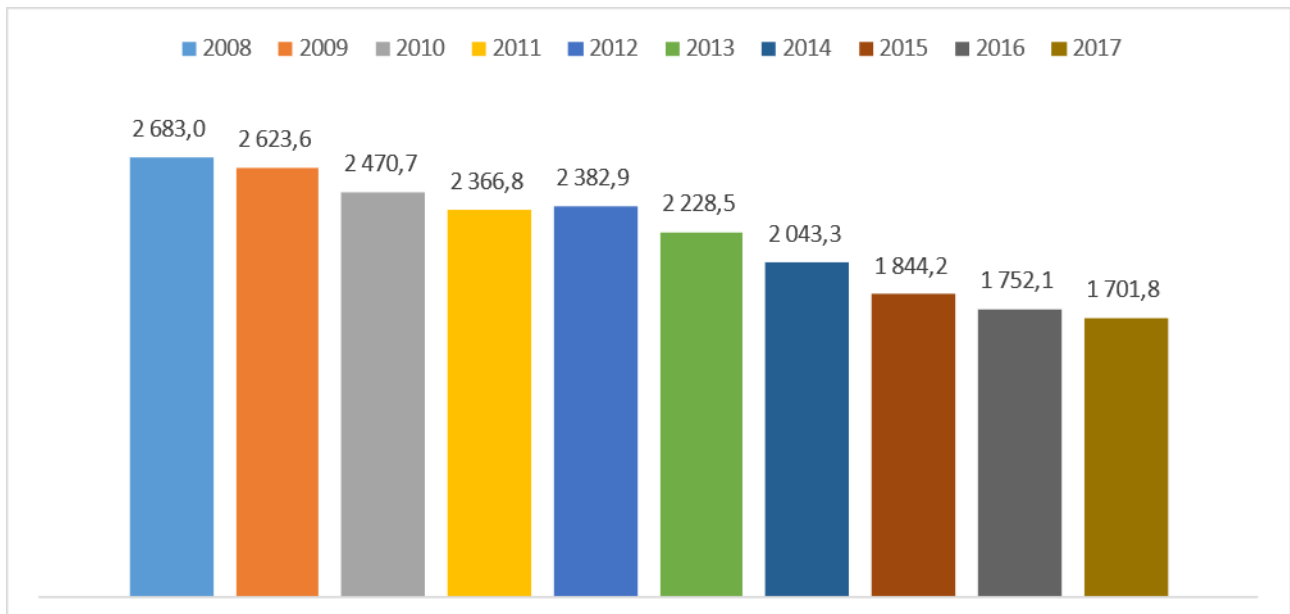


Рис. 3. Динаміка зміни зареєстрованих випадків захворюваності на дифузний зоб I ступеня (всього на 100 тис. населення) у 2008-2017 рр. у Житомирській області

Не менш цікавими виявились дані щодо динаміки поширення дифузного зобу II-III ст. (симптоматика більш

виражена: набряки нижніх кінцівок, стрімка втрата ваги, постійні стомленість та дратівливість, розвиток

патологічних станів інших органів і систем). Зокрема максимальні значення частоти трапляння даного захворювання в 2008 р. зафіксовані в Житомирському (2001,9), мінімальні – в Романівському (100,8) районах.

Досить висока частота захворювань була характерна для Чуднівського (1606,2), Червоноармійського (1113,9), Овруцького (999,3), Володар-Волинського районів (980,8), та м. Коростеня (1276,3) (Рис.4).

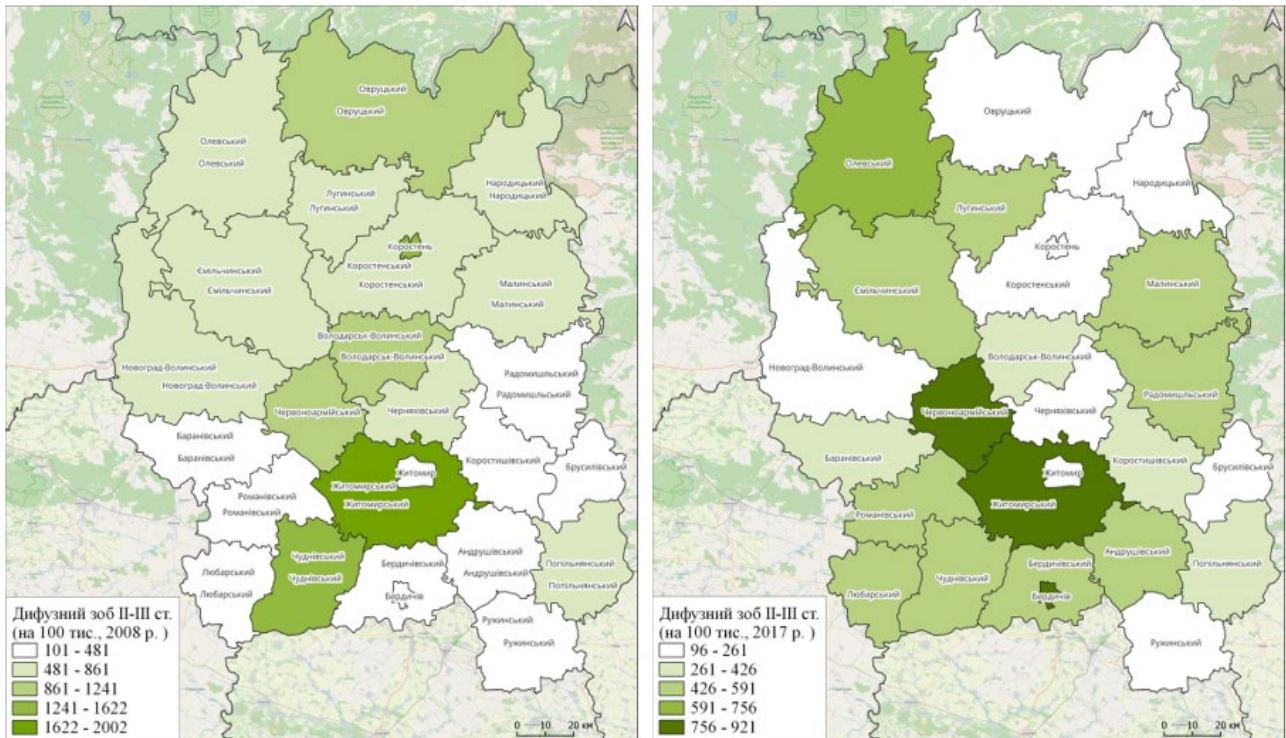


Рис. 4. Рівень захворюваності на дифузний зоб II-III ступеню по районах Житомирської області у 2008 та 2017 роках

Моніторингові дані за дев'ять років дають можливість відмітити зменшення площі поширення захворюваності населення на дифузний зоб II-III ст в 2017 (Рис. 3) та частоти трапляння з 578,5 до 332,8 (Рис. 5). Мінімальні показники частоти захворюваності в 2017 році зафіксовані для Новоград-Волинського району (95,8), м. Коростеня (95,5). Максимальні значення відмічались у

Червоноармійському (832,2), Житомирському (822,3) районах та у м. Бердичів (920,9).

Загалом можна зазначити, що площа поширення дифузного зобу II-III ступенів більша, ніж площа поширення дифузного зобу I ст. (Див.рис. 2 та рис. 4), у той час як кількість хворих на зоб I ст. в області вища, ніж на зоб II-III ст. (Рис. 5).

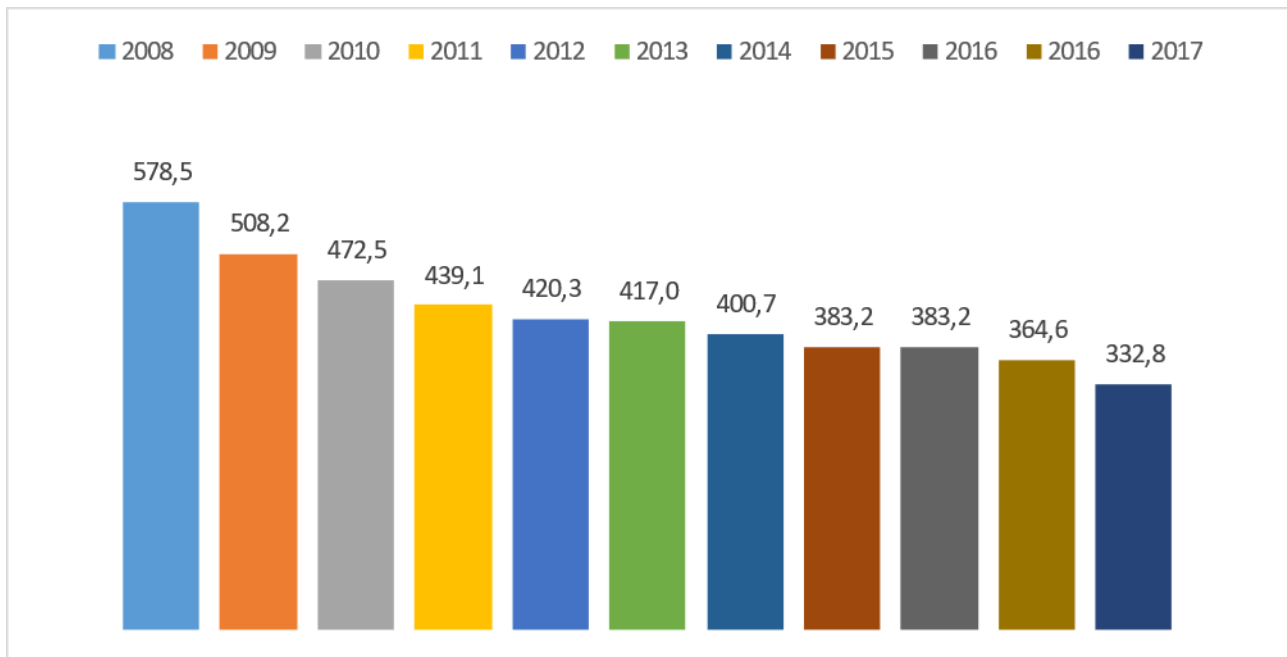


Рис. 5. Динаміка зміни зареєстрованих випадків захворюваності на дифузний зоб II-III ступення (всього на 100 тис. населення) у 2008-2017 рр. у Житомирській області

Щодо ситуації із частотою захворюваності на нетоксичний вузловий зоб, то варто зазначити, що динаміка поширення корелюється з поширенням дифузного зобу II-III ст. (Див рис.4) (Рис. 6). У 2008 р. найбільше хворих було зафіксовано у Народицькому (1713,9) та Коростенському (1343,2) районах, мінімальні показники фіксувались у Радомишльському (116,4) та Баранівському (149,1). У 2017 р.

максимальна кількість хворих була відмічена у Малинському районі (1297,9) та м. Бердичів (1469,8), тоді як суттєво зменшилась у Народицькому (219,7) та Коростенському (696,6), а мінімальні значення зафіксовані у Попільнянському (197) районі. Загалом кількість хворих у Житомирській області динамічно зменшувалась протягом періоду який аналізувався (Рис. 7).

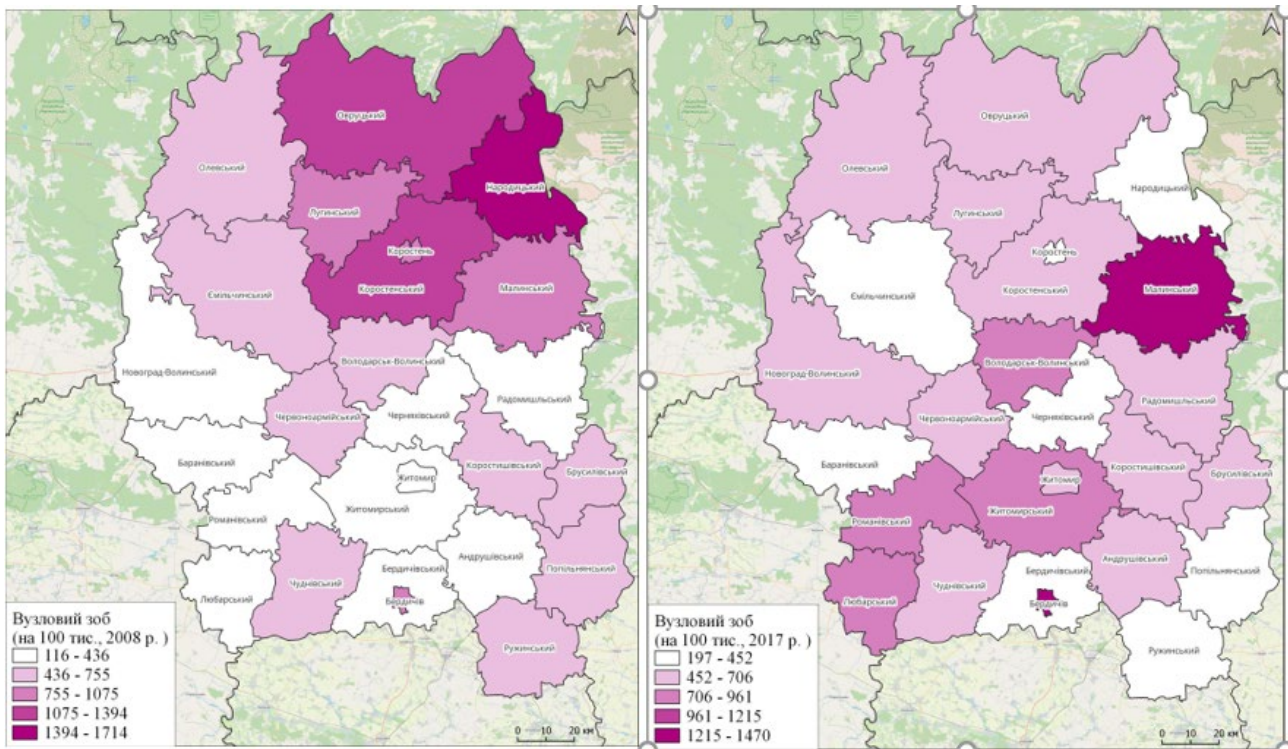


Рис. 6. Рівень захворюваності на нетоксичний вузловий зоб по районах Житомирської області у 2008 та 2017 роках

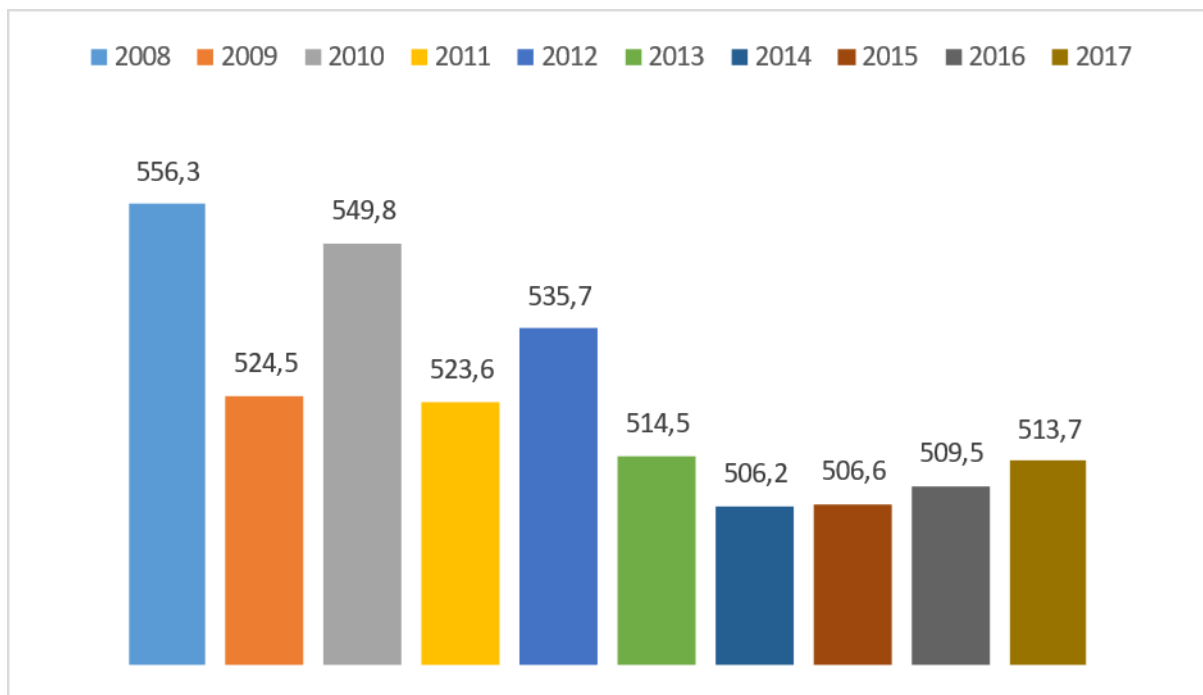


Рис. 7. Динаміка зміни зареєстрованих випадків захворюваності на нетоксичний вузловий зоб (всього на 100 тис. населення) у 2008-2017 рр. у Житомирській області

Частота трапляння водно-нітратної метгемоглобінемії серед населення України збільшувалася протягом 2018-2021 рр. (із 18,90% до

24,56% відповідно), що може свідчити про тенденцію погіршення якості питної води та порушення технологічних умов масового

вирощування зелені, овочів та фруктів. Ще однією причиною завищеного вмісту нітратів у питній воді слід вважати неконтрольований антропогенний вплив на природне довкілля, зокрема, стихійні сміттєзвалища, побутові та промислові стоки, забруднення ПАР. У групі ризику перебуває населення сільських місцевостей та діти віком до 3-х років (Вадзюк і Федорців, 2007).

За даними Центру медичної статистики МОЗ України (<http://medstat.gov.ua/ukr/statdan.htm>) поширеність залізодефіцитної анемії

(ЗДА) серед населення України фіксувалась на рівні – 1457,7 (2013 р.) та 1372,8 (2014 р.). Ґрунти на території Житомирської області характеризуються відносно високим вмістом заліза (в середньому показник вище 4,65 мг/кг), однак рівень захворюваності населення на ЗДА досить високий. Зокрема, в 2008 р. в області було зафіксовано 1393,5 випадків ЗДА, причому мінімальні показники відмічались у Лугинському районі (264,4), а максимальні у Червоноармійському (2518,6) (Рис. 8).

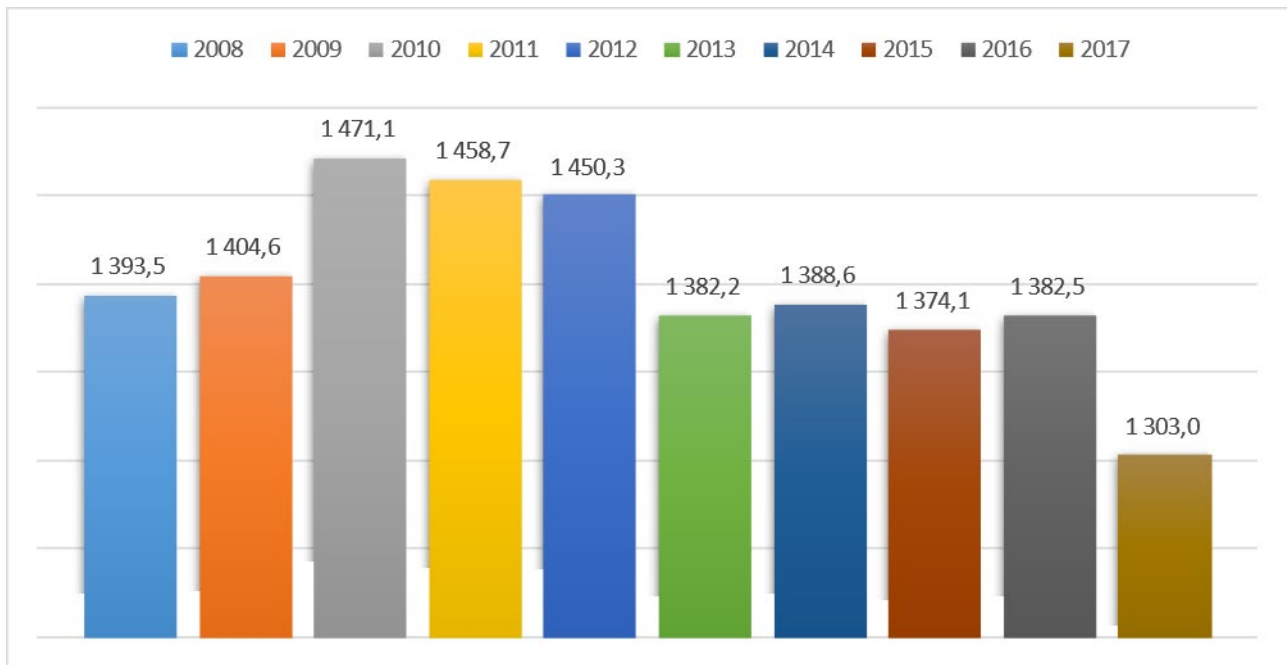


Рис. 8. Динаміка зміни зареєстрованих випадків захворюваності на ЗДА (всього на 100 тис. населення) у 2008-2017 рр. у Житомирській області

Результати моніторингу протягом 2008-2017 рр. свідчать про незначне зменшення кількості зафіксованих випадків захворювання на ЗДА в області та збільшення площі поширення паталогії: так у 2017 р.

середній показник по області становив 1303, мінімальний у Володар-Волинському (323,7), максимальний у Коростишівському (2483,1) районах (Рис. 9).

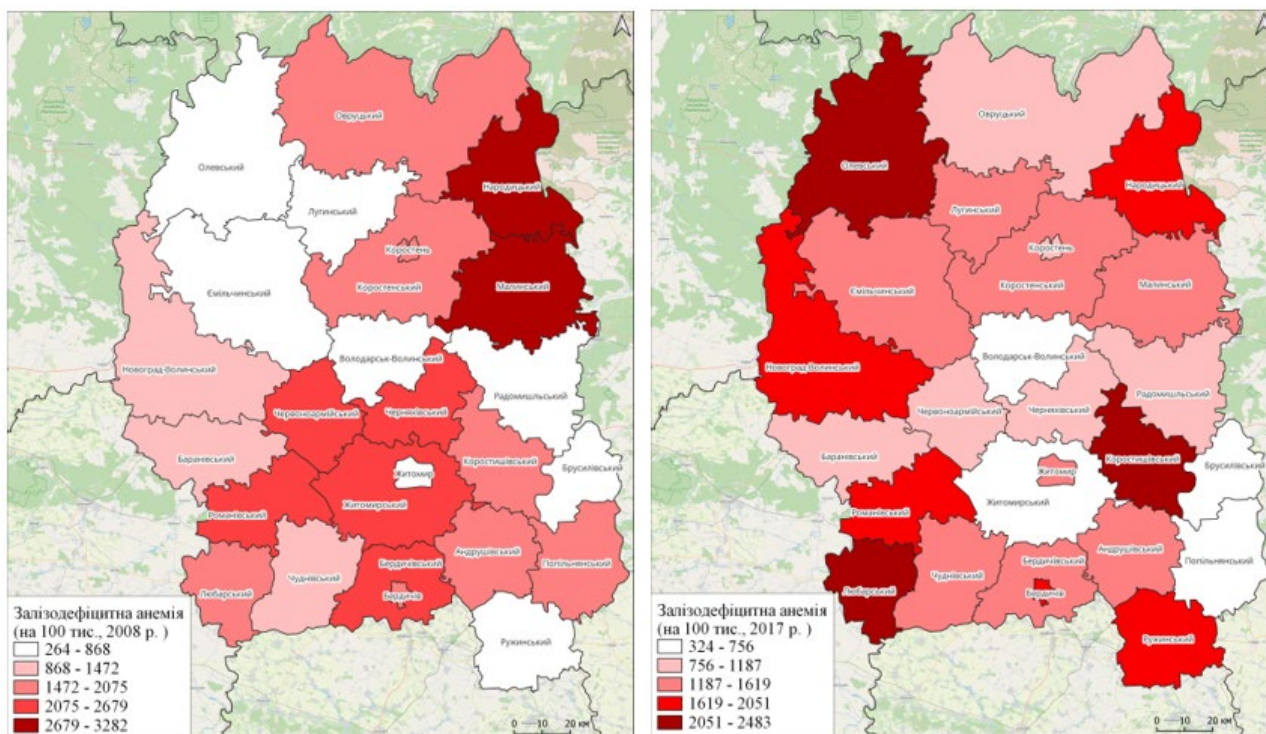


Рис. 9. Рівень захворюваності на залізодефіцитну анемію по районах Житомирської області у 2008 та 2017 роках

Обговорення.

Відомо, що ендемічний флюороз розвивається при надлишковому вмісті у воді та ґрунті рухомих сполук фтору (фторидів). У природі фториди широко розповсюджені, можуть надходити в живі організми багатьма шляхами, але для людини основним шляхом є надходження через питну воду. Гранично допустима концентрація (ГДК) фторидів у воді для різних регіонів України знаходиться в межах 0,7 мг/л - 1,5 мг/л. Зокрема, для південних областей, що характеризуються теплішим кліматом (Одеська, Миколаївська, Херсонська) та для Закарпаття – норма фторидів у воді становить 0,7 мг/л. Для центральних та північних областей України, яким характерні помірні кліматичні умови, цей показник визначається в межах 1,2-1,5 мг/л. Із фізіологічної точки зору така амплітуда ГДК для фторидів пояснюється більшим споживанням питної води населенням в умовах високої температури повітря. Наявність сполук фтору в оточуючому середовищі знаходиться у прямому взаємозв'язку з

екологічними і соціально-економічними проблемами. Наразі в Україні для водопостачання населення питною водою часто використовують води з некондиційним вмістом фторидів. До природних шляхів потрапляння фторидів у воду таких як: розчинення мінералів (гранітні і гнейсові породи, плавиковий шпат, кріоліт, апатити, слюда), просочування морської води; додається антропогенний вплив, а саме фторування питної води, потрапляння в стічні промислові води сполук фтору (при виробництві добрив), використання фторидів у різних галузях господарства тощо. Для фторування питної води на водоочисних спорудах та для продажу в пляшках, використовують такі речовини: фторид натрію NaF , гексафторкремнієву кислоту (H_2SiF_6) , фторсилікат натрію $(\text{Na}_2\text{SiF}_6)$.

Накопичення фторидів в організмі людини з часом призводить до прискорення темпів старіння, збільшення частоти апоптозів клітин, нервових розладів, поступового руйнування кісткової тканини,

порушення кальцієво-фосфорного обміну, функціонування щитовидної залози і нирок, розвитку ендемічного флюорозу. Ускладненням ендемічного флюорозу є ерозійні або деструктивні зміни зубної емалі, а також необоротні

ураження кісток скелету (Тригуб, 2013).

Згідно геохімічних та медичних досліджень територія України за вмістом фторидів у водних об'єктах поділяється на 4 зони (Рис. 10):



Рис. 10. Концентрація рухомих фторидів у водних об'єктах України (<https://ecosoft.ua/ua/blog/fluorine/> (дата звернення 15.03.2023)).

- зона з нульовим і низьким вмістом фторидів (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Волинська, Рівненська області);

- зона зі зниженим рівнем фторидів (Київська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області);

- зона з нормальним вмістом фторидів (Чернігівська, Луганська, Сумська, Харківська області);

- зона з підвищеним вмістом фторидів (Полтавська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Донецька області).

Ендемічний карієс – хвороба, що виникає у людей, які проживають на територіях зі зниженим вмістом фторидів. Хронічний гіпофтороз

призводить до загального погіршення стану здоров'я, можуть розвиватися такі ускладнення: як остеомієліт щелепних кісток, захворювання травної системи (гастрит, виразка шлунку, ентерити). При концентрації фторидів у питній воді менше, ніж 0,7 мг/л їх кількість, що потрапляє в організм, є недостатньою для синтезу фторапатитів, які входять до складу кристалічних ґраток гідрооксиапатитів (становлять близько 97% зубної емалі). В результаті зубна емаль стає рихлою і проникнішою для молочної кислоти та протеолітичних ферментів, що в свою чергу призводить до руйнування органічних речовин емалі та вимивання йонів кальцію. Таким чином, зниження міцності емалі

руйнування дентину зубів, за відсутності відповідного лікування, спричиняє розвиток різноманітних захворювань травної системи внаслідок порушення функції пережовування часточок їжі (Тригуб, 2013). Встановлено, що вразливішими до захворювання є люди, які перенесли важкі бактеріальні інфекції (туберкульоз) чи мають супутні захворювання (ревматизм, рахіт тощо).

Наразі слід зазначити, що за медико-санітарними даними критичної ситуації з гіпо- та гіперфторозом в Україні немає. Для підтримання екологічної безпеки населення в регіонах, де вміст фторидів у питній воді завищений, необхідно проводити заходи щодо дефторизації. Водночас на територіях зі зниженим вмістом фторидів, навпаки, слід фторувати воду, строго дотримуючись всіх технологічних та санітарних вимог. Однак, варто зауважити, що процеси фторування і

дефторування питної води є фінансово і енерговитратними, тому часто ними нехтують чи проводять епізодично, що і формує проблему поширення ендемічного флюорозу та карієсу.

Ендемічний зоб – стан щитовидної залози, що характеризується збільшенням її маси і розмірів, частіше без порушення її функції і виникає в йододефіцитних регіонах. Однак, захворювання щитоподібної залози можуть бути викликані різними факторами і мати різну етіологію. Сучасні соціально-економічні умови, хронічне техногенне навантаження на природні об'єкти, зміна якості харчових продуктів, недотримання великою кількістю населення харчової гігієни, припинення централізованої йодної профілактики є тими чинниками, що спричиняють збільшення частоти захворювання на ендемічний зоб поза межами йододефіцитних провінцій (Рис. 11).

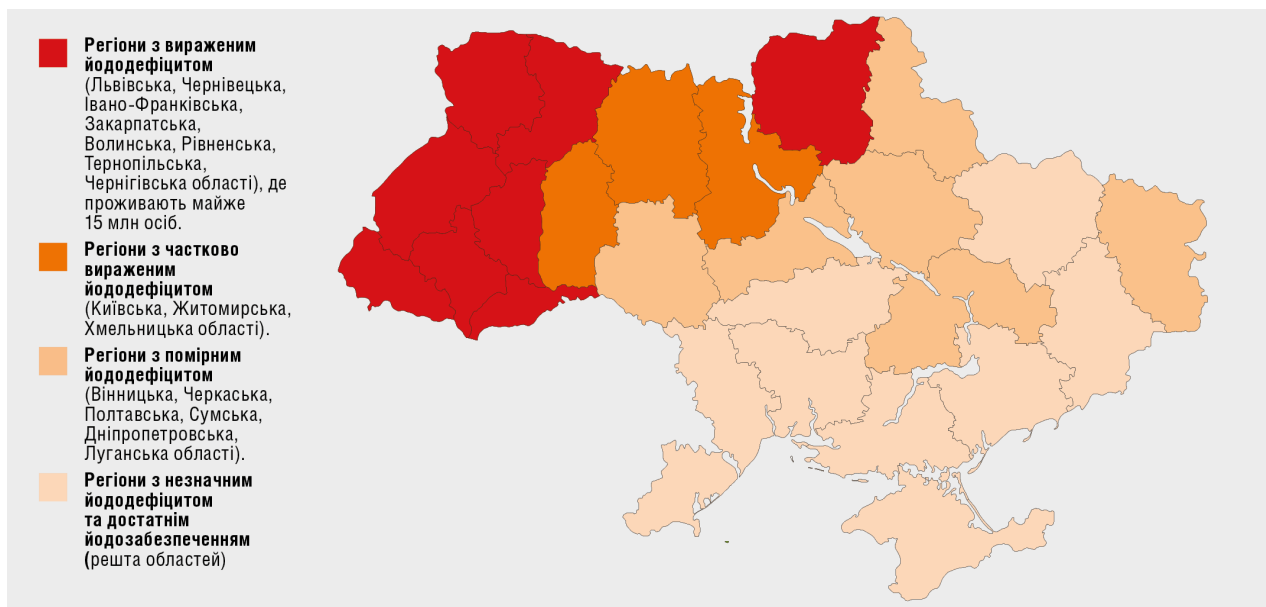


Рис. 11. Картограма йододефіциту на території України
(<https://forum.kozovod.com/t/geograf-ya-vipadk-v-jododef-czitu/46078>)

За даними ВООЗ, дефіцит йоду спричинює розвиток патологічних станів у людей різних вікових категорій і є причиною

найпоширеніших хвороб неінфекційного походження. Майже вся територія України характеризується різним ступенем

важкості дефіциту йоду, найбільш йододефіцитними є Волинська, Чернігівська, Рівненська, Львівська, Чернівецька, Івано-Франківська, Закарпатська і Тернопільська області. Результати численних медичних та геохімічних досліджень свідчать, що дефіцит йоду спостерігається у Донецькій, Сумській, Житомирській, Київській, Чернігівській, Луганській областях (Рис. 11), тобто поза межами геохімічних йододефіцитних зон. Суттєве значення у поширенні патологічних станів, спричинених недостатньою кількістю йоду і його сполук, мають наслідки Чорнобильської катастрофи. Окрім того інші зобогенні фактори (дефіцит цинку і селену, надлишок сполук сірки, фторидів та хлоридів) проявляють свій ефект саме на фоні йодного дефіциту.

Територію визначають як йододефіцитну, якщо в ґрунті вміст йодовмісних сполук менше 0,0001 %, у питній воді – менше 10 мкг/л, у повітрі менше 1 мг/м³, а зміна розмірів і маси залози фіксується у більше, ніж у 10 % населення. Шляхи надходження сполук йоду в організм людини: в процесі харчування з рослинною їжею близько 70 мкг, продуктами тваринного походження 40 мкг, з питною водою й атмосферним повітрям до 10 мкг. Норми споживання сполук йоду встановлені ВООЗ: дітям від 0 до 6 років – 90 мкг; дітям від 6 до 12 років – 120 мкг; підліткам (старші 12 років) та дорослим – 150 мкг; для вагітних жінок та в період лактації – 250 мкг.

Сполуки йоду необхідні для синтезу йодовмісних гормонів Т₃ та Т₄. Йодовмісні гормони щитовидної залози, здійснюють фізіологічний ефект на велику кількість реакцій обміну речовин та енергії в різних органах та системах. Зокрема, їх гіпер- чи гіпофункція призводить до порушення білкового, вуглеводного, ліпідного та водно-сольового обмінів, це в свою чергу призводить до розвитку структурних, функціональних та біохімічних змін в клітинах. Гіперплазія тканини щитовидної

залози, що є клінічним симптомом ендемічного зобу може мати дві групи ускладнень: гіпотиріоз та гіпертиріоз.

Серед представників населення біогеохімічних йододефіцитних регіонів у яких діагностовано ендемічний зоб, час від часу виявляють хворих зі зниженою функціональністю щитовидної залози (клінічні симптоми: зниження розумової та фізичної активності, загальмованість рефлексорних реакцій, брадикардія, зниження периферичної температури тіла, розлади в роботі шлунково-кишкового тракту), однак така симптоматика не досягає показників характерних для міксидеми. Також у хворих на ендемічний зоб можливі прояви початкового гіпертиріозу (нейронно-вегетативні порушення з вираженим дермографізмом, тахікардія, тремор, збільшення інтенсивності потовиділення, незначне підвищення периферичної температури тіла). У людей із діагнозом ендемічний зоб, як правило розвиваються супутні захворювання серця і судин. На територіях зі зниженим вмістом йоду в компонентах природного середовища спектр прояву клінічних симптомів йододефіциту має вікові особливості: в ембріональному періоді онтогенезу – це самоабортація, мертвонароджуваність, перинатальна смертність, структурні та фізіологічні вади розвитку у новонароджених та в період раннього дитинства – вроджений гіпотиреоз, ендемічний неврологічний кретинізм; у дітей та підлітків – це затримка фізичного і психічного розвитку, зростання патологічних структурних змін щитовидної залози (вузлова форма зобу), зниження імунітету, аутоімунний тиреоїдит, відставання у розумовому розвитку, у дорослих – клінічні ознаки гіпотиреозу, безпліддя (Бойчук, 2017).

Масовість поширення захворюваності на ендемічний зоб, окрім впливу на показники індивідуально та групового здоров'я, має і соціально-економічні наслідки. За

висновками UNICEF та ICCIDD, збільшення кількості хворих на ендемічний зоб, уповільнює темпи економічного розвитку України, оскільки зумовлює зниження числа здорових працездатних людей.

Шляхами вирішення цієї проблеми є підвищення ефективності вже існуючих державних і місцевих програм запобігання йодному дефіциту: запровадження централізованої профілактики йододефіциту: масової – йодування основних продуктів харчування широкого вжитку (хліб, питна вода, кухонна сіль); групової – регулярного вживання лікарських препаратів, що містять фіксовану фізіологічну дозу йоду для різних вікових груп; індивідуальну – споживання доступних продуктів із підвищеним вмістом йоду (морська риба, морепродукти, морські водорості, журавлина тощо). Також важливо здійснювати систематичний екологічний та медико-санітарний моніторинг біогеохімічних йододефіцитних регіонів. Велике значення для подолання проблеми дефіциту йоду має своєчасне і детальне інформування населення про проблему і профілактичні заходи запобігання йододефіциту у представників різних вікових груп.

Захворювання ендемічна водно-нітратна метгемоглобінемія виникає при вживанні питної води з високою концентрацією нітратів (понад 50 мг/дм³). Для території України визначені норми нітратів у водопровідній воді – менше 50,0 мг/дм³. Нітрогеновмісні мінеральні солі характеризуються високою розчинністю, легко вимиваються з мінералів та осадових порід, у великій кількості містяться у ґрунтових водах, таким чином нітратні солі це найпоширеніші забруднювачі природньої води та гідромереж України. Окрім того в організм людини нітрати потрапляють з рослинними продуктами харчування. ГДК нітратів для овочів і фруктів коливається в межах 60-7000 мг/кг, залежно від

здатності різних видів рослин та їх окремих органів акумулювати в собі нітрати. Для рослин вирощених на закритому ґрунті допускається найвищий вміст нітратів (до 7000 мг/кг). ГДК для йонів NO₃⁻ у кількості до 2000 мг/кг встановлена для сезонних листових овочів та зелені (салат, шпинат, кріп, щавель, петрушка, селера, огірки, салатна капуста). Для фруктів та ягід допускається найнижча концентрація нітратів – 60 мг/кг.

Більшу небезпеку, ніж нітрати, для здоров'я людини становлять солі нітритної кислоти, які крім екзогенного шляху надходження в організм (з питною водою та продуктами харчування) утворюються ендемічно, в результаті діяльності кишкової мікрофлори нітрати води та їжі відновлюються до більш шкідливих нітритів. Шкідливість і небезпечність нітритів полягає у їх високій спорідненості з гемоглобіном. Нітрити сприяють окисленню заліза в гемі з Fe²⁺ до Fe³⁺, сполука трьохвалентного заліза з киснем є стійкою, що робить неможливим дисоціацію оксигемоглобіну і в організмі розвивається гіпоксія тканин.

Нітрат та нітрит йони є потужними канцерогенами, про що свідчить токсична доза цих солей для дорослої людини у кількості не більше 5 мг на 1 кг маси тіла. Особливою віковою групою ризику розвитку ендемічної водно-нітратної метгемоглобінемії є діти першого року життя, що перебувають як на природньому, так і штучному вигодовуванні, токсична доза нітратів для них становить до 10 мг. Це пов'язано з неповноцінною активністю їх ферментних систем. Клінічними симптомами отруєння солями нітратної кислоти є зневоднення через порушення роботи шлунково-кишкового тракту, задишка, тахікардія, аритмія, судоми. Для дорослих людей наявність хронічних захворювань серцево-судинної системи, анемії, розладів дихання є

факторами, що збільшують ризик виникнення метгемоглобінемії та ускладнюють перебіг хвороби.

Випадки ендемічної водно-нітратної метгемоглобінемії протягом останніх 10 років найчастіше фіксуються у сільського населення Житомирської, Івано-Франківської, Київської та Харківської областей, що споживають воду зі свердловин та колодязів.

Ендемічна залізоалежна анемія є однією з форм дефіцитної анемії – патологічний стан організму, який розвивається у разі зниження інтенсивності синтезу гемоглобіну, що пов'язано з дефіцитом заліза в організмі людини в результаті порушення надходження, засвоєння або патологічних втрат заліза. Захворювання має аліментарний генезис, тобто зумовлений незбалансованим (недостатня кількість білків і мікроелементів, насамперед Fe) харчуванням (Біловол і Князькова, 2022). Нерідко анемія може спричинятися гельмінтозними інвазіями, зокрема, аскаридозом, здебільшого характерна для південно-східних областей України. Залізодефіцитна анемія, спричинена аскаридозом, небезпечна тим, що процес кровотворення блокується токсичними продуктами життєдіяльності аскарид. Майже у 20 % населення залізодефіцитних геохімічних провінцій (Полісся, Поділля) діагностують залізоалежну анемію чи латентний дефіцит заліза (Качинська і Монюк, 2016).

ГДК заліза в ґрунті у складі оксидів становить 0,04 мг/м³. В організмі здорової людини в середньому міститься 3-5 г заліза у йонному стані, 72,9% із них входять до складу гемоглобіну, 3,3% – міоглобіну та 16,4% знаходиться в депо у вигляді феритину (80%) і гемосидерину. Феритин може синтезуватися у всіх клітинах організму – специфічний

білок призначений для депонування заліза, виконує ферментативні функції детоксикації та регуляції метаболізму заліза.

Висновки.

Вперше досліджено динаміку, причини виникнення та поширення ендемічних хвороб людини в Україні, пов'язаних зі станом води та ґрунту навколишнього середовища, зумовлених антропогенним навантаженням на території.

Встановлено, що на території України найпоширенішими є наступні елементози: ендемічний карієс, ендемічний флюороз, ендемічний зоб, водно-нітратна метгемоглобінемія, динаміка поширення та трапляння, яких протягом досліджуваних років (2017-2021 рр.) зростала. Причинами розвитку даних захворювань є нестача або надлишок надходження відповідних елементів (фтор, йод, нітрати) в організм людини із продуктами харчування або питною водою, що зумовлено як проживанням у відповідних біогеохімічних провінціях, генетичною схильністю, наявністю супутніх хронічних захворювань, так і суттєвим погіршенням екологічної ситуації в Україні в цілому.

Аналіз отриманих статистичних даних щодо розповсюдження та частоти трапляння найпоширеніших у Житомирській області ендемічних хвороб (дифузний зоб I ст., дифузний зоб II-III ст., нетоксичний вузловий зоб та залізодефіцитна анемія) дозволяє відзначити тенденцію до зменшення зафіксованих звернень жителів області до медичних установ зі скаргами на симптоми зазначених вище патологічних станів. Однак відмічається позитивна динаміка (зростання кількості хворих) у деяких районах області, що може бути зумовлено певними екологічними, соціальними та економічними змінами.

Список використаних джерел

- Біловол О. М., Князькова І. І. До питання щодо залізодефіцитної анемії. 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://health-ua.com/article/70655-do-pitannya-shodo--zalzodeftcitno-anem> (дата звернення 19.03.2023).
- Бойчук Ю. Д. Загальна теорія здоров'я та здоров'я збереження: колективна монографія. Харків : Вид. Рожко С. Г., 2017. 488 с.
- Бойчук Ю. Д. Основи екології людини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. 546 с.
- Вадзюк С. Н., Федорців О. Є. Медико-екологічні проблеми в сучасних умовах. *Збалансований розвиток країни – шлях до здоров'я і добробуту нації: матеріали Українського екологічного конгресу*. 2007. С. 41–44.
- Географія випадків йододефіциту [Електронний ресурс]. URL: <https://forum.kozovod.com/t/geograf-ya-vipadk-v-jododef-czitu/46078> (дата звернення 16.03.2023).
- Качинська Т., Монюк Л. Фізіологія людини і тварин. 2016. 12. С. 171–176.
- Коцур Н. І. Екологічні ризики і здоров'я людини: сучасні проблеми та шляхи розв'язання. *Молодий вчений*. 2016. № 9. С. 91–94.
- Крижанівська А. Є., Савчук Л. Я. Навколишнє середовище – визначальний чинник здоров'я населення екологічно-кризових районів. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2014. №1. С. 36–42.
- Крюченко Н. О., Папарига П. С., Осадчук Ю. К. Біогеохімічні провінції Закарпаття. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2009. №1(9). С. 53–55.
- Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) від 12.05.2010 № 400: Наказ Міністерства охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення 15.03.2023).
- Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення 15.03.2023).
- Тригуб В. І. Фізіологічна роль фтору: медико-географічні аспекти (огляд літератури). *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. Одеса. 2013. Т. 18. Вип. 2 (18). С. 93–99.
- Фтор у воді [Електронний ресурс]. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/fluorine/> (дата звернення 15.03.2023).

References (translated & transliterated)

- Bilovol, O. M. & Knyazkova, I. I. (2022). Do pytannya shchodo zalzodefitsytynoyi anemiyi [To the question of iron deficiency anemia]. [Electronic resource] URL: <https://health-ua.com/article/70655-do-pitannya-shodo--zalzodeftcitno-anemr> (Access date 19.03.2023) [in Ukrainian].
- Boychuk, Yu D. (2017). Zahal'na teoriya zdorov'ya ta zdorov'yazberezhennya [The general theory of health and health care]. Kharkiv: Ed. S.G. Rozhko. 488 [in Ukrainian].
- Boychuk, Yu. D. (2007). Osnovy ekolohiyi lyudyny [Basics of human ecology]. Kharkiv: KhNU named after V. N. Karazina. 546 [in Ukrainian].
- Vadzyuk, S. N. & Fedortsiv, O. E. (2007). Medyko-ekolohichni problemy v suchasnykh umovakh [Medical and ecological problems in modern conditions]. *Zbalansovanyy rozvytok krayiny – shlyakh do zdorov'ya i dobrobutu natsiyi: materialy Ukrayins'koho ekolohichnoho konhresu* [Balanced development of the country is the way to the health and well-being of the nation: materials of the Ukrainian Environmental Congress], 41–44 [in Ukrainian].

Heohrafiya vypadkiv yododefitsytu [Geography of cases of iodine deficiency]. [Electronic resource] URL: <https://forum.kozovod.com/t/geograf-ya-vipadk-v-jododef-czitu/46078> (Access date 16.03.2023) [in Ukrainian].

Kachynska, T. & Monyuk, L. (2016). Fiziolojiya lyudyny i tvaryn [Human and animal physiology], 12, 171–176 [in Ukrainian].

Kotsur, N. I. (2016). Ekolohichni ryzyky i zdorov'ya lyudyny: suchasni problemy ta shlyakhy rozv'yazannya [Environmental risks and human health: modern problems and solutions]. *Molodyy vchenyy* [A young scientist], 9, 91–94 [in Ukrainian].

Kryzhanivska, A. E. & Savchuk, L. Ya. (2014). Navkolyshnye seredovyshche – vyznachal'nyy chynnyk zdorov'ya naselennya ekolohichno-kryzovykh rayoniv [The environment is a determining factor in the health of the population of ecologically crisis areas]. *Naukovyy visnyk Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu* [Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas], 1, 36–42 [in Ukrainian].

Kryuchenko, N. O. & Paparyga, P. S. & Osadchuk, Yu. K. (2009). Bioheokhimichni provintsiyi Zakarpattya [Biogeochemical provinces of Transcarpathia]. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiya* [Research and environmental geochemistry], 1(9), 53–55 [in Ukrainian].

Pro zatverdzhennya Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoï dlya spozhyvannya lyudynoyu» (DSanPiN 2.2.4-171-10) vid 12.05.2010 № 400: Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ya Ukrayiny [On the approval of State sanitary standards and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (DSanPiN 2.2.4-171-10) dated 05/12/2010 No. 400: Order of the Ministry of Health of Ukraine]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (Access date 15.03.2023) [in Ukrainian].

Pro okhoronu navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyshcha: Zakon Ukrayiny vid 25.06.1991 № 1264-XII [On environmental protection: Law of Ukraine dated 06.25.1991 No. 1264-XII]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (Access date 15.03.2023) [in Ukrainian].

Trigub, V. I. (2013). Fiziolohichna rol' ftoru: medyko-heohrafichni aspekty (ohlyad literatury) [Physiological role of fluoride: medical and geographical aspects (literature review)]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Heohrafichni ta heolohichni nauky* [Bulletin of Odessa National University. Series: Geographical and geological sciences], 18, 2 (18), 93–99 [in Ukrainian].

Ftor u vodi [Fluoride in water]. [Electronic resource] URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/fluorine/> (Access date 15.03.2023) [in Ukrainian].

Отримано: 28 квітня 2023
Прийнято: 19 травня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 591.127:591.424:599.723.2
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.59-75

ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАКРО-ТА МІКРОМОРФОЛОГІЇ ЛЕГЕНЬ СТАТЕВОЗРІЛОГО КОНЯ (EQUUS FERUSCABALLUS L., 1758)

А. П. Горальський¹, І. М. Сокульський², Р. К. Романюк³, Н. А. Колеснік⁴

Екологічна ситуація, що стрімко змінюється, передбачає наявність високого рівня адаптаційних можливостей організму тварин до реалій довкілля. В умовах ведення тваринництва це можливо лише за регулярного контролю морфологічного стану органів і систем тварин, особливо дихальної, на яку активно впливають особливості утримання, атмосферне повітря, годівля, а також лікувально-профілактичні заходи, що проводяться. Отже, функціонування легень як відкритої морфофункціональної системи безпосередньо залежить від характеру їхньої динамічної взаємодії зі складним комплексом фізико-хімічних факторів навколишнього середовища. У зв'язку з цим є очевидна необхідність детального вивчення макро- та мікроморфології органів дихання, оскільки такі органи є системою, за допомогою якої організм «будує себе з умов навколишнього середовища». Також необхідно враховувати, що ця система займає одну з провідних позицій у забезпеченні оптимального рівня функціонування організму, оскільки від її роботи багато в чому залежить розвиток тварини, обмінні процеси, а також стан її здоров'я. Встановлення макро- та мікроморфологічних особливостей органів дихання є фундаментом під час проведення профілактичних і лікувальних заходів. Дихальна система забезпечує надходження Оксигену в організм та виведення з нього вуглекислого газу, газообмін між кров'ю та повітрям.

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

² кандидат ветеринарних наук, доцент,
завідувач кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: sokulski_1979@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6237-0328

³ доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук, професор,
професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: melnychenko.ruslana@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6306-7427

⁴ 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

Наукова стаття присвячена дослідженню макро- та мікроморфологічних особливостей легень статевозрілого коня – *Equus Feruscaballus* L., 1758. За допомогою анатомічного препарування, використання макроскопічних, гістологічних, морфометричних та статистичних методів, досліджено морфологію легень та їх анатомічний тип. В результаті досліджень встановлено часткову будову легень, визначено їхню топографію, форму, розміри, галуження бронхів бронхіального дерева, здійснено органометрію (абсолютна та відносна маси легень), проведено морфометричну оцінку морфологічних структур, визначено коефіцієнт асиметрії тощо.

За результатами морфологічних досліджень виявлено характерні морфологічні особливості макро- та мікроскопічної структури легень статевозрілого коня відповідно до класу, віку та виду тварин. Виявлено наявність індивідуальних морфологічних особливостей у часточковій будові легень коней. Зокрема, у лівій легені є лише дві частки (краніальна та каудальна), у правій легені – три частки (краніальна, каудальна та додаткова). Альвеолярне дерево легень коней укороченого типу, широке та має пухирчасту будову.

Проведені дослідження певною мірою розширюють і доповнюють відомості про видові, породні та морфологічні особливості анатомічної і гістологічної будови легень у свійських тварин та мають важливе значення для оцінки клініко-морфологічного стану тварин у нормі та для виявлення патогенезу хвороб тварин, пов'язаних з органами дихання.

Ключові слова: анатомія легень, гістологічна структура, морфологія, легеневе дихання, грудна порожнина, альвеолярне дерево, паренхіма легень, респіраторна частина.

GENERAL REGULATIONS OF MACRO-AND MICROMORPHOLOGY OF THE LUNGS OF A MATURE HORSE (*EQUUS FERUSCABALLUS* L., 1758)

L. P. Horalskyi, I. M. Sokulskiy, R. K. Romaniuk, N. L. Kolesnik

The rapidly changing ecological situation implies a high level of adaptation capabilities of the animal organism to the realities of the environment. In the conditions of animal husbandry, this is possible only with regular monitoring of the morphological state of organs and systems, especially the respiratory system, which is actively influenced by the features of housing, atmospheric air, feeding, as well as the medical and preventive measures that are carried out. Therefore, the functioning of the lungs as an open morphofunctional system directly depends on the nature of their dynamic interaction with a complex complex of physical and chemical environmental factors. In this regard, there is an obvious need for a detailed study of the macro- and micromorphology of the respiratory organs, since such organs are a system by which the body "builds itself from environmental conditions". It is also necessary to take into account that this system occupies one of the leading positions in ensuring the optimal level of functioning of the body, since the animal's development, metabolic processes, and its state of health largely depend on its work. Establishing the macro- and micromorphological features of the respiratory system is the foundation for preventive and therapeutic measures. The respiratory system ensures the intake of oxygen into the body and the excretion of carbon dioxide from it, and the gas exchange between blood and air.

The scientific article is devoted to the study of the macro- and micromorphological features of the lungs of a sexually mature horse - *Equus Feruscaballus* L., 1758. With the help of anatomical preparation and macroscopic, histological, morphometric and statistical methods of research, the morphology of the lungs was investigated and their belonging to a certain anatomical type was determined. As a result of the research, the partial structure of the lungs was determined, their topography, shape, dimensions, branching of the bronchi of the bronchial tree, results of organometry (absolute and relative lung mass), morphometric assessment of their morphological structures, asymmetry coefficient, etc. were determined.

According to the results of morphological studies, the characteristic morphological features of the macro- and microscopic structure of the lungs of a mature horse were revealed according to the class, age and species of animals. The presence of individual morphological features in the lobular structure of the lungs of horses was revealed. In particular, there are only two lobes in the left lung (cranial and caudal), and three lobes in the right lung (cranial, caudal and additional). The alveolar tree of the lungs of horses is shortened, wide and has a vesicular structure.

The conducted research to a certain extent expands and supplements information about the species, breed and morphological features of the anatomical and histological structure of the lungs in domestic animals and is important for assessing the clinical and morphological state of animals in normal conditions and for identifying the pathogenesis of animal diseases related to the respiratory organs.

Keywords: lung anatomy, histological structure, morphology, pulmonary respiration, chest cavity, alveolar tree, lung parenchyma, respiratory part.

Вступ.

В останні роки серед захворювань тварин різноманітної етіології спостерігається суттєве збільшення кількості захворювань органів дихальної системи (Sumner & Rozanski, 2013; Заморська та ін., 2021). Не викликає сумніву, що ефективне лікування даних патологій неможливе без знання породних та видових особливостей порівняльної і клінічної гістології та анатомії органів дихальної системи, морфофункціональні параметри яких слід враховувати при проведенні діагностичних та профілактичних заходів з метою попередження захворювань тварин, а також при наданні їм лікувальної допомоги (Weese et al., 2019; Mendonça et al., 2022). При плануванні досліджень органів дихання необхідно враховувати топографо-анатомічні видові особливості легень у свійських тварин, структурно-функціональні особливості мікроскопічної будови органів.

Слід зазначити, що морфологічні дослідження успішно поєднують результати суміжних споріднених наук, зокрема: анатомії тварин, цитології, гістології, ембріології, фізіології тощо. Це дозволяє вивчати будову організму тварини і людини на макро- та мікроскопічному рівні, розглядаючи його як об'єкт спадковості, що змінюється під впливом різноманітних чинників навколишнього середовища (Дзевульська і Маліков, 2021; Горальський та ін., 2021). Тому дослідження динаміки морфогенезу різних органів та їх систем за дії різних чинників довкілля, дослідження у нормі та при патології, представляє науковий інтерес для морфологічних

досліджень. При цьому для правильної інтерпретації результатів наукових досліджень макро- та мікроскопічної будови органів, важливо знати особливості їх будови у порівняльному аспекті (Коптев, 2011).

Дихальна система тварин та людей є відкритою до зовнішніх впливів, зокрема, впливу складного комплексу факторів довкілля (Федів та ін., 2021). Серед них найбільш універсальними є природні фізичні чинники, роль яких пов'язана з формуванням здоров'я тварин і, зокрема, з підтримкою гомеостазу дихальної системи. Органи дихання в організмі тварин та людини виконують надзвичайно важливі функції, основною із яких є респіраторна, тобто, легеневе дихання (Прокушенкова, 2009; Patwa & Shah, 2015). Одна із особливостей коней, як швидко бігаючих тварин, є високий рівень обміну речовин, для якого необхідна велика кількість кисню. Це забезпечується за рахунок збільшення дихальної поверхні легень.

На думку багатьох науковців (Meyer et al., 1998; Moyron-Quiroz et al., 2004; Corbett & Kraehenbuhl, 2004), легені належать до імунокомпетентних органів. При цьому провідне значення у патогенезі багатьох захворювань дихальної системи, у захисті легень від пошкоджень має система мононуклеарних фагоцитів легеневого відділу (Brogden et al., 2003; Hiemstra et al., 2016). Резистентність легеневої тканини до інфекцій, екзогенних та ендогенних токсинів напряму залежить від стану її клітинного компоненту, мобілізаційної здатності, функціональних резервів (Островський, 2004; Wright, 2004).

Незважаючи на профілактичні заходи у тваринництві, останнім часом відзначається тенденція збільшення патологій органів дихання, серед яких трапляється і захворювання легень. Сучасна діагностика, оперативне лікування та профілактика цих захворювань неможливі без знання особливостей видової анатомії, топографії та гістологічної структури даних органів у видовому аспекті, що послужило метою і завданням наших досліджень.

Матеріал і методи.

Об'єктом дослідження були легені (n=5) статевозрілих коней. Процес морфологічного дослідження виконувались відповідно до основних етичних принципів у сфері біоетики (Wright, 2004; Мішалов та ін., 2007; Європейська ..., 1987; Закон ..., 2013).

У роботі використовували макро- та мікроскопічні, морфометричні та статистичні методи досліджень.

Анатомічному препаруванню піддавали свіжі легені досліджуваних тварин. Після розтину визначали форму легень, їх розташування у грудній порожнині, розміри, коефіцієнт асиметрії за масою тощо.

При здійсненні гістологічних досліджень застосовували загальноприйняті методики фіксації, виготовлення гістозрізів і мікропрепаратів. Фрагменти часток легень тварини фіксували у охолоджену розчині нейтрального формаліну (концентрація 12 %) впродовж 48 год. Після цього здійснювали промивання матеріалу проточною водою, зневоднення у спиртах зростаючої концентрації та заливку його у парафін за загальноприйнятими схемами, описаними у літературі (Горальський та ін., 2019). Парафінові зрізи товщиною не більше 10–12 мкм виготовляли на санному мікромомі МС-2.

Для дослідження мікоморфології структурних компонентів легеневої тканини (клітин і тканин), гістозрізи після їх депарафінації фарбували гематоксилином та еозином.

Зафарбовані гістозрізи використовували для отримання мікропрепаратів, здійснення промірів. Гістологічну структуру легень досліджували на гістологічних зрізах, де за допомогою мікроскопа та програмного забезпечення, проводили гістометричні дослідження структурних елементів легеневої тканин: визначення респіраторної частини та сполучнотканинної основи легень (на одиниці площі, рівній 5,0 мм²), середнього об'єму альвеол. Фотографування гістологічних зрізів здійснювали відеокамерою, вмонтованою у мікроскоп із системою виводу зображення на екран монітору комп'ютера.

Анатомічні та гістологічні терміни структурних частин легень подано згідно з Міжнародною ветеринарною гістологічною номенклатурою (Термінологічний словник, 2019; Хомич та ін., 2019) та Міжнародною ветеринарною анатомічною номенклатурою (2005) (Хомич та ін., 2005).

Математичну обробку результатів здійснено з використанням програмного забезпечення Statistica 7. Вірогідність отриманих результатів визначали за Ст'юdentом із урахуванням критеріїв значимості (достовірною вважали різницю між величинами при $p \leq 0,05; 0,01; 0,001$).

Результати.

З анатомічної точки зору дихальна система свійських тварин є сукупністю органів, що виконують повітропровідну та газообмінну функції. Подібно до всіх ссавців, у коня органами, в яких відбувається газообмін, є парні легені. У статевозрілого коня, як і в інших свійських тварин, легені у природному стані разом із серцем та іншими органами грудної порожнини (грудною частиною тимусу, лімфатичними вузлами, судинами, стравоходом тощо) в цілому за своєю будовою та формою відображають форму грудної порожнини. Легені мають блідо-рожевий колір та, згідно

морфотопографії відносно тіла тварин, поділяються на ліву і праву. На легенях чітко диференціюються дорсальний та вентральний краї: дорсальний край тупий та прилягає до хребта; вентральний – гострий та направлений вентрально. На легенях чітко вирізняються дві поверхні: латеральна (реберна) поверхня, яка прилягає до ребер та діафрагмальна поверхня, яка прилягає до діафрагми і направлена каудально. Між краніальною та каудальною частками правої і лівої легені знаходяться міжчасточкові поверхні, а між правою і лівою легенею – середостінні поверхні, які прилягають до середостіння з медіальної сторони у кожній легені. На цій же поверхні є втиснення від аорти, стравоходу та порожньої вени. На медіальній поверхні кожної легені є ворота, куди у легені входять головний бронх, легенева артерія, нерви та виходить легенева вена. Саме ці морфологічні структури (головний бронх, легенева артерія, легенева вена та нерви) формують коріння легень.

Легені у свійських тварин мають поділ на частки: краніальну, середню та найбільшу каудальну. При цьому права легеня має ще і додаткову частку (Brainerd, & Owerkowicz, 2006; Vladojević, 2018). Характерною особливістю легень у коней, за результатами наших досліджень, є те, що міжчасточкова серцева вирізка поділяє праву та ліву легені лише на дві частки – каудальну (велику) та краніальну (значно меншу), які розділені між собою. На правій легені коня з медіальної сторони є ще додаткова частка.

За морфологічними даними, абсолютна маса легень статевозрілих коней становить $3318,1 \pm 364,4$ г, відносна маса – $0,60 \pm 0,052$ %. Абсолютна маса лівої легені у цих тварин становить $1506,2 \pm 60,48$ г, а правої – $1811,9 \pm 72,92$ г; коефіцієнт асиметрії лівої легені до правої дорівнює 1: 1,2. За результатами органометрії, загальна довжина легень у статевозрілих коней дорівнює

$61,5 \pm 6,32$ см, ширина – $48,44 \pm 4,14$, товщина – $9,6 \pm 1,1$ см. Відповідно, такі ж показники правої легені становлять $61,84 \pm 6,39$; $23,9 \pm 1,42$ та $9,64 \pm 1,48$ см, лівої легені – $60,35 \pm 6,96$; $23,51 \pm 1,44$ та $9,1 \pm 1,37$ см. При тім, індекс розвитку легенів у коней дорівнює $127 \pm 2,74$, тому такі легені відносяться до помірно-видовженого типу.

При дослідженні морфологічних показників часток легень у коней встановлено, що абсолютна маса краніальної частки лівої легені становить $197,43 \pm 19,24$ г, такий показник у правій легені дорівнює $214,02 \pm 24,04$ г відповідно. Відносна маса краніальної частки до абсолютної маси обох легень становить у лівої легені $5,95 \pm 0,51$ % та $6,45 \pm 0,62$ % у правої легені відповідно. Каудальні частки легень мають найбільшу абсолютну масу. У лівій легені такий показник становить $1308,66 \pm 98,75$ г, у правій – $1423,8 \pm 102,71$ г. Відносна маса каудальної частки лівої легені до обох легень становить в середньому $39,44 \pm 3,57$ %, у правій легені такий показник – $42,91 \pm 4,06$ %. Найменшою є абсолютна маса додаткової частки правої легені, яка у коней $174,2 \pm 16,02$ г. Відповідно, відносна маса додаткової частки правої легені до абсолютної маси легень дорівнює $5,25 \pm 0,68$ %.

Бронхіальне дерево легенів коней сформоване розгалуженнями бронхів різного калібру, а розгалуження гістологічних структур респіраторного відділу формують альвеолярне дерево.

Топографічне галуження бронхів бронхіального дерева легень у коней відбувається за магістральним типом. У кожній легені головні бронхи, в основі тупих їх країв, поділяються на великі, потім на середні, малі, термінальні бронхіоли, формуючи бронхіальне дерево. На початковому етапі формування бронхіального дерева трахея коней формує досить велику біфуркацію, де галузиться на два головних бронхи, які відразу у кожній легені формують власну біфуркацію та поділяються на два

великих бронхи – краніальний та каудальний.

При дослідженні головного бронху відмічено, що він прямує у краніальну частку і згодом поділяється на дві гілки, які розгалужуються, дають початок сегментарним бронхам різного розміру. Головні бронхи, які прямують у каудальні частки легень, у паренхімі кожної легені галузяться на чотири дорсальних та чотири вентральних гілки. Найменші за розміром внутрішньочасточкові бронхи

галузяться у легеневі часточки, де поділяються на термінальні бронхіоли, які, в свою чергу, діляться на респіраторні бронхіоли, альвеолярні ходи, а потім – на альвеолярні мішечки, формуючи альвеолярне дерево.

Мікроскопічне дослідження легень коня показало, що вони утворені розгалуженнями бронхів, строною легень та розгалуженнями респіраторного відділу легень, які формують альвеолярне дерево (рис. 1).

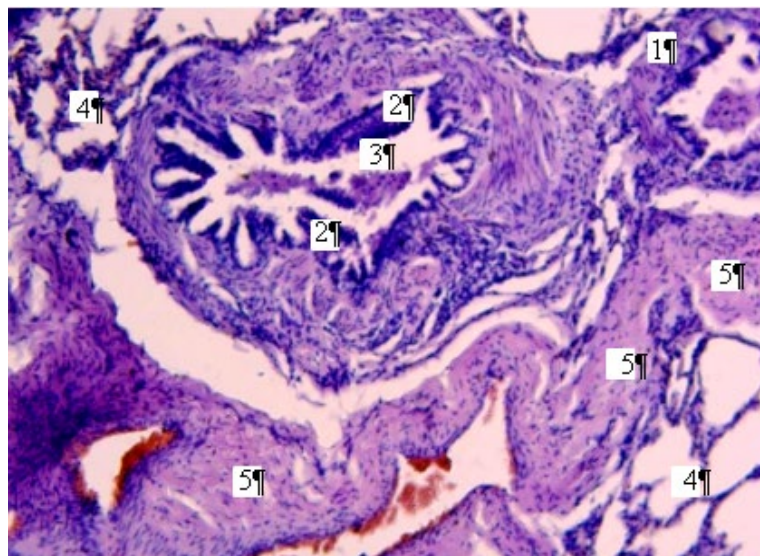


Рис. 1. Фрагмент гістологічної будови легень статевозрілого коня, х 280:
1 – респіраторна частина; 2 – малий бронх; 3 – просвіт бронха; 4 – альвеоли; 5 – сполучнотканинна строма (гематоксилін та еозин).

Основою легень коней є частки пірамідальної або конусоподібної форми, які формують строми легень. Структурною частиною часток є

ацинуси, покриті тонким шаром сполучної тканини і сформовані альвеолярними ходами, альвеолярними мішечками та альвеолами (рис. 2).

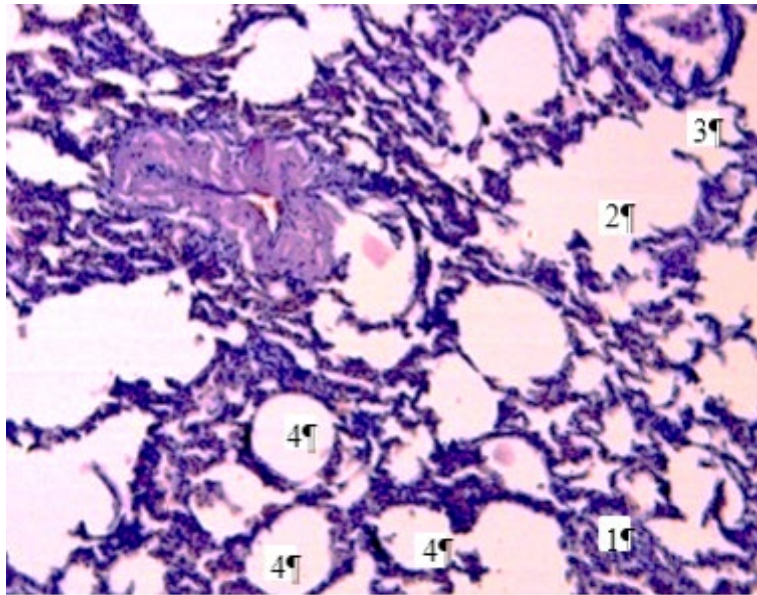


Рис. 2. Фрагмент мікроскопічної будови легень статевозрілого коня, х 280:
1 – респіраторна частина; 2 – альвеолярний хід; 3 – альвеолярний мішечок; 4 – альвеоли (гематоксилін та еозин).

За даними наших морфологічних досліджень, у клінічно здорових коней середній об'єм легневих альвеол становить $699,8 \pm 106,42$ тис. мкм³. У коней респіраторна (дыхальна) частина

легень переважає. Вона складає $54,8 \pm 7,4$ % від загальної площі паренхіми легень, а сполучнотканинна основа – $45,2 \pm 7,4$ % (рис. 3).



Рис. 3. Гістометричні показники легень статевозрілих коней

Бронхи у своєму складі мають три оболонки: слизову, фіброзно-хрящову та адвентиційну. Головні бронхи легень, порівняно із середніми та малими бронхами, мають найбільший

діаметр, їх оболонки чітко виражені та морфологічно подібні до трахеї.

Слизова оболонка головних бронхів представлена епітеліальною, власною, м'язовою пластинками та підслизовою основою (рис. 4).

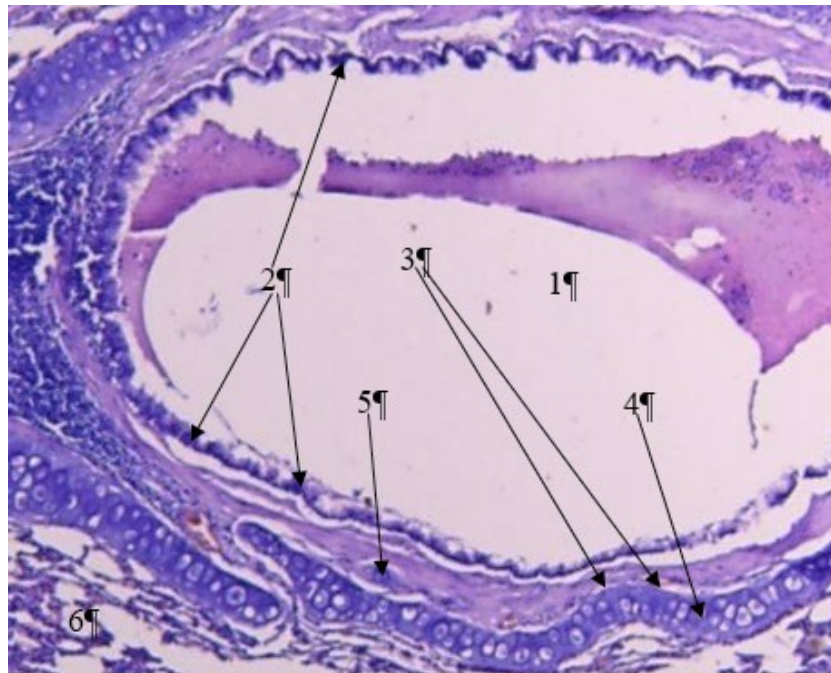


Рис. 4. Фрагмент мікроскопічної будови головного бронха легень коня, х 280:
1 – просвіт бронха; 2 – епітеліальна пластинка; 3 – м'язова пластинка; 4 – фіброзно-хрящова оболонка; 5 – лімфоїдна тканина; 6 – альвеоли (гематоксилін та еозин).

Епітеліальна пластинка сформована одношаровим багаторядним миготливим епітелієм, епітеліоцити якого знаходяться на її базальній мембрані. У слизовій оболонці власної пластинки, яка утворена переважно пухкою волокнистою сполучною тканиною, міститься скупчення лімфоїдної тканини. М'язову пластинку слизової оболонки головних бронхів утворюють пучки міоцитів, які формують циркулярний та поздовжній шари, завдяки чому м'язова пластинка не формує внутрішніх складок, які є у малих, середніх та великих бронхах. Підслизова основа головних бронхів утворена пухкою сполучною тканиною, яка містить кінцеві відділи бронхіальних залоз і колагенові волокна. У коня, порівняно із іншими видами дослідних нами тварин, бронхіальні залози містяться у незначній кількості.

Мікроскопічна будова фіброзно-хрящової оболонки головних бронхів має певні особливості – їх хрящова тканина є суцільною, у вигляді кілець,

по усьому периметру фіброзно-хрящової оболонки (див. рис. 4).

Гістологічна структура великих бронхів має подібну будову до такої у головних бронхів. Проте кільця хрящів фіброзно-хрящової оболонки не мають суцільної будови, а сформовані окремими великими хрящовими пластинками. У середніх бронхів фіброзно-хрящова оболонка містить лише окремі невеликі хрящові острівці, які утворені гіаліновим хрящем. У стінках малих бронхів хрящеві острівці відсутні.

Термінальні бронхіоли паренхіми легень утворені тоненькою стінкою, а її м'язова пластинка сформована сіткою гладких міоцитів, а не утворює складок, які є у великих, середніх та малих бронхів.

Мікроскопічна будова респіраторної частини легень коней представлена альвеолярним деревом і містить респіраторні бронхіоли, альвеолярні ходи, альвеолярні мішечки, у стінках яких знаходяться альвеоли. Такі тканинні утворення формують структурно-функціональну одиницю легень – легеневий ацинус.

Альвеоли легень мають різні розміри – малі, середні та великі.

За результатами наших досліджень, альвеолярне дерево легень коней має пухирчасту форму, широке та укорочене. Альвеолярні бронхіоли погано диференційовані, альвеолярні мішечки широкі зі згладженими альвеолами.

Обговорення.

Одним із найважливіших процесів, що забезпечує надходження в організм кисню та видалення з нього вуглекислого газу, є дихання (Johnson-Delaney & Orosz, 2011). Дослідження розвитку, морфології, гістології органів дихання є важливим і актуальним завданням, яке забезпечує вирішення нових проблем у вивченні морфофункціональної характеристики органів дихання у видовому аспекті (Прокушенкова, 2009). Легені, як складова дихального апарату, виконують в організмі важливі функції (Jackson A.C., et al., 1993; Majumdar et al., 2009; Autifi et al., 2015).

Насьогодні актуальними є дослідження фізіологічних параметрів органів дихання і, зокрема, легень (Blagojević, et al., 2018). Крім того, здійснення морфологічних досліджень органів дихання, дозволило виявити спірні питання, які потребують уточнення, зокрема, ті, що стосуються морфологічних особливостей легень у порівняльно-видовому аспекті у різних груп тварин (Ramchandani et al., 2003). Саме тому проведені нами дослідження дозволили детальніше з'ясувати взаємозв'язок структурних елементів легень на органному, тканинному та клітинному рівнях. Їх результати є важливими та актуальними, і як показники норми, і при з'ясуванні патогенезу захворювань різного походження, впливу на організм різноманітних чинників довкілля.

Типовий поділ легень на частки, за результатами літературних джерел, спостерігається не у всіх ссавців. У примітивних плацентарних тварин (більшості комахоїдних, багатьох

гризунів тощо) такий поділ не виявляється: права легень представлена неповним часточковим поділом (за кількістю часток) або нечітко вираженими вирізками часток, а ліва, як правило, на частки не ділиться (Ferner, 2017).

Крім того, зарубіжними морфологами виявлено, що легені різних видів тварин мають індивідуальні морфофункціональні особливості щодо їх часточкової будови (Ramchandani et al., 2000; Ramchandi et al., 2003). Так, у летючих мишей ліва легень взагалі не поділяється на частки, а у норки та соболя поділяється лише на дві частки – краніальну і каудальну (Maina et al., 1991). Інші дослідники вважають, що у ссавців часточкова будова легень не має видових особливостей і є закономірною (Duncker, 2004).

За результатами анатомічних досліджень у легнях свійських ссавців є сім часток: у лівій легені три частки (краніальна, серцева, каудальна); у правій легені – чотири (краніальна, серцева, каудальна та додаткова) (Ishaq, 1980; Hyde et al., 2009; Reczyska et al., 2018).

За результатами наших досліджень, розподіл легень у свійських ссавців на окремі частки є прямо залежним від самої структури грудної порожнини та особливостей утримання тварини, її індивідуальних фізіологічних ознак, і, відповідно, від фізіологічного навантаження на відповідний орган. Так, у лівій легені коней є лише дві частки (краніальна та каудальна), у правій легені три частки (краніальна, каудальна та додаткова). За результатами досліджень деяких науковців (Gehr & Erni 1980), каудальна частка легень у коней сформована злиттям краніальної та середньої частки в одну, і тому називається серцево-діафрагмальною. За нашими даними, така частка є каудальною (діафрагмальною), оскільки міжчасточкові вирізки між середньою та каудальною частками у правій та лівій легені відсутні, а їх

поверхня прилягає до діафрагми. Тому ми пропонуємо змінити назву серцево-діафрагмальної частки на діафрагмальну (або каудальну).

Важливим критерієм розвитку будь-якого органу є його абсолютна маса, що безпосередньо вказує на його морфофункціональну зрілість. Загальновідомо, що відносна маса легень прямо пропорційно залежить від абсолютної маси органа та загальної маси тіла тварин. Результати наших органометричних досліджень свідчать, що абсолютна маса легень статевозрілих коней $3318,1 \pm 364,4$ г. Проте, відносна маса легень у коней за нашими даними дорівнює $0,60 \pm 0,052$ %, що не співпадає з даними класичних навчальних підручників з анатомії свійських тварин, де стверджується, що цей показник становить 1,43 %.

У коней абсолютна маса лівої легені становить $1506,2 \pm 60,48$ г, а правої – $1811,9 \pm 72,92$ г. Абсолютна маса краніальної частки лівої легені становить $197,43 \pm 19,24$ г, а такий показник у правій легені становить $214,02 \pm 24,04$ г. Найбільшу абсолютну масу мають каудальні частки легень: у лівій легені цей показник становить $1308,66 \pm 98,75$ г, у правій – $1423,8 \pm 102,71$ г відповідно. Найменшою є абсолютна маса додаткової частки правої легені, яка у коней становить $174,2 \pm 16,02$ г.

За результатами наших досліджень, відносна маса краніальної частки лівої легені у коней в середньому становить $5,95 \pm 0,51$ %, відповідно цей показник для правої легені – $6,45 \pm 0,62$ %. Відносна маса каудальної частки у коней, лівої легені до абсолютної маси обох легень в середньому дорівнює $39,44 \pm 3,57$ %, у правій легені такий показник становить $42,91 \pm 4,06$ %. Відповідно, відносна маса додаткової частки правої легені до абсолютної маси легень, дорівнює $5,25 \pm 0,68$ %.

Альвеолярне дерево у коней укорочене та широке, пухирчастої форми.

Згідно результатів досліджень О. Прокушенкової (2009), спостерігається закономірна тенденція до збільшення абсолютної маси правої легені стосовно маси лівої легені у собак неонатального періоду. Це пояснюється морфологічними особливостями їх будови та топографії. За даними морфометрії, коефіцієнт асиметрії легень у добових цуценят максимальний і складає 1,60, а з віком тварин такий показник поступово зменшується, досягаючи 1,36 у 20-добових тварин. Такі особливості зумовлені становленням газообміну та інтенсивним ростом і розвитком органів апарату дихання, притаманним для всіх тварин у неонатальний період (Прокушенкова, 2009).

Зростання абсолютної маси правої легені щодо лівої, спостерігається і у статевозрілих ссавців (Keir S. & Page, 2008; Горальський et al., 2020). Так, права легеня є більшою за ліву, оскільки серце зміщене вліво. Тому, характерною ознакою будови легень ссавців, є виражена їх асиметрія, яка проявляється різною величиною, неоднозначною абсолютною масою правої та лівої легень, їх положенням та неоднозначною формою їх часток, залежно функціонального навантаження (Ramchandi et al., 2001; Chaturvedi & Lee, 2005; İlgun et al., 2014). При тім, співвідношення розмірів лівої легені до правої різниться залежно від виду тварини і становить: у коня 1,21 : 1, у собаки 1,32 : 1, у свині 1,35 : 1, у великої рогатої худоби 1,38 : 1.

Деякі науковці прояв асиметрії легень у свійських ссавців вважають генетичною ознакою, інші морфологи стверджують, що асиметрія легень обумовлена несиметричним положенням серця та інших органів у грудній порожнині, а також залежить від інтенсивності функції їх газообміну, відповідно процесі еволюційного розвитку тварин. Найбільш виражена асиметрія легень

серед ссавців притаманна малим гризунам (щури, морська свинка, хом'як), у яких ліва легеня не поділяється на частки, а права має чотири частки (Pantoja et al., 2020).

За результатами наших досліджень, коефіцієнт асиметрії лівої легені до правої у коней дорівнює 1:1,2 і це пов'язано зі зміщенням серця та аорти у ліву половину грудної порожнини. Такі дані співпадають з результатами інших науковців, які вказують, що об'єм лівої легені у ссавців, порівняно з правою, зменшується за рахунок серця на дві третини у ліву сторону (Brainerd & Owerkowicz, 2006).

Висновки.

Вивчення видових морфологічних особливостей будови морфології легень у свійських тварин має важливе значення для виявлення патогенезу, оцінки клініко-морфологічного прояву хвороб тварин. Легені коней мають часткову будову. Так, у лівій легені дві частки (краніальна та каудальна), у правій три (краніальна, каудальна та додаткова). Ліва легеня дещо менша, ніж права, коефіцієнт асиметрії становить 1:1,2.

Загальна довжина легень у коней дорівнює $61,5 \pm 6,32$, ширина $48,44 \pm 4,14$, товщина – $9,6 \pm 1,1$ см. Відношення загальної довжини легень до їх ширини у коней дорівнює 1,27:1, що свідчить про їх помірно-видовжений тип.

Абсолютна маса легень статевозрілих коней $3318,1 \pm 364,4$ г,

відносна маса – $0,60 \pm 0,052$ %. Відповідно, абсолютна маса лівої легені становить $1506,2 \pm 60,48$ г, правої – $1811,9 \pm 72,92$ г. При тім абсолютна та відносна маси каудальних часток легень у коней є набагато більшими, ніж краніальних.

Внутрішню гістоархітектуру легеневої тканини формують легеневі частки конусоподібної або пірамідальної форми. Це незначні ділянки паренхіми легень, які розмежовані сполучнотканинними перегородками та утворюють їх сполучнотканинну строму, яка становить $45,2 \pm 7,4$ % паренхіми легень, сформована пухкою волокнистою сполучною тканиною, містить кровоносні і лімфатичні судини та еластичні волокна,.

Респіраторний відділ складається з епітеліального шару, м'язових пластинок (за винятком альвеол), власних пластинок та адвентиційної оболонки (за винятком альвеол). Епітеліальний шар респіраторних бронхіол, альвеолярних ходів та альвеолярних мішечків представлений одношаровим кубічним епітелієм, альвеол – одношаровим плоским епітелієм. Респіраторна (дыхальна) паренхіма легень становить $54,8 \pm 7,4$ % і утворена дыхальними бронхіолами, альвеолярними ходами і мішечками, у стінках яких розташовані альвеоли. Легеневі альвеоли бувають малі, середні та великі. Їх середній об'єм в легенях коней становить $699,8 \pm 106,42$ тис. мкм³.

Список використаних джерел

Горальський А. П., Глухова Н. М., Сокульський І. М. Морфологічні особливості легень кроля. *Наукові горизонти*. 2020, № 8 (93). С. 180–188. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-93-8-180-188>

Горальський А. П., Рагуля М. Р., Сокульський І. М., Колеснік Н. А., Горальська І. Ю. Морфологічні та морфометричні особливості будови серця великої рогатої худоби. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки*. 2021. Том. 23. № 103. С. 145–151. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10320>

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.

Заморська Т. М., Грушанська Н. Г., Костенко В. М., Дробот М. В. Діагностика гострої дыхальної недостатності і невідкладна терапія за набряку легень у котів.

Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Ветеринарна медицина». 2021. Випуск 4 (55). С. 3–9. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.4.1>

Дзевульська І. В., Маліков О. В. Описова та клінічна анатомія, її критерії в діагностиці та лікуванні захворювань. *Українські медичні вісті*. 2021. Том. 13. № 3. (88). С. 197–199. <https://doi.org/10.32471/umv.2709-6432.88.1799>

Європейська конвенція про захист домашніх тварин» від 13.11.1987 р., що ратифіковано: Законом України № 578-VII (578-18) від 18.09.2013. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a15#Text (дата звернення: 15.05.2023)

Коптев М. М. Морфо-функціональна характеристика структурних елементів легень щурів у нормі. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2011. Том. 11. №4. (36). Частина 2. С. 92–94.

Міжнародна ветеринарна анатомічна номенклатура. Латинською, українською і англійською мовами. Хомич В. Т. та ін. Київ, 2005. 388 с.

Міжнародна ветеринарна гістологічна номенклатура (Термінологічний словник). Хомич В. Т. та ін. НУБіП, 2019. 276 с.

Мишалов В. Д., Чайковський Ю. Б., Твердохліб І. В. Про правові, законодавчі та етичні норми і вимоги при виконанні наукових морфологічних досліджень. *Морфологія*. 2007. Т. 1, №2. С. 108–115.

Островський М. М. Роль систем сурфактанту легень та інтерлейкінів в процесі формування затяжного перебігу пневмоній. *Український пульмонологічний журнал*. 2004. № 2. С. 23–25.

Прокушенкова О. Г. Морфологія легень цуценят собак Неонатального періоду. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2009. Том 11. № 2. (41). Частина 4. С. 244–247.

Федів О.І., Багрій В.М., Волошина Л.О., Кушнір Л.Д., Вівсянник В.В., Ферфецька К.В. Фітотерапія при захворюваннях органів дихання: минуле і сьогодення. Огляд літератури. *Український терапевтичний журнал*. 2021, № 3. С. 60–63. <https://doi.org/10.30978/UTJ2021-3-60>

Autifi M. A. H., El-Banna A. K., Ebaid A. E.-S. Morphological study of rabbit lung, bronchial tree and pulmonary vessels using corrosion cast technique. 2015. *AL-Azhar Assiut medical journal*. 2015. Vol. 13, P. 41–50. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.aamj.eg.net/journals/pdf/2352.pdf> (дата звернення 20.04.2023)

Blagojević M., Božičković I., Ušćebrka G., Lozanče O., Đorđević M., Zorić Z., Nešić I. Anatomical and histological characteristics of the lungs in the ground squirrel (*Spermophilus citellus*). *Acta Veterinaria Hungarica*. 2018. Vol. 66. No. 2, 165–176. doi: 10.1556/004.2018.016. 18

Brainerd E. L., Owerkowicz T. Functional morphology and evolution of aspiration breathing in tetrapods. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2006. Vol. 154(1-2). P. 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.06.003>

Brogden K. A., Ackermann M., McCray P. B., Jr, Tack B. F. Antimicrobial peptides in animals and their role in host defences. *International journal of antimicrobial agents*. 2003. Vol. 22(5). P. 465–478. [https://doi.org/10.1016/s0924-8579\(03\)00180-8](https://doi.org/10.1016/s0924-8579(03)00180-8)

Chaturvedi A, Lee Z. Three-dimensional segmentation and skeletonization to build an airway tree data structure for small animals. *Phys. Med. Biol*. 2005. Vol. 50 (7). P. 1405–1419. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/50/7/005>

Corbett M., Kraehenbuhl J. P. Lung immunity: necessity is the mother of induction. *Nature medicine*. 2004. Vol. 10(9). P. 904–905. <https://doi.org/10.1038/nm0904-904>

Duncker H.R. Vertebrate lungs: structure, topography and mechanics: A comparative perspective of the progressive integration of respiratory system, locomotor apparatus and ontogenetic development. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2004, Vol. 144. P. 111–124.

Ferner K., Schultz J. A., Zeller U. Comparative anatomy of neonates of the three major mammalian groups (monotremes, marsupials, placentals) and implications for the ancestral mammalian neonate morphotype. *Journal of anatomy*. 2017. Vol. 231(6). P. 798–822. <https://doi.org/10.1111/joa.12689>

Gehr P., Erni H. Morphometric estimation of pulmonary diffusion capacity in two horse lungs. *Respiration physiolog.* 1980. Vol. 41(2). P. 199–210. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(80\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0034-5687(80)90052-3)

Hiemstra P. S., Amatngalim G. D., van der Does A. M., Taube C. Antimicrobial Peptides and Innate Lung Defenses: Role in Infectious and Noninfectious Lung Diseases and Therapeutic Applications. *Chest*. 2016. Vol. 149(2). P. 545–551. <https://doi.org/10.1378/chest.15-1353>

Hyde D.M., Hamid Q., Irvin C.G. Anatomy, pathology, and physiology of the tracheobronchial tree: emphasis on the distal airways. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2009. Vol. 124ю № 6. P. 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.08.048>

İlgun R., Yoldas A., Kuru N., Özkan Z. E. Macroscopic anatomy of the lower respiratory system in mole rats (*Spalax leucodon*). *Anatomia, histologia, embryologia*. 2014. Vol. 43(6), P. 474–481. <https://doi.org/10.1111/ahe.12098>

Ishaq M. A morphological study of the lungs and bronchial tree of the dog: with a suggested system of nomenclature for bronchi. *Journal of anatomy*. 1980. Vol. 131(Pt 4). P. 589–610.

Jackson A. C., Suki B., Ucar M., Habib R. Branching airway network models for analyzing high-frequency lung input impedance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. 1993. Vol. 75(1). P. 217–227. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.1.217>

Johnson-Delaney C. A., Orosz, S. E. Rabbit respiratory system: clinical anatomy, physiology and disease. *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*. 2011. Vol. 14(2). P. 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2011.03.002>

Keir S., Page C. The rabbit as a model to study asthma and other lung diseases. *Pulmonary pharmacology & therapeutics*. 2008. Vol. 21(5). P. 721–730. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2008.01.005>

Maina J. N., Thomas S. P., Hyde D. M. A morphometric study of the lungs of different sized bats: correlations between structure and function of the chiropteran lung. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. 1991. Vol. 333(1266). P. 31–50. <https://doi.org/10.1098/rstb.1991.0059>

Majumdar A., Hantos Z., Tolnai J., Parameswaran H., Tepper R., Suki B. Estimating the diameter of airways susceptible for collapse using crackle sound. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. 2009. Vol. 107(5). P. 1504–1512. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91117.2008>

Mendonça D. D. A., Ballot S., Saiki D. C., Santos G. F., Fernandes L. C., Amorim C. O., Bendas A. J. R., & Alberigi B. Pulmonary atelectasis in a young dog with Cor pulmonale: clinical and radiographic follow-up. *Brazilian journal of veterinary medicine*. 2022. 44, e004921. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm004921>

Meyer K. C., Rosenthal N. S., Soergel P., Peterson K. Neutrophils and low-grade inflammation in the seemingly normal aging human lung. *Mechanisms of ageing and development*. 1998. Vol. 104 (2). P. 169–181. [https://doi.org/10.1016/s0047-374\(98\)00065-7](https://doi.org/10.1016/s0047-374(98)00065-7)

Moyron-Quiroz J. E., Rangel-Moreno J., Kusser K., Hartson L., Sprague F., Goodrich S., Woodland D. L., Lund F. E., Randall, T. D. Role of inducible bronchus associated lymphoid tissue (iBALT) in respiratory immunity. *Nature medicine*. 2004. Vol. 10(9). P. 927–934. <https://doi.org/10.1038/nm1091>

Pantoja B. T. S., Silva A. R. M., Mondego-Oliveira R., Silva T. S., Marques B. C., Albuquerque R. P., Sousa J. C. S., Ric, R. E. G., Miglino M. A., Sousa A. L., Francioli A. L. R., Sousa E. M., Abreu-Silva A. L., & Carvalho R. C. Morphological study of larynx,

- trachea, and lungs of *Didelphis marsupialis* (LINNAEUS, 1758). *Veterinary world*. 2020. Vol. 13(10). P. 2142–2149. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2142-2149>
- Patwa A., Shah A. Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. *Indian journal of anaesthesia*. 2015. Vol. 59(9). P. 533–541. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.165849>
- Ramchandani R., Bates J. H., Shen X., Suki B., Tepper R.S. Airway branching morphology of mature and immature rabbit lungs. *J Appl Physiol*. 2001, Vol. 90. P. 1584–1592. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.4.1584>
- Ramchandani R., Shen X., Elmsley C. L., Ambrosius W. T., Gunst S. J., Tepper, R. S. Differences in airway structure in immature and mature rabbits. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. 2000, Vol. 89 (4), P. 1310–1316. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.4.1310>
- Ramchandani R., Shen X., Gunst S. J., Tepper, R. S. Comparison of elastic properties and contractile responses of isolated airway segments from mature and immature rabbits. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. 2003. Vol. 95(1). P. 265–271. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00362.2002>
- Reczyska K., Tharkar P., Kim S. Y., Wang Y., Pamu A. E., Chan H. K., Chrzanowski W. Animal models of smoke inhalation injury and related acute and chronic lung diseases. *Advanced drug delivery reviews*. 2018. Vol. 123. P. 107–134. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2017.10.005>
- Sumner C., Rozanski E. Management of respiratory emergencies in small animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 2013. 43 (4). P. 799–815. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.005>
- Weese J. S., Blondeau J., Boothe D., Guardabassi L. G., Gumley N., Papich M., Jessen L. R., Lappin M., Rankin S., Westropp J. L., Sykes J. International Society for Companion Animal Infectious Diseases (ISCAID) guidelines for the diagnosis and management of bacterial urinary tract infections in dogs and cats. *Veterinary journal (London, England : 1997)*. 2019. 247. P. 8–25. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.02.008>
- Wright J. R. Host defense functions of pulmonary surfactant. *Biology of the neonate*. 2004. Vol. 85(4). P. 326–332. <https://doi.org/10.1159/000078172>

References (translated & transliterated)

- Horalskyi, L., Hlukhova, N. & Sokulskyi, I. (2020). Morfolohichni osoblyvosti leheniv krolia. [Morphological traits of rabbit lung]. *Scientific Horizons*, Vol. 08 (93), 180–188. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-93-8-180-188> [in Ukrainian].
- Horalskyi, L. P., Rahulia, M. R., Sokulskyi, I. M., Kolesnik, N. L. & Horalska, I. Yu. (2021). Morfolohichni ta morfometrychni osoblyvosti budovy sertsia velykoi rohatoi khudoby. [Morphological and morphometrical characteristics of cattle heart structure]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Veterynarni nauky*. [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences], Vol. 23 (103), 145–151. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10320> [in Ukrainian].
- Horalskyi, L. P., Khomych, V. T. & Kononskyi, O. I. (2019). Osnovy histolohichnoi tekhniky i morfofunktsionalni metody doslidzhennia u normi ta pry patolohii. [Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology]. Zhytomyr: Polissia. [in Ukrainian].
- Zamorska, T. M., Hrushanska, N. H., Kostenko, V. M. & Drobot, M. V. (2021). Diagnostyka hostroi dykhalnoi nedostatnosti i nevidkladna terapiia za nabriaku lehen u kotiv [Diagnosis of acute respiratory insufficiency and urgent therapy for pulmonary edema in cats]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii «Veterynarna medytsyna»*. [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Veterinary Medicine], 4. (55), 3–11. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.4.1> [in

Ukrainian].

Dzevulska, I. V. & Malikov, O. V. (2021). Opysova ta klinichna anatomii, yii kryterii v diahnozytsi ta likuvanni zakhvoriuvan [Descriptive and clinical anatomy, its criteria in diagnosis and treatment of diseases]. *Ukrainski medychni visti* [Ukrainian Medical News], 3 (88), 197–199. [in Ukrainian].

Yevropeiska konventsiiia pro zakhyst domashnikh tvaryn [European Convention on the Protection of Domestic Animals] dated November 13, 1987, ratified by: Law of Ukraine No. 578-VII (578-18) dated September 18, 2013. Available at: [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a15#Text [in Ukrainian](дата звернення 21.04.2023)

Koptev, M. M. (2011). Morfo-funktsionalna kharakterystyka strukturnykh elementiv lehen shchuriv u normi [Morphological and functional characteristics of structural elements in healthy rats' lungs] *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk Ukrainskoi medychnoi stomatolohichnoi akademii* [Actual Problems of the Modern Medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy], 4 (36), 92–94 [in Ukrainian].

Khomych, V. T. (2005). International veterinary anatomical nomenclature. In Latin, Ukrainian and English. Kyiv [in Ukrainian].

Khomych, V. T. (2019). International veterinary histological nomenclature (Terminological dictionary). Kyiv. NUBiP [in Ukrainian].

Mishalov, V. D., Chaikovskiy, Yu. B. & Tverdokhlib, I. V. (2007). Pro pravovi, zakonodavchi ta etychni normy i vymohy pry vykonanni naukovykh morfolohichnykh doslidzhen [About legal, legislative and ethical norms and requirements in the performance of scientific morphological research]. *Morfolohiia* [Morphology], 1(2), 108–115 [in Ukrainian].

Ostrovskiy, M. M. (2004). Rol system surfaktantu lehen ta interleikiniv v protsesi formuvannia zatiazhnoho perebihu pnevmonii [The role of lung surfactant systems and interleukins in the formation of the protracted course of pneumonia]. *Ukrainskyi pulmonolohichnyi zhurnal* [Ukrainian Pulmonology Journal], 2, 23–25 [in Ukrainian].

Prokushenkova, O. H. (2009). Morfolohiia lehen tsutseniat sobak neonatalnoho periodu [Morphology of the lungs of dog puppies in the neonatal period]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho* [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences], 11 (2), 244–247. [in Ukrainian].

Fediv, O.I., Bahrii, V.M., Voloshyna, L.O., Kushnir, L.D., Vivsyanuk, V.V. & Ferfetska, K.V. (2021). Fitoterapiia pry zakhvoriuvanniakh orhaniv dykhannia: mynule i sohodennia. Ohliad literatury [Phytotherapy for respiratory diseases: past and present. Review]. *Ukrainskyi terapevtychnyi zhurnal* [Ukrainian Therapeutic Journal], 3, 60–63. DOI: <https://doi.org/10.30978/UTJ2021-3-60> [in Ukrainian].

Autifi, M. A. H., El-Banna, A. K. & Ebaid, A. E.-S. (2015). Morphological study of rabbit lung, bronchial tree and pulmonary vessels using corrosion cast technique. *AL-Azhar Assiut medical journal*, Vol. 13, 41–50. [Електронний ресурс]. URL: [Електронний ресурс]. URL: <http://www.aamj.eg.net/journals/pdf/2352.pdf> [in English].(дата звернення 22.04.2023)

Blagojević, M., Božićković, I., Ušćebrka, G., Lozanče, O., Đorđević, M., Zorić, Z. & Nešić, I. (2018). Anatomical and histological characteristics of the lungs in the ground squirrel (*Spermophilus citellus*). *Acta Veterinaria Hungarica*. Vol. 66 (2), 165–176. doi: 10.1556/004.2018.016. 18 [in English].

Brainerd, E. L. & Owerkowicz, T. (2006). Functional morphology and evolution of aspiration breathing in tetrapods. *Respiratory physiology & neurobiology*, 154 (1-2), 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.06.003> [in English].

Brogden, K. A., Ackermann, M., McCray, P. B., Jr, & Tack, B. F. (2003). Antimicrobial peptides in animals and their role in host defences. *International journal of*

antimicrobial agents, Vol. 22(5), 465–478. [https://doi.org/10.1016/s0924-8579\(03\)00180-8](https://doi.org/10.1016/s0924-8579(03)00180-8) [in English].

Chaturvedi, A. & Lee Z. (2005). Three-dimensional segmentation and skeletonization to build an airway tree data structure for small animals. *Phys Med Biol*, Vol. 50 (7), 1405–1419. doi:10.1088/0031-9155/50/7/005 [in English].

Corbett, M. & Kraehenbuhl, J. P. (2004). Lung immunity: necessity is the mother of induction. *Nature medicine*, Vol. 10(9), 904–905. <https://doi.org/10.1038/nm0904-904> [in English].

Duncker, H.R. (2004). Vertebrate lungs: structure, topography and mechanics: A comparative perspective of the progressive integration of respiratory system, locomotor apparatus and ontogenetic development. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 144, 111–124. [in English].

Ferner, K., Schultz, J. A. & Zeller, U. (2017). Comparative anatomy of neonates of the three major mammalian groups (monotremes, marsupials, placentals) and implications for the ancestral mammalian neonate morphotype. *Journal of anatomy*, 231 (6), 798–822. <https://doi.org/10.1111/joa.12689> [in English].

Gehr, P. & Erni, H. (1980). Morphometric estimation of pulmonary diffusion capacity in two horse lungs. *Respiration physiology*, 41(2), 199–210. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(80\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0034-5687(80)90052-3) [in English].

Hiemstra, P. S., Amatngalim, G. D., van der Does, A. M. & Taube, C. (2016). Antimicrobial Peptides and Innate Lung Defenses: Role in Infectious and Noninfectious Lung Diseases and Therapeutic Applications. *Chest*, Vol. 149(2), 545–551. <https://doi.org/10.1378/chest.15-1353> [in English].

Hyde, D.M., Hamid, Q. & Irvin, C.G. (2009). Anatomy, pathology, and physiology of the tracheobronchial tree: emphasis on the distal airways. *The Journal of allergy and clinical immunology*, 124(6), 72–S77. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.08.048> [in English]

İlgün, R., Yoldas, A., Kuru, N., & Özkan, Z. E. (2014). Macroscopic anatomy of the lower respiratory system in mole rats (*Spalax leucodon*). *Anatomia, histologia, embryologia*, 43(6), 474–481. <https://doi.org/10.1111/ahe.12098> [in English].

Ishaq, M. (1980). A morphological study of the lungs and bronchial tree of the dog: with a suggested system of nomenclature for bronchi. *Journal of anatomy*, 131(4), 589–610. [in English].

Jackson, A. C., Suki, B., Ucar, M. & Habib, R. (1993). Branching airway network models for analyzing high-frequency lung input impedance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 75(1), 217–227. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.1.217> [in English].

Johnson-Delaney, C. A. & Orosz, S. E. (2011). Rabbit respiratory system: clinical anatomy, physiology and disease. *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*. 14(2), 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2011.03.002> [in English].

Keir, S. & Page, C. (2008). The rabbit as a model to study asthma and other lung diseases. *Pulmonary pharmacology & therapeutics*, 21(5), 721–730. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2008.01.005> [in English].

Maina, J. N., Thomas, S. P. & Hyde, D. M. (1991). A morphometric study of the lungs of different sized bats: correlations between structure and function of the chiropteran lung. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 333(1266), 31–50. <https://doi.org/10.1098/rstb.1991.0059> [in English].

Majumdar, A., Hantos, Z., Tolnai, J., Parameswaran, H., Tepper, R. & Suki, B. (2009). Estimating the diameter of airways susceptible for collapse using crackle sound. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 107(5), 1504–1512. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91117.2008> [in English].

Mendonça, D. D. A., Ballot, S., Saiki, D. C., Santos, G. F., Fernandes, L. C.,

Amorim, C. O., Bendas, A. J. R. & Alberigi, B. (2022). Pulmonary atelectasis in a young dog with Cor pulmonale: clinical and radiographic follow-up. *Brazilian journal of veterinary medicine*, 44, e004921. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm004921> [in English].

Meyer, K. C., Rosenthal, N. S., Soergel, P. & Peterson, K. (1998). Neutrophils and low-grade inflammation in the seemingly normal aging human lung. *Mechanisms of ageing and development*, 104(2), 169–181. [https://doi.org/10.1016/s0047-6374\(98\)00065-7](https://doi.org/10.1016/s0047-6374(98)00065-7) [in English].

Moyron-Quiroz, J. E., Rangel-Moreno, J., Kusser, K., Hartson, L., Sprague, F., Goodrich, S., Woodland, D. L., Lund, F. E. & Randall, T. D. (2004). Role of inducible bronchus associated lymphoid tissue (iBALT) in respiratory immunity. *Nature medicine*, Vol. 10(9), 927–934. <https://doi.org/10.1038/nm1091> [in English].

Pantoja, B. T. S., Silva, A. R. M., Mondego-Oliveira, R., Silva, T. S., Marques, B. C., Albuquerque, R. P., Sousa, J. C. S., Rici, R. E. G., Miglino, M. A., Sousa, A. L., Francioli, A. L. R., Sousa, E. M., Abreu-Silva, A. L. & Carvalho, R. C. (2020). Morphological study of larynx, trachea, and lungs of Didelphis marsupialis (LINNAEUS, 1758). *Veterinary world*, 13(10), 2142–2149. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2142-2149> [in English].

Patwa, A. & Shah, A. (2015). Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. *Indian journal of anaesthesia*, Vol. 59(9), 533–541. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.165849> [in English].

Ramchandani, R., Bates, J. H, Shen, X., Suki, B. & Tepper R. S. (2001): Airway branching morphology of mature and immature rabbit lungs. *J Appl Physiol*, 90, 1584–1592. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.4.1584> [in English].

Ramchandani, R., Shen, X., Elmsley, C. L., Ambrosius, W. T., Gunst, S. J., & Tepper, R. S. (2000). Differences in airway structure in immature and mature rabbits. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 89 (4), 1310–1316. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.4.1310> [in English].

Ramchandani, R., Shen, X., Gunst, S. J. & Tepper, R. S. (2003). Comparison of elastic properties and contractile responses of isolated airway segments from mature and immature rabbits. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, Vol. 95(1), pp. 265–271. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00362.2002> [in English].

Reczyńska, K., Tharkar, P., Kim, S.Y., Wang, Y., Pamuła, E., Chan, H.K. & Chrzanowski, W. (2018). Animal models of smoke inhalation injury and related acute and chronic lung diseases. *Advanced drug delivery reviews*, 123, 107–134. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2017.10.005> [in English].

Sumner, C. & Rozanski, E. (2013). Management of respiratory emergencies in small animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 43(4), 799–815. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.005> [in English].

Weese, J. S., Blondeau, J., Boothe, D., Guardabassi, L. G., Gumley, N., Papich, M., Jessen, L. R., Lappin, M., Rankin, S., Westropp, J. L. & Sykes, J. (2019). International Society for Companion Animal Infectious Diseases (ISCAID) guidelines for the diagnosis and management of bacterial urinary tract infections in dogs and cats. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 247, 8–25. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.02.008> [in English].

Wright, J. R. (2004). Host defense functions of pulmonary surfactant. *Biology of the neonate*, 85(4), 326–332. <https://doi.org/10.1159/000078172> [in English].

Отримано: 10 квітня 2023

Прийнято: 26 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

UDC УДК 594.141:[546.95+591.525]
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.76-90

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА СТРУКТУРОЮ УГРУПОВАНЬ ГІДРОБІОНТІВ

Ю. С. Шелюк¹, Л. М. Шевчук², М. А. Мошківська³

У роботі доведено можливість проведення оцінки якості води з використанням такого показника як видовий склад поселень перлівницевих із метою проведення локальної біоіндикації. За видовим складом поселень перлівницевих встановлено, що з п'яти проаналізованих місць збору матеріалу основного русла р. Тетерів, в одному випадку якість вод може бути оцінена як «Брудна», що відповідає IV класу якості вод, у трьох як «Забруднені», що відповідає III класу, та ще в одному – як «Добрі» – II клас якості. До IV класу якості вод належать річки Гуївка (Іванків), Крошенка та Пуятинка в межах Житомира. До II класу якості віднесено ще п'ять пунктів (р. Гуївка в районі сіл Пряжево та Зарічани; р. Кам'янка (м. Житомир); р. Коденка (с. Вертокіївка) та р. Гнилоп'ять (м. Бердичів). Детальнішу інформацію про екологічний стан водних екосистем дає використання в якості біологічних дескрипторів водоростевих угруповань планктону, проте такий підхід є часозатратним. Загалом біоіндикація якості вод у річках басейну Тетерева за фітопланктоном показала переважання індикаторів сапробності, які відповідають III класу якості вод («Забруднені»). Помітну частку складають індикатори II класу («Добрі»). На помірний рівень органічного забруднення вод вказує переважання в річках еврисапробів. За біомасою фітопланктону річки Тетерів і Крошенка належать до III класу якості вод, інші водотоки – до II класу. За індексом сапробності якість води річок Тетерів, Пуятинка і Крошенка оцінено як задовільну, інших водотоків – як добру. За первинною продукцією та співвідношенням продукційно-деструкційних процесів водотоки ранжували на три групи – ті, що належать до II, III і IV класів якості вод. Середні значення інтегрального показника $\Sigma A / \Sigma R$ для усіх водотоків, окрім р. Пуятинка, вищі 1. Це свідчить про позитивний баланс органічної речовини, властивий для водних екосистем із високою інтенсивністю

¹ доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: Shelyuk_Yulya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6429-1028

² доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри зоології, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: Shelyuk_Yulya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6429-1028

³ здобувачка освіти Наукового ліцею
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: Shelyuk_Yulya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6429-1028

фотосинтезу. Переважання гетеротрофної фази у Путятинці, швидше за все, є відгуком екосистеми водотоку на антропогенний прес.

Комплексна оцінка якості води водотоків урбанізованих територій із використанням в якості біологічних дескрипторів екологічного стану гідроекосистем водоростей планктону і поселень молюсків є фундаментом для подальшого екологічного моніторингу вод, прогнозування змін автотрофної і гетеротрофної ланок водних екосистем за дії чинників середовища.

Ключові слова: перлівниці, видова структура поселень, річки басейну Тетерева, фітопланктон, первинна продукція та деструкція органічної речовини, біоіндикація стану водного середовища

ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF URBANIZED TERRITORIES ACCORDING TO THE STRUCTURE OF HYDROBIONT GROUPS

Y. S. Sheliuk, L. M. Shevchuk, M. A. Moshkivska

The paper proves the possibility of conducting water quality assessment using such an indicator as the species assemblage of Unionidae habitats for the purpose of conducting local bioindication.

According to the species assemblage of Unionidae habitats, it was established that of the five analyzed sites of material collection of the main stream of the Teteriv River, in one case the water quality can be assessed as "Dirty", which corresponds to the IV water quality class, and in three cases as "Contaminated", which corresponds to the III class, and in another one - as "Good" - II class of quality. The rivers Guiva (Ivankiv), Kroshenka and Putyatinka within Zhytomyr belong to the IV class of water quality. Five more points are assigned to the II quality class (Guyva River in the area of Pryazhevo and Zarichany villages; Kam'yanka River (Zhytomyr); Kodenka River (Vertokiyivka village) and Hnylop'yat River (Berdychiv).

More detailed information about the ecological state of aquatic ecosystems is provided by the use of algal communities of plankton as biological descriptors, but this approach is time-consuming. In general, the bioindication of water quality in the rivers of the Teteriv basin according to phytoplankton showed the predominance of indicators of saprobity, which correspond to the III class of water quality ("Contaminated"). Class II ("Good") indicators make up a significant share. A moderate level of organic water pollution is indicated by the predominance of eurysaprobites in the rivers. In terms of phytoplankton biomass, the Teteriv and Kroshenka rivers belong to the III class of water quality, other watercourses belong to the II class. According to the saprobity index, the water quality of the Teteriv, Putyatinka, and Kroshenka rivers is rated as satisfactory, and that of other watercourses as good. According to primary production and the ratio of production and destruction processes, watercourses were ranked into three groups - those belonging to II, III and IV water quality classes. The average values of the integral index $\Sigma A / \Sigma R$ for all watercourses, except for the Putyatinka River, are higher than 1. This indicates a positive balance of organic matter, characteristic of aquatic ecosystems with a high intensity of photosynthesis. The predominance of the heterotrophic phase in Putyatynka is most likely a response of the watercourse ecosystem to anthropogenic pressure.

A comprehensive assessment of the water quality of watercourses in urbanized areas using as biological descriptors the ecological state of hydroecosystems of algae, plankton and mollusk settlements is the foundation for further ecological monitoring of waters, forecasting changes in the autotrophic and heterotrophic links of aquatic ecosystems under the influence of environmental factors.

Key words: Unionidae, species structure of habitats, rivers of the Teteriv basin, phytoplankton, primary production and destruction of organic matter, bioindication of the state of the aquatic environment.

Вступ.	більшості водних екосистем, які
Інтенсивна урбанізація,	супроводжуються структурними
інтенсифікація використання водних	перебудовами і змінами
ресурсів призводить до забруднення	функціональних показників

угруповань гідробіонтів. Найзручнішими, інформативними і надійними біоіндикаторами стану водного середовища і його змін є водоростеві угруповання планктону та безхребетні донні гідробіонти, зокрема двостулкові молюски. На їх видовий склад та особливості поширення впливає низка чинників: особливості субстрату, швидкість течії, водність, характер русла, прозорість води і вміст біогенів, інсоляція, антропогенне навантаження тощо. На зміни екологічних умов гідробіонти відповідають перебудовою видової структури або зміною кількісних характеристик, порушенням обмінних процесів в їх організмі, а при токсичному впливі – найчастіше загибеллю.

У більшості країн світу структурно-функціональні характеристики фітопланктону водойм широко використовують як індикатор оцінки якості водного середовища (Афанасьєв, 2018; Барінова та ін., 2006). Дослідження закономірностей формування й функціонування фітопланктону є вкрай важливими для розробки методів моніторингу водних екосистем та менеджменту за різних рівнів антропогенної трансформації, необхідних для забезпечення належного рівня їх функцій та екологічних сервісів. Із 2019 р. в Україні набув чинності новий «Порядок здійснення державного моніторингу вод» (Постанова ..., 2018), згідно якого одним із біологічних складових моніторингу поверхневих вод є фітопланктон. Цим документом передбачено в якості показників фітопланктону, що контролюються як базові у процесі моніторингу, застосовувати кількість видів і біомасу.

Важливим показником функціонування екосистем є відношення інтегральної первинної продукції до інтегральної деструкції органічної речовини в товщі води ($\Sigma A / \Sigma R$), яке відображає особливості метаболізму планктонних угруповань і слугує не лише важливою еколого-

фізіологічною характеристикою фітопланктону, а й показником функціонального стану водної екосистеми і показником самоочищення води (Методи ..., 2006; Shelyuk, 2017; Shelyuk, 2019).

Доцільність використання двостулкових молюсків для здійснення моніторингових досліджень стану водних екосистем також не викликає сумніву. Доступність перлівницевих як об'єкта дослідження та важлива роль в екосистемах стали причинами пильної уваги до цієї групи тварин. Вони є відносно довгоживучими представниками бентосу, здатними накопичувати у своєму тілі різні речовини. Якщо представники планктону відображають стан водного середовища на момент дослідження, то представники бентосу є індикаторами якості вод за тривалий період. Комплексні дослідження з використанням цих груп гідробіонтів дозволяють отримати об'єктивні дані щодо стану річкових екосистем. Загалом, найбільшим за тривалістю (реалізується з 1986 року й донині) та масштабами є національний проєкт уряду США із використанням двостулкових молюсків, який має назву «Mussel Watch» (Mussel ..., 2023). Перлівницеві є визнаними об'єктами при здійсненні біомоніторингу і в європейських державних програмах (Мальцев та ін., 2011). При цьому звичайно враховуються показники щільності поселення, розміри популяцій видів (Weber, 2005). Однак, інформативним показником може бути і видове багатство поселень перлівницевих. Для рівнинних територій України угруповання перлівницевих, що утворені щонайменше чотирма з шести нативних видів, є звичайними. При погіршенні умов існування, чутливі до забруднення види зникають у першу чергу.

Наразі актуальним завданням в рамках євроінтеграції України є апробація європейських методик оцінки екологічного стану водних

екосистем в аспекті імплементації Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС (Водна ..., 2006).

Особливої актуальності біоіндикація якості води з використанням згаданих гідробіонтів набула тепер, у військовий час, коли опиняючись в екстремальних умовах, люди повинні швидко визначити придатність води для використання та її безпечність. Після війни гостро постане питання реалізації завдань «Екології відновлення» та Цілей сталого розвитку, де широко використовується поняття «здоров'я екосистеми» та «екосистемні послуги» (Екологія ..., 2023). Індикаторами модуля забруднення чи здоров'я екосистеми можуть бути не лише гідрохімічні показники (Водна ..., 2006), а й стан бентосних організмів, у тому числі перлівницевих, структурно-функціональні показники фітопланктону і співвідношення продукційно-деструкційних процесів.

Метою даного дослідження було оцінити якість річкових вод урбанізованих територій басейну р. Тетерів за фітопланктоном та видовою структурою поселень перлівницевих.

Матеріал і методи.

Матеріалом дослідження слугували п'ять аборигенних (*Unio pictorum* Linnaeus, 1758, *U. tumidus* Philipsson, 1788, *Anodonta anatina* Linnaeus, 1758, *A. cygnea* Linnaeus, 1758 та *Planorbis complanata* Rossmassler, 1835) видів молюсків родини Unionidae, які були власноруч зібрані протягом 2018-2022 р.р. у річковому басейні Тетерева. Загалом обстежено 14 пунктів та близько 150 екз. молюсків. Проведено 48 дослідів із визначення первинної продукції фітопланктону і деструкції органічної речовини. Для здійснення біоіндикаційного аналізу за водоростями-індикаторами якості вод використовували електронну базу даних кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Збір перлівницевих. Молюсків збирали вручну на глибині 0,1-2 м протягом теплої пори року. Роботу виконано з дотриманням норм біоетики. Після візуального обстеження тварин повертали до водойми.

Видова ідентифікація молюсків. При визначенні видової належності перлівницевих порівнювали їх конхіологічні ознаки з описаними у вітчизняній та зарубіжній літературі (Янович, 2013).

Оцінка якості води за фітопланктоном. Оцінку якості вод і трофічного статусу водотоків за фітопланктоном проводили згідно (Методи ..., 2006). Сапробіологічна оцінка якості води зроблена за методом Пантле-Букк у модифікації Сладечека (Sladeček, 1973). Біоіндикаційний аналіз проведено з урахуванням індикаторних характеристик водоростей, наведених у монографії Софії Барінової (Барінова, 2006). Отримані дані сапробіологічного аналізу за індикаторними видами водоростей були співставлені з класами якості вод відповідно до (Методи, 2006). Під час проведення біоіндикаційного аналізу одержані результати представляли за допомогою графіків Excel, у яких групи водоростей-індикаторів розмістили в порядку зростання їх індикаторного значення. Це дало можливість побудувати поліноміальні лінії тренда й лінії стандартного відхилення, які відділяють найзначущі групи індикаторних форм водоростей, що дозволило встановити екологічні оптимуми за параметрами зовнішнього оточення в угрупованнях.

Первинну продукцію фітопланктону A та деструкцію органічної речовини R визначали кисневою модифікацією склянкового методу (Shelyuk, 2017). Розрахунок інтегральної продукції $\sum A$ під 1 м² здійснювали множенням інтенсивності фотосинтезу на глибині максимуму A_{max} і прозорості води на станції, інтегральну деструкцію $\sum R$ визначали

множенням R та середніх значень глибини водних об'єктів.

Хімічні аналізи виконані в контрольно-вимірjuвальній лабораторії комунального підприємства «Житомирводоканал» (свідоцтво про реєстрацію №64 від 21.10.2013 р.) і на кафедрі ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що більшість досліджуваних річок басейну Тетерева за прозорістю належать до II класу якості вод; за вмістом розчиненого у воді кисню, pH , перманганатної окиснюваності, отримані дані щодо вмісту загального заліза, хлоридів, фосфатів, нітрогену (амонійного, нітритного і нітратного) переважно вказують на II–III клас якості річкових вод. За рівнем pH води річок Тетерів, Крошенка, Лісна, Гнилоп'ять і Путятинка належать до II класу якості, річки Гуйва і Коднянка – до III, а річка Кам'янка – до IV класу. За вмістом розчиненого у воді кисню досліджувані водотоки належать до I–II класів якості вод, окрім річки Путятинка, яка належить до III класу якості. За величиною перманганатної окислюваності води більшості досліджуваних річок можна віднести до II класу якості; річок Гуйва, Кам'янка – до III класу. За концентрацією загального заліза водотоки належать здебільшого до III класу якості вод; до I класу можна віднести річку Коденку. За критеріями забруднення сольового складу прісних вод за концентрацією хлоридів досліджувані водотоки належать до II класу. За вмістом амонійного і нітритного нітрогену річки басейну Тетерева відносяться до I–II класу якості вод, однак, до III класу за концентрацією амонійного нітрогену належать води річок Гнилоп'ять, Лісна; за вмістом нітритного нітрогену р. Крошенку можна віднести до IV класу. За вмістом нітратного нітрогену води досліджуваних річок можна віднести

до II класу якості вод (річка Лісна), III класу (річки Тетерів, Коденка, Крошенка, Путятинка, Кам'янка), IV класу (Гуйва). За вмістом фосфатів води річок Кам'янка, Крошенка належать до I класу якості вод; річка Путятинка – до II класу; Тетерів, Гнилоп'ять, Коденка, Лісна – відповідно до III класу; Гуйва – до IV класу якості вод.

Середні значення гідрофізичних і гідохімічних показників досліджуваних річок наведено у попередніх публікаціях авторів (Shelyuk, 2018; Шелюк, 2020).

Результати.

Аналіз зібраного матеріалу дозволяє констатувати, що найбільша кількість видів, що були виявлені у межах пункту збору, це чотири. Але при цьому з 14 обстежених пунктів лише в одному мешкали 4 види (табл. 1) (Житомир, місце впадіння р. Гнилоп'ять у р. Тетерів), це становить лише близько 7% від загальної кількості обстежених пунктів. У 4 пунктах (29%) виявлено 3 види. При цьому у трьох із цих випадків (р. Гуйва, Зарічани та Пряжів; р. Коденка, Вертокиївка) поряд з якимись з відносно витривалих до забруднення *U. pictorum*, *U. tumidus*, *A. anatina*, виявлений рідкісний вид *A. cygnea*. У трьох пунктах збору матеріалу (21% випадків виявлення) існувало лише два види перлівницевих. У ділянці р. Тетерів у межах села Пряжів це були екологічно пластичні *U. pictorum*, *U. tumidus*, а у двох інших випадках було виявлено рідкісні види. Так, у р. Гнилоп'ять (м. Бердичів) разом із *U. pictorum* виявлено *A. cygnea*. У річці Кам'янка в м. Житомир, а саме у її проточній ділянці існувала *P. complanata*, яка загалом є найрідкіснішою в Україні серед перлівницевих. У двох пунктах збору виявлено лише один із трьох екологічно пластичних видів. Зокрема, у р. Тетерів (м. Радомишль) існувала беззубка *A. anatina*, а невеличкій річечці Лісова (м. Житомир), знову ж таки у проточній ділянці, виявлено лише одиничні екземпляри *U. pictorum*. При обстеженні чотирьох потенційних місць існування

перівицеви (29% пунктів), їх виявлено не було, хоча у трьох із них ще 20 років вони тут достовірно траплялися. Це такі пункти як: р. Тетерів, м. Чуднів; р. Гуйва, с. Лука та р. Крошенка м. Житомир. У випадку обстеження р. Гуйви, на нашу думку, відсутність молюсків обумовлена, поряд

з іншими можливими впливами, сильним замуленням. У випадку обстеження річки Крошенка, варто зазначити, що вона сильно забруднена відходами побутового походження мешканцями приватних забудов, у ділянці яких вона протікає.

Таблиця 1.

Станції відбору проб і трапляння двостулкових молюсків

№	Річкові басейни	Місце збору	Населений пункт	<i>U. tumidus</i>	<i>U. pictorum</i>	<i>U. crassus</i>	<i>A. anatina</i>	<i>A. cygnea</i>	<i>P. complanata</i>
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
1	Дніпро	р. Тетерів	Житомир (місце впадіння р. Гнилоп'ять)	+	+	–	+	+	–
2	Дніпро	р. Тетерів	Житомир (гідропарк)	+	+	–	+	–	–
3	Дніпро	р. Тетерів	Радомишль	–	–	–	+	–	–
4	Дніпро	р. Тетерів	Чуднів	–	–	–	–	–	–
5	Дніпро	р. Тетерів	Дачний	+	+	–	–	–	–
6	Дніпро	р. Гуйва	Зарічани	+	+	–	+	–	–
7	Дніпро	р. Гуйва	Лука	–	–	–	–	–	–
8	Дніпро	р. Гуйва	Пряжів	+	+	–	+	–	–
9	Дніпро	р. Гнилоп'ять	Бердичів	–	+	–	+	–	–
10	Дніпро	р. Кам'янка	Житомир	+	–	–	–	–	+
11	Дніпро	р. Лісова	Житомир	–	+	–	–	–	–
12	Дніпро	р. Пуятинка	Житомир	–	–	–	–	–	–
13	Дніпро	р. Крошенка	Житомир	–	–	–	–	–	–
14	Дніпро	р. Коденка	Вертокиївка	+	–	–	+	+	–
Всього				7	7	0	7	2	1

Отже, отримані результати дозволяють стверджувати, що у 29% пунктів дослідження (чотири пункти), де абсолютно відсутні перлівниці, стан вод може бути оцінений як «Брудна» або «Дуже брудна». В одному випадку (р. Тетерів, м. Житомир), де виявлено лише три не вибагливі види, вони оцінені як «Забруднені води». Це можна пояснити тим, що ця ділянка дослідження знаходиться у межах міського пляжу. До цієї ж категорії можна віднести іще три пункти (р. Тетерів, м. Радомишль та с. Дачний; р. Лісова, м. Житомир), де виявлено один або два не вибагливі види. У жодному пункті збору не виявлено вид *U. crassus* Philipsson, 1788, який охороняється майже в усіх європейських країнах і є показником якості вод «Добрі». У тих п'яти пунктах, де виявлено *A. cygnea* (Житомир, місце впадіння р. Гнилоп'ять у р. Тетерів; р. Гуїва, Зарічани та Пряжів; р. Коденка, Вертокиївка та р. Гнилоп'ять, м. Бердичів) та в одному, де існувала *P. complanata* (р. Кам'янка, м. Житомир) можна припустити, що стан вод наближається до «Добрі». Проте лише в одному з цих пунктів (Житомир, місце впадіння р. Гнилоп'ять у р. Тетерів) існує загалом чотири види цих молюсків, у решті – їх кількість не перевищує 2–3 види.

Біоіндикаційний аналіз, проведений з використанням індикаторних характеристик водоростей за відношенням до місцеперебування, показав, що загалом у р. Тетерів та її притоках переважають планктонно-бентосні (36,0% від числа індикаторних видів) і планктонні (35,6%) форми, однак до статистично значимих належать також бентосні водорості (27,0%). На це вказує лінія стандартного відхилення (рис. 1 а). Значна частина бентосних форм є результатом незначної глибини цих водотоків та течією. Частка видів, приурочених до наземних субстратів, й епібіонтів невелика (1,2% і 0,2%).

За температурною приуроченістю у досліджуваних водотоках виявлено 78 індикаторних форм водоростей, серед яких домінували евритерми (на це указувала вершина лінії тренду), однак лінія стандартного відхилення відсікала ще й форми, приурочені до помірного температурного режиму, а також термофільні види водоростей (відповідно 46,2%, 28,2% і 17,9%). Поява у складі статистично значимих теплолюбних водоростей, швидше за все, є наслідком кліматичних змін. Саме за останні роки якраз територія Полісся зазнає найпомітнішого, навіть у порівнянні із південними регіонами України, зростання температури води (Бабіченко та ін., 2007). Частка холодолюбних форм – 7,7% (рис. 1 б).

Індикація умов реофільності й насичення води киснем вказала на переважання видів-індіферентів. Вони й відсікалися лінією стандартного відхилення (68,3%). Немалою була й частка видів, приурочених до стоячих вод і незначного вмісту кисню (28,5%), низькою – видів, властивих для текучих вод із високим вмістом розчиненого у воді кисню (2,0%), а також аерофілів (1,5%) (рис. 1 в).

Серед індикаторів солоності (247 таксонів рангом нижче роду) переважали олігогалофи-індіференти – 70,0%, які відсікалися лінією стандартного відхилення. Саме на них указувала й вершина лінії тренду. Частка галофілів склала 12,1% мезогалофів – 8,5%.

У річках ідентифіковано: ацидофіли (12,1%), індіференти (45,8%), алкаліфіли (38,9%) й алкалібіонти (3,2%) за відношенням до рН. Статистично значимі індіференти та алкаліфіли (рис. 1 г).

Аналіз рівня органічного забруднення за системою Ватанабе дав наступні результати: зі 101 виду індикаторних водоростей лінією стандартного відхилення відсікалися еврисапроби (62,4%), на яких указувала й вершина лінії тренда, а

також сапроксени, частка яких сягала 26,7% (рис. 1 д).

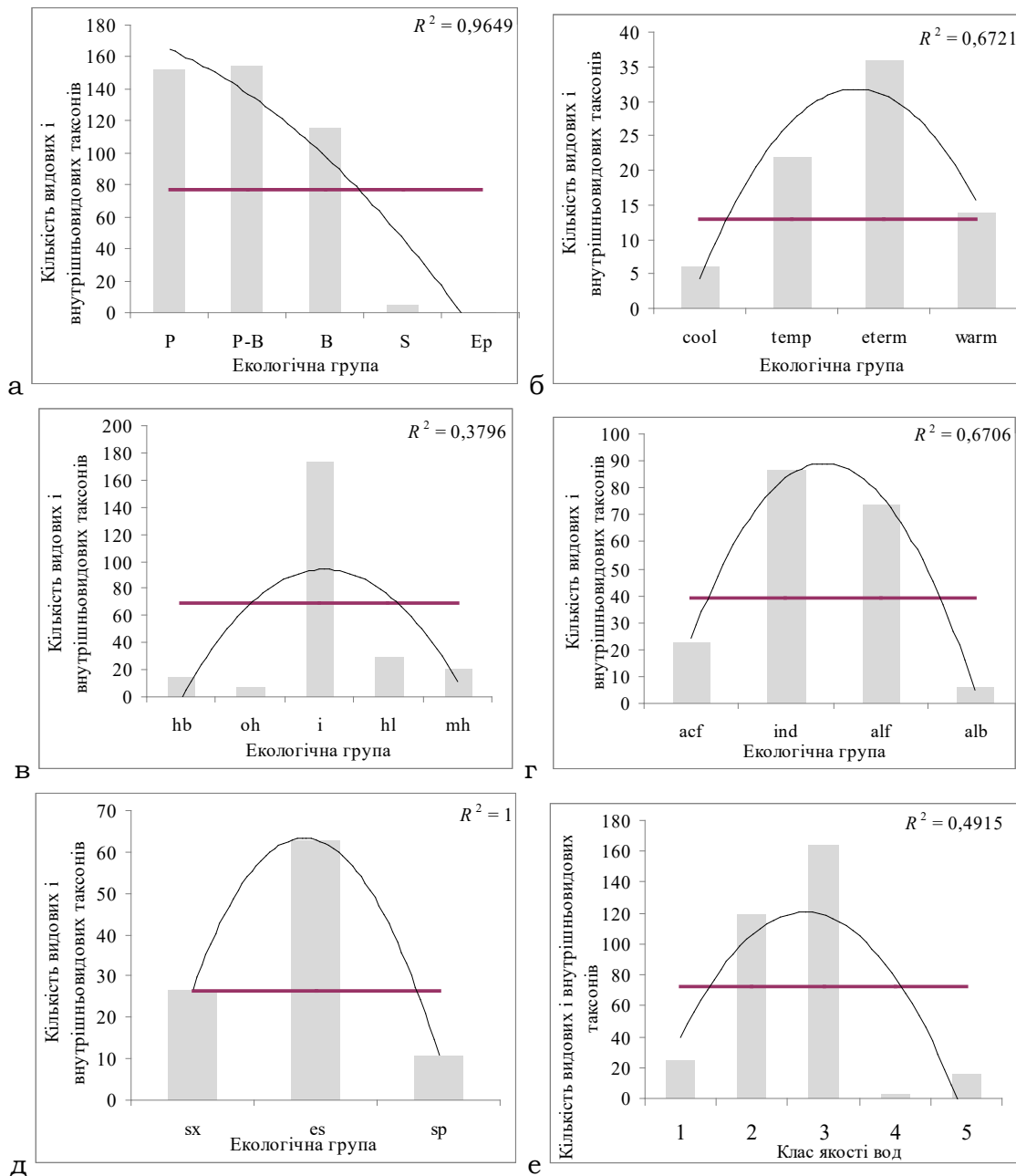


Рис. 1. Співвідношення водоростей-індикаторів екологічних умов у водотоках басейну Тетерева

Примітка. А – Співвідношення індикаторів місця існування (В – бентосні; Р-В – планктонно-бентосні; Р– планктонні; Ер – епіфітні); Б – температурних умов (warm – теплолюбні; cool – холодолюбні; temp – помірного діапазону та/або індиверенти; eterm – евртермні); В – індикаторів солоності (ph – полігалофи; mh – мезогалофи; i – олігалофи-галофіли; hl – олігогалофи-галофіли; hb – олігогалофи-галофоби); Г– рН середовища (ind - індиверенти; alf-алкаліфіли; alb - алкалібіонти; acf – ацидофіли). R^2 – величина достовірності апроксимації.

При оцінці рівня органічного забруднення річок виявлені

індикаторні види водоростей планктону були співставлені з I-, II-, III-

IV- і V-м класами якості води. Встановлено переважання індикаторів III класу (50,2%), однак до статистично значимих належать й індикатори II класу якості (36,5%). Частка індикаторів I класу дорівнювала 6,7%, IV – 0,9%, V – 5,7% (рис. 1 е). Відомо, що у 60-х роках XX століття у водотоках Українського Полісся домінували олігосапроби, а річки регіону вважалися одними з найчистіших у Україні. Після проведення меліорації, й посилення рівня антропогенного тиску на водотоки, в них стали переважати β -мезосапроби (Радзимовський і Поліщук, 1970).

Оцінка екологічного стану річкових екосистем басейну Тетерева з використанням структурних показників фітопланктону і біотичних індексів.

За біомасою фітопланктону більшість досліджуваних річок можна віднести до II класу якості вод; річки Крошенка і Тетерів – до III класу. За індексом сапробності, який є показником органічного забруднення водних екосистем, досліджувані річки належать до II–III класу якості вод. Переважання моно- і олігодомінантної структури фітопланктону цих водотоків значною мірою є наслідком антропогенного навантаження на їх екосистеми.

Упродовж періоду дослідження інтенсивність фотосинтезу $A_{\max}$ та інтегральна продукція ΣA змінювалися в широких межах: від 0,01 до 13,86 мг O_2 / (дм³·добу) та від 0,06 до 13,87 г O_2 / (м²·добу). За інтенсивністю фотосинтезу досліджувані водотоки належать до II–IV класів якості вод. Значення індексу самоочищення / самозабруднення (A/R) у досліджуваних водотоках було в границях 0,02–5,06. Загалом значне переважання фотосинтезу над диханням, обумовлено не лише високою забезпеченістю водоростевих клітин фосфором і нітрогеном, а й досить інтенсивним прогріванням вод значних за площею мілководних зон

водотоків. Незбалансованість продукційно-деструкційних процесів у подальшому може викликати накопичення автохтонної органічної речовини, й, як наслідок, зумовлювати самозабруднення річок. Найвищі показники A/R фіксували у р. Коденка ($2,53 \pm 0,24$). За цим показником водотоки належать до II–III класів якості вод. Середні значення інтегрального показника $\Sigma A / \Sigma R$ для усіх водотоків, окрім р. Путятинка, вищі 1. Це свідчить про позитивне спрямування балансу органічної речовини, характерне для водних екосистем з високою інтенсивністю фотосинтезу, і, швидше за все є відгуком її екосистеми на антропогенний прес, бо річка частково каналізована, береги бетоновані. За рахунок алохтонних надходжень підтримується гетеротрофна активність річкової екосистеми Путятинки.

Рівень трофії більшості водотоків, визначений за інтенсивністю фотосинтезу планктону, вищий, ніж за його біомасою. Це пов'язано із переважанням у домінуючих комплексах дрібноклітинних високопродуктивних видів водоростей, і великими площами мілководних ділянок, яким властива підвищена швидкість продукційних процесів (Shelyuk, 2018).

Обговорення.

Україна належить до держав із недостатнім забезпеченням водними ресурсами. Вона – одна з найменш водозабезпечених країн Європи (Клименко, 2010). При здійсненні водогосподарської політики в Україні впродовж багатьох десятиліть вода ніколи не розглядалася як основа життєзабезпечення природних екосистем і людини, не враховувався і не прогнозувався екологічний стан водних систем і їхній вплив на біорізноманіття. Як наслідок зникли з водойм типові види гідробіонтів, цінні великі промислові види риб. Їх місце зайняли невибагливі дрібні види риб із коротким терміном життя. Вразливими

та зникаючими у таких умовах стали й інші постійні мешканці водного середовища. Не менш суттєвою проблемою є й поява видів-вселенців у водних екосистемах.

У зв'язку з глобальним антропогенним впливом на річкові екосистеми, обумовленим ростом міських агломерацій, гідротехнічним будівництвом, потраплянням полютантів різної природи зі стічними водами, актуальною проблемою сьогодення є оцінка екологічного стану водотоків та їх моніторинг. Контроль за станом якості поверхневих вод у першу чергу важливий для розробки ефективних заходів із використання і прийняття управлінських рішень щодо водних ресурсів. Ці рішення повинні прийматися на науково обґрунтованій оцінці стану й основних тенденцій у зміні якості водних ресурсів. На сьогодні актуальним є використання не лише абіотичних складових водних екосистем, а різних компонентів біоти. Основною причиною переходу на біологічний контроль є той факт, що угруповання водних організмів відображають сукупну дію чинників середовища на якість поверхневих вод.

Моніторингові дослідження річкової мережі Українського Полісся мають тривалу історію. Одними з перших фітопланктон поліських водотоків описали Д. О. Радзимовський та В. В. Поліщук під час експедиції 1961–1963 рр. (Радзимовський і Поліщук, 1970). Також у літературі наявні відомості щодо фітопланктону окремих приток Прип'яті (Поліщук та ін., 1978; Фролова, 1956) й Тетерева (Карпезо, 1974; Клоченко і Митківська, 1993; Шелюк, 2022). Ю.С. Шелюк впродовж 2003–2020 рр. у річкових екосистемах басейнів Прип'яті й Тетерева було ідентифіковано 621 вид водоростей, представлений 660 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом виду включно (Шелюк, 2020).

Аналіз літературних даних дозволяє стверджувати (Conservation

..., 2015), що ще 100 років тому у межах рівнинної частини України у верхів'ї річок типовими були *P.complanata*, *U. tumidus*, *U. pictorum*, *U.crassus*, *A.cygnea*, у середній течії разом із ними оселялась *A. anatina*. Усе це свідчить, що поселення перлівницевих звичайно складались щонайменше із чотирьох-п'яти видів. Такі відомості дозволяють припустити, що не лише наявність чи відсутність цих молюсків у гідроценозах може слугувати показником якості води, а що при біоіндикації потрібно обов'язково враховувати кількість видів у пункті збору. За нашими даними угруповання перлівницевих, сформовані шістьма або п'ятьма видами, в обстеженому нами регіоні відсутні. Хоча відомо, що такі пункти у басейні Случі в межах Житомирської області було виявлено (Янович, 2013). Случ та його притоки зарегульовані значно менше, окрім того на шляху водотоку в межах Житомирської області відсутні великі міста, тому у багатьох місцях все ще збереглися сприятливі умови для існування гідробіонтів. Загалом шість нативних для України видів перлівницевих відрізняються своїми екологічними перевагами та вибагливістю до вибору місць існування. Три з цих видів, а саме *P. complanata*, *U. crassus*, *A. cygnea* надають перевагу лише чистим ділянкам водойми, із задовільним кисневим режимом. Види *P. complanata*, *U. crassus* переважають на проточних ділянках, вони є реофільними та оксифільними. Деградація природних оселищ, зникнення придатних для цих видів місць існування стали причиною катастрофічного зникнення перлівницевих. Види *P. complanata*, *U.crassus*, *A. cygnea* у 2021 році занесено до Червоної книги України зі статусом «вразливі» (Про затвердження ..., 2021) та охороняються у багатьох європейських країнах (Conservation ..., 2015; Zettler M. L. & Jueg, 2007). Загалом, потрібно зазначити, що *U.crassus* не був

виявлений у жодному з пунктів дослідження.

Упродовж 2018–2022 рр. у річках басейну Тетерева переважали планктонні і планктонно-бентосні види водоростей, евритерми й форми, приурочені до помірного температурного режиму, а також теплолюбні види водоростей. Пріоритет мають стояче-текучі види, індіференти за відношенням до умов солоності й pH . У досліджених водотоках відмічено переважання індикаторів сапробності, які відповідають III класу якості вод («Забруднені води»). Помітну частку складають індикатори II класу («Добрі»). На помірний рівень органічного забруднення вод вказує переважання в річках еврисапробів.

За біомасою фітопланктону річки Тетерів і Кам'янка належать до III класу якості вод, інші водотоки – до II класу. За індексом сапробності якість води річок Тетерів, Путятинка і Кам'янка оцінено як задовільну, інших річок – добру. За первинною продукцією та співвідношенням продукційно-деструкційних процесів водотоки ранжували на три групи – ті, що відносяться до II, III і IV класів якості вод.

Отже, методи моніторингу та менеджменту водних екосистем, які базуються на використанні біоіндикаційних характеристик водоростей планктону та інтенсивності продукційно-деструкційних процесів, дозволяють робити ґрунтовну оцінку якості річкових вод урбанізованих територій, проте вимагають значних затрат часу і зачасту залучення фахівців.

Висновки.

1. Оцінка якості води з використанням такого показника як видовий склад поселень перлівницевих показав його доцільність для проведення локальної біоіндикації, для оцінки в межах басейну загалом варто робити проби з певним інтервалом. Методи моніторингу та менеджменту водних екосистем, які базуються на

використанні біоіндикаційних характеристик водоростей планктону та інтенсивності продукційно-деструкційних процесів, є інформативнішими, проте вимагають значних затрат часу.

2. За показником видового складу поселень перлівницевих встановлено, що з п'яти проаналізованих місць основного русла р. Тетерів, у одному випадку якість води може бути оцінена як «Брудна», що відповідає IV класу якості вод. До IV класу якості вод належать річки Гуйва (Іванків), Крошенка та Путятинка в межах Житомира. До II класу якості віднесено ще п'ять пунктів (р. Гуйва в районі сіл Пряжів та Зарічани; р. Кам'янка (м. Житомир); р. Коденка (с. Вертокіївка) та р. Гнилоп'ять (м. Бердичів).

3. У річках басейну Тетерева у складі фітопланктону переважають індикатори сапробності, які відповідають III класу якості вод. Помітну частку складають індикатори II класу. На помірний рівень органічного забруднення вод вказує переважання в річках еврисапробів.

4. За біомасою фітопланктону річки Тетерів і Крошенка належать до III класу якості вод, інші водотоки – до II класу. За індексом сапробності якість води річок Тетерів, Путятинка і Крошенка оцінено як задовільну, інших річок – як добру. За первинною продукцією та співвідношенням продукційно-деструкційних процесів водотоки ранжували на три групи – ті, що відносяться до II, III і IV класів якості вод. Середні значення інтегрального показника $\sum A / \sum R$ для усіх водотоків, окрім р. Путятинка, вищі 1. Це свідчить про позитивне спрямування балансу органічної речовини, властиву водним екосистемам з високою інтенсивністю фотосинтезу. Переважання гетеротрофної фази у Путятинці, швидше за все є відгуком її екосистеми на антропогенний прес.

5. Комплексна оцінка якості води водотоків урбанізованих територій із

використанням в якості біологічних дескрипторів екологічного стану гідроекосистем водоростей планктону і поселень молюсків у поєднанні з проведенням гідрохімічного аналізу вод, основана на басейновому

принципі, є фундаментом для подальшого моніторингу вод, прогнозування змін автотрофної і гетеротрофної ланок водних екосистем за дії чинників середовища.

Список використаних джерел

Афанасьєв С. О. Проблеми і розвиток досліджень екологічного стану гідроекосистем України в аспекті імплементації директив ЄС в галузі довкілля. *Гідробіол. журн.* 2018. 54, № 6. С. 3–17.

Бабіченко В. М., Ніколаєва В. М., Гущина Л. М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століття. *Укр. геогр. журн.* 2007. № 4. С. 3–12.

Барінова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : Piles Studio, 2006. 498 с.

Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення: К.: Твій формат, 2006. 240 с.

Екологія відновлення [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Екологія_відновлення (дата звернення 14.03.2023).

Карпезо Ю. Г. Альгофлора річки Здвиг. Проблеми малих річок України. Київ : Наук. думка, 1974. С. 72–74.

Клименко В. Г. Гідрологія України: навчальний посібник для студентів-географів. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. 124 с.

Клоченко П. Д., Митківська Т. І. Фітопланктон приток верхнього Дніпра. *Укр. ботан. журн.* 1993. Т. 50. № 2. С. 69–78.

Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М.. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. К.: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.

Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.

Поліщук В. В., Трав'янюк В. С., Коненко Г. Д., Гарасевич І. Г. Гідробіологія і гідрохімія річок Правобережного Придніпров'я. Київ : Наук. думка, 1978. 270 с.

Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-п> (дата звернення 17.01.2022)

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)

Проект *Стратегії сталого розвитку* України до 2030 року [Електронний ресурс]. URL: [UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf](https://undp.org.ua/publications/strategy) (дата звернення 29.11.2022)

Радзимовський Д. О., Поліщук В. В. Планктон р. Прип'ять. Київ : Наук. думка, 1970. 211 с.

Сталий розвиток [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сталий_розвиток (дата звернення: 14.03.2023).

Фролова І. О. Альгофлора малих річок Полісся. Наук. записки Київ. ун-ту. 1956. 15, № 4. С. 91–96.

Янович Л. М. Перлівницеві Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) в сучасних екологічних умовах України (стан популяцій, особливості статевої структури і

розмноження, біоценотичні зв'язки та фауна: дис. ... доктора біологічних наук: 03.00.08. Київ, 2013. 389 с.

Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges / Manuel Lopes-Lima and other. *Biological Reviews*, 2015 [Електронний ресурс]. URL:

https://www.researchgate.net/publication/284899646_Conservation_status_of_freshwater_mussels_in_Europe_State_of_the_art_and_future_challenges (дата звернення 14.03.2023)

Mussel Watch Program [Електронний ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mussel_Watch_Program (дата звернення: 14.03.2023)

NOAA Mussel Watch Program: An Assessment of Contaminants of Emerging Concern in Chesapeake Bay, MD, and Charleston Harbor, SC [Електронний ресурс]. URL: <https://coastalscience.noaa.gov/project/mussel-watch-program-assessment-chesapeake-bay-charleston-harbor/> (дата звернення 14.03.2023)

Shelyuk Yu. S. Comparative assessment of the methods of determining phytoplankton production in water bodies differing in their trophic status and water velocity. *Hydrobiol. Journal*. 2017, V. 53. № 6, P. 37–48.

Shelyuk Yu. S. Phytoplankton of the Ukrainian Polissia River Ecosystems (2023). *International Journal on Algae*. 2023. 25 (2), P. 139–156.

Shelyuk Yu. S., Shcherbak V. I. Phytoplankton Structural and Functional Indices in the Rivers of the Pripjat' and Teterev Basins. *Hydrobiol. Journal*. 2018. V. 54, № 3. P. 10–23.

Shelyuk Yu. S. Regularities of primary production formation in river ecosystems (the basins of the Pripjat' and Teterev Rivers, Ukraine). *Hydrobiol. Journal*. 2019. V. 55, № 4. P. 38–54.

Sladeček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnol*. 1973. V. 7, № 1/4. P. 1–218.

Weber E. Population size and structure of three mussel species (Bivalvia: Unionidae) in a northeastern German river with special regard to influences of environmental factors. *Hydrobiologia*. 2005. V. 537. P. 169–183.

Zettler M. L., Jueg U. The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca*. 2007. Vol. 25. P. 165–174.

References (translated & transliterated)

Afanasiev, S. O. (2018). Problemy i rozvytok doslidzhen ekolohichnoho stanu hidroekosystem Ukrainy v aspekti implementatsii dyrektyv YeS v haluzi dovkillia [Problems and development of research on the ecological state of hydroecosystems of Ukraine in the aspect of implementation of EU directives in the field of environment]. *Hidrobiol. Zhurn. [Hydrobiol. Journal]*. 54 (6), 3–17 [in Ukrainian].

Babichenko, V. M., Nikolaieva, V. M. & Hushchyna, L. M. (2007). Zminy temperatury povitria na terytorii Ukrainy naprykintsi XX ta na pochatku XXI stolittia [Air temperature changes in the territory of Ukraine at the end of the 20th and the beginning of the 21st century]. *Ukr. heohr. zhurn [Ukraine geogr. journal]*. 4, 3–12 [in Ukrainian].

Barynova, S. S., Medvedeva, L. A. & Anysymova, O. V. (2006). Byoraznoobraznye vodoroslei-yndykatorov okruzhaiushchei sredi [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Tel-Aviv : Piles Studio [in russian].

Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/Is. Osnovni terminy ta yikh vyznachennia [EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Basic terms and their definitions]. (2006). K.: Tvii format [in Ukrainian].

Ekolohiia vidnovlennia [Ecology of restoration] [Elektronnyi resurs]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ekolohiia_vidnovlennia (Access date 14.03.2023) [in Ukrainian].

Karpezo, Yu. H. (1974). Alhoflora richky Zdvizh. Problemy malykh richok Ukrainy [Algoflora of the Zdvizh River. Problems of small rivers of Ukraine]. Kyiv : Nauk. Dumka [in Ukrainian].

Klymenko, V. H. (2010). Hidrolohiia Ukrainy: navchalnyi posibnyk dlia studentiv-heohrafiiv [Hydrology of Ukraine: a study guide for student geographers]. Kharkiv: KhNU imeni V.N. Karazina [in Ukrainian].

Klochenko, P. D. & Mytkivska, T. I. (1993). Fitoplankton prytok verkhnoho Dnipra [Phytoplankton of the upper Dnieper tributary]. Ukr. botan. zhurn. [Ukraine Botanical Journal]. 50 (2), 69–78. [in Ukrainian].

Maltsev, V. I., Karpova, H. O. & Zub, L. M. (2011). Vyznachennia yakosti vody metodamy bioindykatsii [Determination of water quality by bioindication methods]: naukovo-metodychnyi posibnyk. K.: Naukovyi tsentr ekomonitorynhu ta bioriznomanittia mehapolisu NAN Ukrainy, Nederzhavna naukova ustanova Instytut ekolohii (INEKO) Natsionalnoho ekolohichnoho tsentru Ukrainy [in Ukrainian].

Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod [Methods of hydroecological research of surface waters] (2006). / za red. V. D. Romanenka. Kyiv : LOHOS. [in Ukrainian].

Polishchuk, V. V., Travianko, V. S., Konenko, H. D. & Harasevych, I. H. (1978). Hidrobiolohiia i hidrokhiimiia richok Pravoberezhnoho Prydniprov'ia [Hydrobiology and hydrochemistry Right-bank Dnieper region of the rivers of the Right-bank Dnieper region]. Kyiv : Nauk. dumka [in Ukrainian].

Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19 veresnia 2018 r. № 758 «Pro zatverdzhennia Poriadku zdiisnennia derzhavnogo monitorynhu vod» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 19, 2018 No. 758 "On Approval of the Procedure for State Water Monitoring] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p> (Access date 17.01.2022). [in Ukrainian].

Pro zatverdzhennia perelikiv vydiv tvaryn, shcho zanosyatsia do Chervonoï knyhy Ukrainy (tvarynni svit), ta vydiv tvaryn, shcho vykliucheni z Chervonoï knyhy Ukrainy (tvarynni svit): Nakaz Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 19.01.2021 r. № 29. [On the approval of 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 No. 29]. [Elektronnyi resurs] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#n19> (Access date 29.11.2022) [in Ukrainian].

Proekt Stratehii staloho rozvytku Ukrainy do 2030 roku [Project of the Sustainable Development Strategy of Ukraine until 2030]. [Elektronnyi resurs]. URL: UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf. (Access date 29.11.2022) [in Ukrainian].

Radzymovskiy, D. O. & Polishchuk, V. V. (1970). Plankton r. Prypiat [Plankton of the Pripyat River]. Kyiv : Nauk. Dumka. [in Ukrainian].

Stalyi rozvytok [Sustainability]. [Elektronnyi resurs]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Stalyi_rozvytok (Access date 14.03.2023). [in Ukrainian].

Frolova, I. O. (1956). Alhoflora malykh richok Polissia [Algoflora of small rivers of Polissia]. Nauk. zapysky Kyiv. un-tu [Science notes Kyiv. university]. 15 (4), 91–96. [in Ukrainian].

Ianovych, L. M. (2013). Perlivnytsevi Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) v suchasnykh ekolohichnykh umovakh Ukrainy (stan populiatsii, osoblyvosti statevoi struktury i rozmnozhenia, biotsenotychni zviazky ta fauna: dys. ... doktora biolohichnykh nauk: 03.00.08 [Perlivnytsev Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) in the modern ecological conditions of Ukraine (state of populations, peculiarities of sexual structure and reproduction, biocenotic relationships and fauna: thesis... Doctor of Biological Sciences: 03.00.08]. Kyiv [in Ukrainian].

Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges / Manuel Lopes-Lima and other. *Biological Reviews*, 2015 URL: https://www.researchgate.net/publication/284899646_Conservation_status_of_freshwater_mussels_in_Europe_State_of_the_art_and_future_challenges (Access date 14.03.2023) [in English].

Mussel Watch Program [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mussel_Watch_Program (Access date: 14.03.2023) [in English].

NOAA Mussel Watch Program: An Assessment of Contaminants of Emerging Concern in Chesapeake Bay, MD, and Charleston Harbor, SC [Electronic resource]. URL: <https://coastalscience.noaa.gov/project/mussel-watch-program-assessment-chesapeake-bay-charleston-harbor/> (Access date 14.03.2023) [in English].

Shelyuk, Yu. S. (2017). Comparative assessment of the methods of determining phytoplankton production in water bodies differing in their trophic status and water velocity. *Hydrobiol. Journal*. 53 (6), 37–48. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v53.i6.40> [in English].

Shelyuk, Yu. S. Phytoplankton of the Ukrainian Polissia River Ecosystems (2023). *International Journal on Algae*. 25 (2), 139–156. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v25.i2.30> [in English].

Shelyuk Yu. S. & Shcherbak V. I. (2018). Phytoplankton Structural and Functional Indices in the Rivers of the Pripyat' and Teterev Basins. *Hydrobiol. Journal*. 54 (3), 10–23. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v54.i3.20> [in English].

Shelyuk, Yu. S. (2019). Regularities of primary production formation in river ecosystems (the basins of the Pripyat' and Teterev Rivers, Ukraine). *Hydrobiol. Journal*. 55 (4), 38–54. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i4.40> [in English].

Sladeček, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnol.* 7 (1/4), 1–218. [in English].

Weber, E. (2005). Population size and structure of three mussel species (Bivalvia: Unionidae) in a northeastern German river with special regard to influences of environmental factors. *Hydrobiologia*. 537, 169–183. [in English].

Zettler, M. L. & Jueg, U. (2007). The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca*. 25, 165–174. [in English].

Отримано: 21 квітня 2023

Прийнято: 26 квітня 2023



UDC 594.141:57.047+502.51(477.82)(285)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.91-101

ВМІСТ КСАНТОФІЛІВ В ОРГАНІЗМІ СТАВКОВИКА ЗВИЧАЙНОГО ЗА ДІЇ ІОНІВ ХРОМУ

Г. Є. Киричук¹, Л. В. Музика², Л. Є. Астахова³

На сьогодні особливо гострою проблемою є забруднення природних вод іонами важких металів, наслідком впливу яких є порушення балансу ланцюгів живлення та в цілому екологічної рівноваги екосистеми. У зв'язку з цим, актуальними є дослідження відгуку біотичних компонентів гідроекосистеми на токсичну дію, що дозволить розширити уявлення про адаптивні механізми водних організмів та визначити чутливі тест-об'єкти та тест-функції для оцінки ступеня забруднення природних вод.

Вивчено вплив іонів хрому (Cr^{3+} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) в концентрації, що відповідала 0,5 та 2 ГДК_{рибогосп.} на вміст ксантофілів у гемолімфі, гепатопанкреасі, мантії та нозі *Lymnaea stagnalis*, який є постійним компонентом більшості гідробіоценозів Житомирського Полісся. З'ясовано динаміку вмісту обговорюваних каротиноїдів за різної тривалості експозиції (2, 7, 14 та 21 доба) досліджуваних молюсків у токсичному середовищі.

З'ясовано, що 48-годинна експозиція молюсків у розчинах іонів хрому (Cr^{3+} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) незалежно від їх концентрації (0,5 та 2 ГДК) викликає збільшення вмісту ксантофілів у всіх досліджуваних органах і тканинах *L. stagnalis* в 2,45–3,23 рази ($p \leq 0,001$), що вказує на розвиток миттєвої відповіді тварин на токсичну дію. Подальше пролонгування впливу іонів хрому (7, 14 та 21 доба) обумовило нелінійну органозалежну динаміку вмісту ксантофілів, що пов'язано із специфічністю дії іонів, тривалістю експозиції тварин в токсичних розчинах та метаболічними особливостями досліджуваних органів і тканин. Показано, що вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis* характеризується тканинно-органною специфікою.

Мінімальні кількості обговорюваного каротиноїду зафіксовано у гемолімфі тварин, а

¹ доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університету імені Івана Франка)
e-mail: kyrychuk@zu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-1059-2834

² кандидат біологічних наук, доцент кафедри
ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університету імені Івана Франка)
e-mail: lidiya.muzyka@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7752-7853

³ кандидат біологічних наук, доцент, доцент
кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університету імені Івана Франка)
e-mail: lastahovazt@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1159-525X

максимальні показники значно варіювали між досліджуваними компонентами залежно від умов експерименту.

Ключові слова: прісноводні молюски, іони важких металів, каротиноїдні пігменти, окислювальний стрес, метаболічна адаптація.

XANTHOPHYLL CONCENTRATION IN LYMNAEA STAGNALIS CAUSED BY CHROMIUM IONS

Kyrychuk G., Muzyka L., Astahova L.

Currently the pollution of natural waters by heavy metal ions is a particularly serious problem which results in the disruption of the balance of food chains and the overall ecosystem balance. In this regard the study of the reaction of the biotic components of the hydroecosystem to toxic effects is relevant, and will allow to expand the understanding of the adaptive mechanisms of aquatic organisms and to determine sensitive test objects and test functions for assessing the degree of pollution of natural waters.

The influence of chromium ions (Cr^{3+} and $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) in concentrations corresponding to 0.5 and 2 TLV in fish farming water basins was studied based on the concentration of xanthophylls in hemolymph, hepatopancreas, mantle and leg of *Lymnaea stagnalis*, which is a permanent component of most hydrobiocenoses of Zhytomyr Polissia. The dynamics of the discussed carotenoids at different durations of exposure (2, 7, 14 and 21 days) of the studied shellfish in a toxic environment were observed.

It was found that 48-hour exposure of shellfish in solutions of chromium ions (Cr^{3+} and $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) regardless of their concentration (0.5 and 2 TLV) causes 2.45–3.23 times increase of xanthophylls in all the studied organs and tissues of *L. stagnalis* ($p \leq 0.001$) which indicates the development of an immediate reaction of animals to toxic elements. Further prolongation of exposure to chromium ions (7, 14, and 21 days) resulted in non-linear organ-dependent dynamics of the xanthophyll content which is related to the specificity of the action of ions, the duration of exposure of animals to toxic solutions, and the metabolic features of the studied organs and tissues. It is shown that the content of xanthophylls in the body of *L. stagnalis* is characterized by tissue-organ specificity. The minimum amounts of the discussed carotenoid were recorded in the hemolymph of animals and the maximum values varied significantly between the studied components depending on the experimental conditions.

Key words: freshwater shellfish, heavy metal ions, carotenoid pigments, oxidative stress, metabolic adaptation.

Вступ.

Забруднення прісноводних екосистем є досить серйозною проблемою, адже використання води в промислових процесах, скиди комунальних підприємств та міських забудов призводять до надмірного надходження у водойми шкідливих речовин, серед яких пріоритетну групу складають іони важких металів (ВМ), які легко розчиняються у воді, мають хронічну токсичність, не здатні до біологічного розпаду, переносяться в ланцюгах живлення та накопичуються в організмах гідробіонтів у концентраціях, котрі в рази вищі, ніж у водному

середовищі (Valdés et al., 2014; Aslam, 2017; Gigantone, 2020).

Відомо, що такі іони ВМ, як кадмію, хрому, плумбуму, меркурію та арсену є системними токсикантами, які, навіть у низьких концентраціях викликають численні пошкодження тканин і органів гідробіонтів, впливають на клітинні органели та інгібують ферменти, зокрема і регулятори процесів детоксикації та репарації ушкоджень (Olsson, 1998; Wang, 2001; Casas, 2008; Aslam, 2017). Наслідком такого впливу є порушення балансу ланцюгів живлення та в цілому екологічної рівноваги екосистеми.

Хром належить до групи особливо небезпечних полютантів (Aslam, 2017),

бо, як відомо, є перехідним металом та проявляє біологічну роль в екосистемах залежно від ступеня окислення. В незабруднених і незначно забруднених річках вміст хрому становить від десятих мікрограмів до кількох мікрограмів на дм^3 , в той час у забрудненій воді може перевищувати десятки та сотні мікрограмів на дм^3 (Allaberdiyevich, 2023).

Найстабільнішими ступенями окислення для цього елемента є Cr (III) та Cr (VI), які належать до генотоксичних та можуть викликати окислювальне пошкодження клітини різними молекулярними механізмами. Як відомо, значно вищий рівень токсичності має Cr (VI), який проявляє мутагенні та канцерогенні властивості та розглядається як один із найнебезпечніших хімічних чинників, що здатний порушувати екологічну рівновагу екосистеми (Yanovych & Shvets, 2017; Allaberdiyevich, 2023). Окрім цього, Cr (VI), характеризується значною біодоступністю, може проходити через клітинну мембрану та відновлюватись в клітині до стану з більш низьким ступенем окислення, викликаючи утворення активних форм кисню методом Габера-Вейса або Фентона та призводячи до розвитку різних токсичних ефектів (Wang et al., 2017).

На сьогодні простими та надійними біомаркерами для вимірювання токсичної дії іонів важких металів та механізмів порушень гомеостазу, викликаних токсичними агентами є прісноводні молюски, які виступають постійним компонентом більшості гідробіоценозів, входять до ланцюгів живлення, можуть накопичувати велику кількість іонів металів, що в кінцевому підсумку призводить до біомагніфікації (Ситник та ін., 2012).

Зважаючи на все вище зазначене, дане дослідження є актуальним, має теоретичне та практичне значення.

Матеріал і методи.

Матеріал: 180 екз. *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758), зібраних в басейні р. Тетерів (с. Дригів, Житомирська обл.). Для акліматії до лабораторних умов

молюсків утримували в акваріумах із відстояною протягом доби аерованою водопровідною водою при сталій температурі, рівню кисню та pH ($t = 18\text{--}20^\circ\text{C}$; pH = 7,3–7,7; вміст кисню = 8,5–8,9 мг/дм^3) протягом 14 діб.

Як токсиканти використано $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$. Розрахунок концентрації проведено на катіон для $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ та аніон для $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. В основному токсикологічному експерименті використано концентрації іонів хрому, які відповідали 0,5 та 2 $\text{ГДК}_{\text{рибогосп}}$. Експозиція – 2, 7, 14 та 21 доба. Розчини готували на дехлорованій воді та замінювали свіжими щодоби. Контролем слугували молюски, поміщені в водопровідну дехлоровану воду без додавання токсиканту.

По закінченню чергової експозиції у молюсків контрольної та дослідної груп вимірювали морфометричні параметри та визначали загальну масу тіла й органів. Для біохімічного дослідження у тварин вилучали гепатопанкреас, мантию, ногу та гемолімфу. Щоб виключити вплив на досліджені показники трематодної інвазії, для дослідження обрано лише неінвазованих особин.

Для визначення вмісту ксантофілів зразки тканин гомогенізували та проводили екстракцію гексаном (1:4). Усі використані у роботі реактиви мали кваліфікацію «чда». Усього виконано 720 біохімічних аналізи.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики із застосуванням t-критерію Ст'юдента. Розбіжності вважали статистично вірогідними при $p \leq 0,05\text{--}0,001$.

У процесі виконання дослідження норми біоетики порушені не були.

Результати та обговорення.

Відомо, що одним із компонентів неферментативної системи антиоксидантного захисту організму гідробіонтів є каротиноїдні пігменти, які беруть активну участь в окисно-відновних процесах клітини, здатні нейтралізувати вільні радикали,

попереджувати окислювальне пошкодження клітини (Mahboob, 2013; Young & Lowe, 2018) та підвищувати ефективність імунної реакції (Tan et al., 2020).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що Cr (III) та Cr (VI) у концентраціях, що відповідають 0,5 та 2 ГДК (експозиція – 2, 7, 14, 21 доба) викликають зміни вмісту β -каротину в організмі *L. stagnalis*, однак дія цих іонів у кожному дослідженому органі чи тканині залежно від умов експерименту була багатовекторною та характеризувалася регуляторно-токсичним принципом дії (Кутчук &

Музыка, 2016). У зв'язку з цим виникла потреба проаналізувати особливості дії досліджуваних іонів на вміст ксантофілів, які є окисленими похідними каротинів, і, які, на відміну, від β -каротину не проявляють прооксидантних властивостей (Martin, 1999). У результаті проведених експериментів з'ясовано, що за 2-добової експозиції іони хрому у допороговій концентрації (0,5 ГДК) незалежно від ступеня окиснення стимулюють значне збільшення вмісту ксантофілів у всьому організмі досліджуваних молюсків в 2,04 – 2,87 рази ($p \leq 0,001$) (рис. 1)

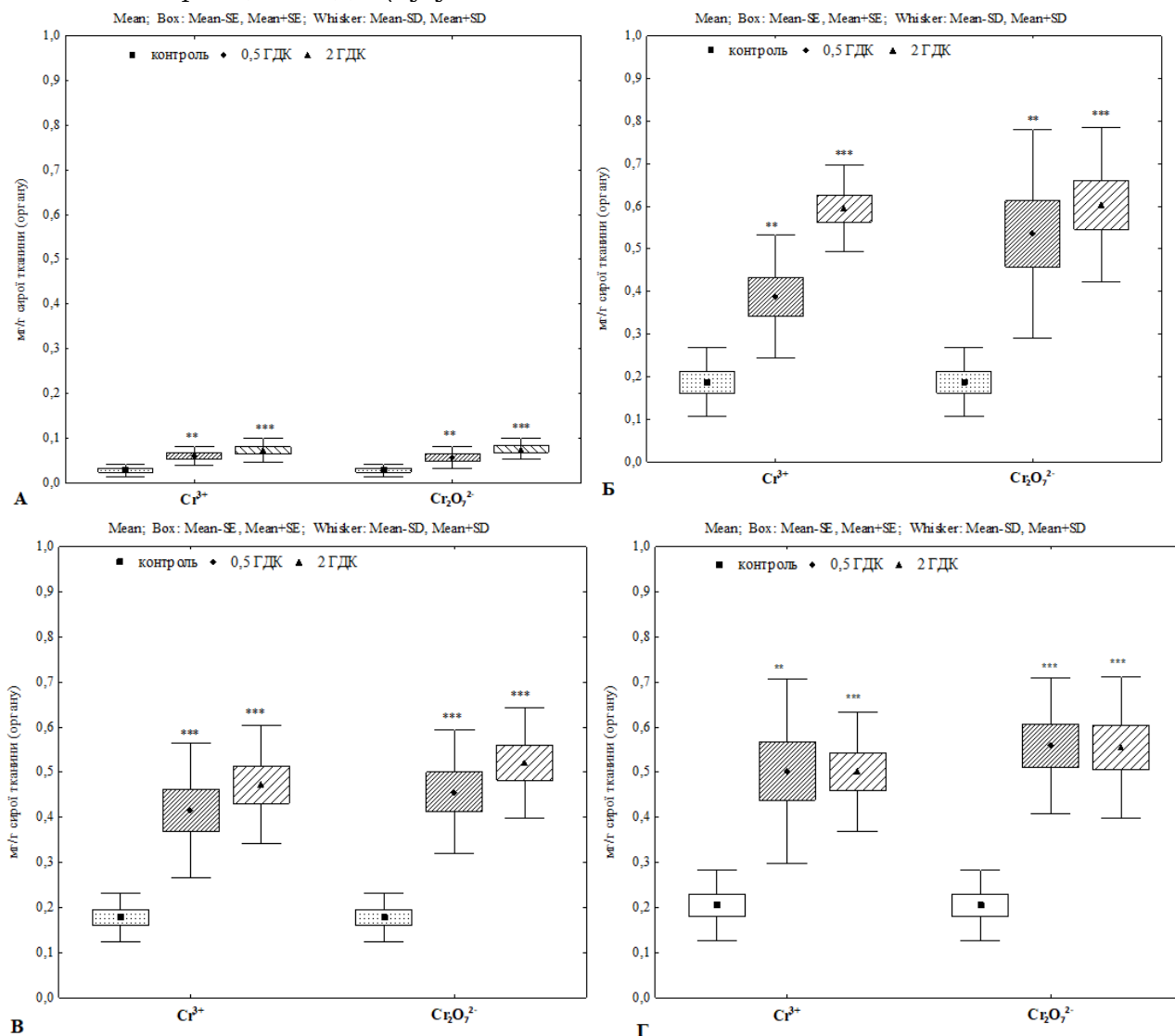


Рис. 1 Вплив іонів хрому (експозиція – 2 доби) на вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis*: А – гемолімфа, Б – гепатопанкреас; В – мантія; Г – нога; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Таку ж динаміку зафіксовано і при збільшенні дозового навантаження хромом до рівня 2 ГДК (експозиція – 48 діб): відмічено збільшення вмісту ксантофілів (в 2,45–3,23 раза ($p \leq 0,001$)) в усіх досліджуваних тканинах і органах *L. stagnalis*.

При цьому, досліджувані органи (в порядку збільшення відхилення від контролю) можна розмістити таким чином:

0,5 ГДК : гемолімфа → гепатопанкреас → мантия → нога;

2 ГДК гемолімфа → мантия → нога → гепатопанкреас;

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

0,5 ГДК гемолімфа → мантия → гепатопанкреас → нога;

2 ГДК гемолімфа → мантия → нога → гепатопанкреас.

Така динаміка може бути обумовлена особливостями дії іонів хрому, які, як відомо, є отрутами локальної дії, що здатні вражати клітини поверхневого мерехтливого епітелію досліджуваних тварин, безперешкодно надходити в організм та викликати ослизнення шкірних покривів, що перешкоджає газообміну та призводить до розвитку гіпоксії (Дудник і Євтушенко, 2013). У відповідь на це, відбувається вилучення кисню, депонованого за рахунок спряжених подвійних зв'язків в молекулі каротиноїду, в результаті чого обговорювані сполуки набувають забарвлення та фіксуються у видимій області спектра.

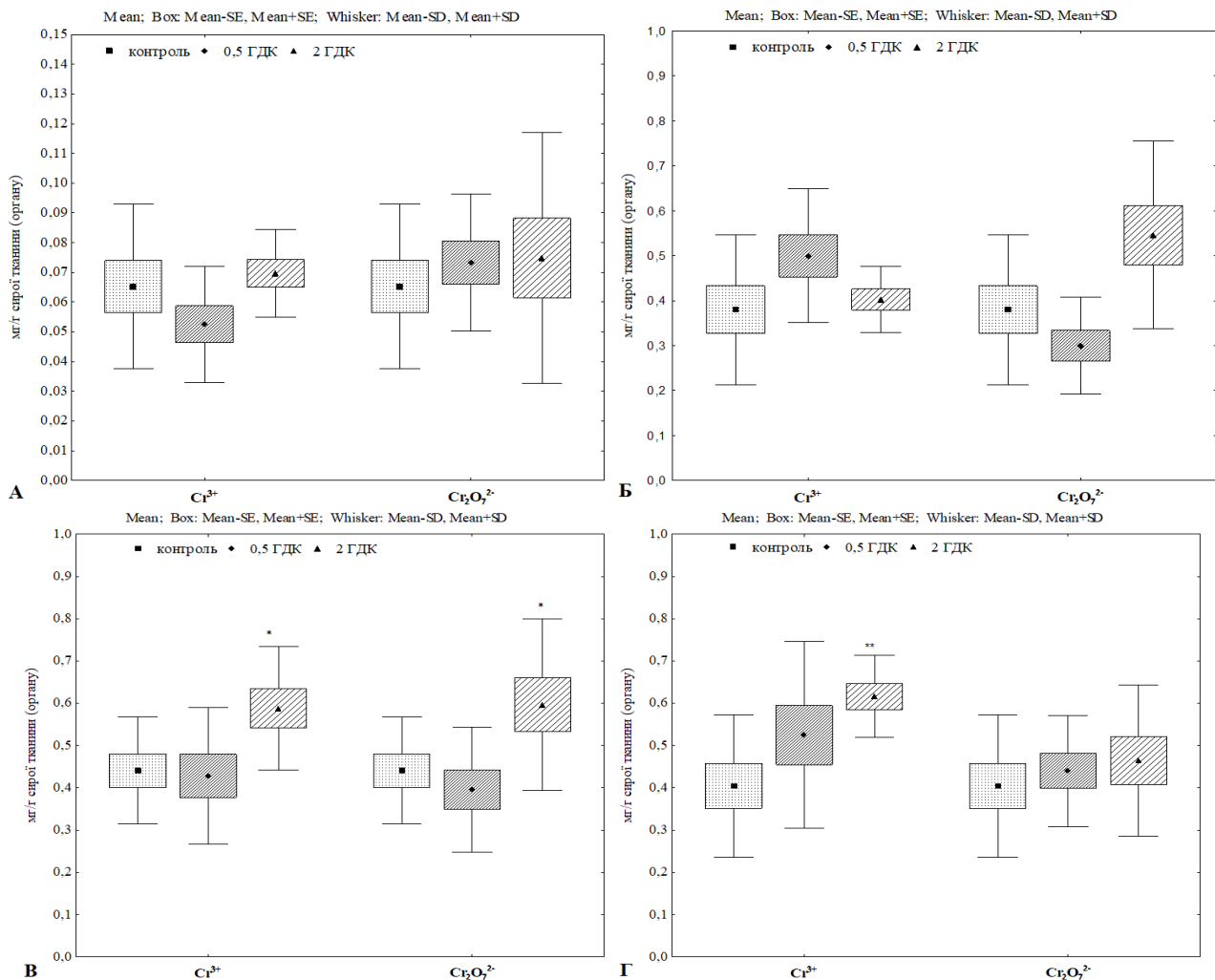


Рис. 2 Вплив іонів хрому (експозиція – 7 діб) на вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis*: А – гемолімфа, Б – гепатопанкреас; В – мантия; Г – нога; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Окрім цього, таке суттєве збільшення ксантофілів може свідчити про активізацію захисних сил організму молюсків у відповідь на посилення процесів вільнорадикального окислення, викликаних іонами хрому, у зв'язку з чим відмічається підвищення рівня неферментативних антиоксидантів в калітині (Chaâbane, 2020).

При збільшенні часу контакту з іонами Cr^{3+} (0,5 ГДК) до 7 діб встановлено органоспецифічну динаміку. Так, за таких умов експерименту вміст ксантофілів збільшувався у нозі та гепатопанкреасі молюсків (на 29,64–31,55 %), зменшувався на 19,60 % у гемолімфі, а у мантиї показники контрольної та дослідної групи знаходились в одному діапазоні значень (рис. 2).

Щодо дії іонів Cr (VI), то зафіксовано відмінну динаміку, адже відмічено збільшення вмісту каротиноїдів (на 12,40 %) у гемолімфі та його зменшення на 10,26–21,16 % у мантиї та гепатопанкреасі тварин. Для ноги *L. stagnalis* за значеннями обговорюваного показника не встановлено статистично достовірних відмінностей від контролю.

За умови підвищення концентрації іонів Cr (III) до рівня 2 ГДК відмічається збільшення вмісту ксантофілів на 33,40 та 52,22 % відповідно у мантиї та нозі *L. stagnalis*, а в їх гемолімфі та гепатопанкреасі не встановлено статистично достовірних відмінностей від контролю. Водночас, дія $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (2 ГДК) обумовила зростання показників в усьому організмі досліджуваних молюсків на 14,55–43,71 %. При цьому, найбільше

відхилення від контролю зафіксовано у гепатопанкреасі тварин, а найменше – у їх гемолімфі. Таке нарощування ресурсів ксантофілів, імовірно, можна розглядати як тканинну нейтралізацію продуктів ПОЛ, за якої активуються механізми неспецифічного антиоксидантного захисту у відповідь на посилення окислювального стресу за дії іонів хрому.

Подальше пролонгування експозиції молюсків у середовищі, затруєному іонами Cr^{3+} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ до 14 діб (0,5 ГДК) супроводжується збільшенням показників у гемолімфі та нозі досліджуваних молюсків на 15,71–54,16 % (рис. 3). Водночас, у гепатопанкреасі та мантиї показники контрольної та дослідної груп виявились величинами одного порядку.

При збільшенні токсичного навантаження іонами хрому до рівня 2 ГДК залежно від ступеня окислення встановлено різну динаміку. Так, дія Cr (III) призвела до зменшення вмісту ксантофілів в усіх досліджених органах на 19,38 – 34,98 %. Однак, у гемолімфі, яка слугує джерелом перенесення каротиноїдів, зафіксовано збільшення значень в 3,42 рази відносно контролю. Дія хрому (VI) за обговорюваних умов досліду викликала збільшення вмісту ксантофілів у всьому організмі *L. stagnalis* на 12,97–74,55 %.

За довгострокової експозиції (21 доба) молюсків у середовищі, затруєному іонами Cr^{3+} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (0,5 ГДК) відмічено зменшення вмісту ксантофілів у гемолімфі та мантиї молюсків на 17,83–55,9 % (рис. 4).

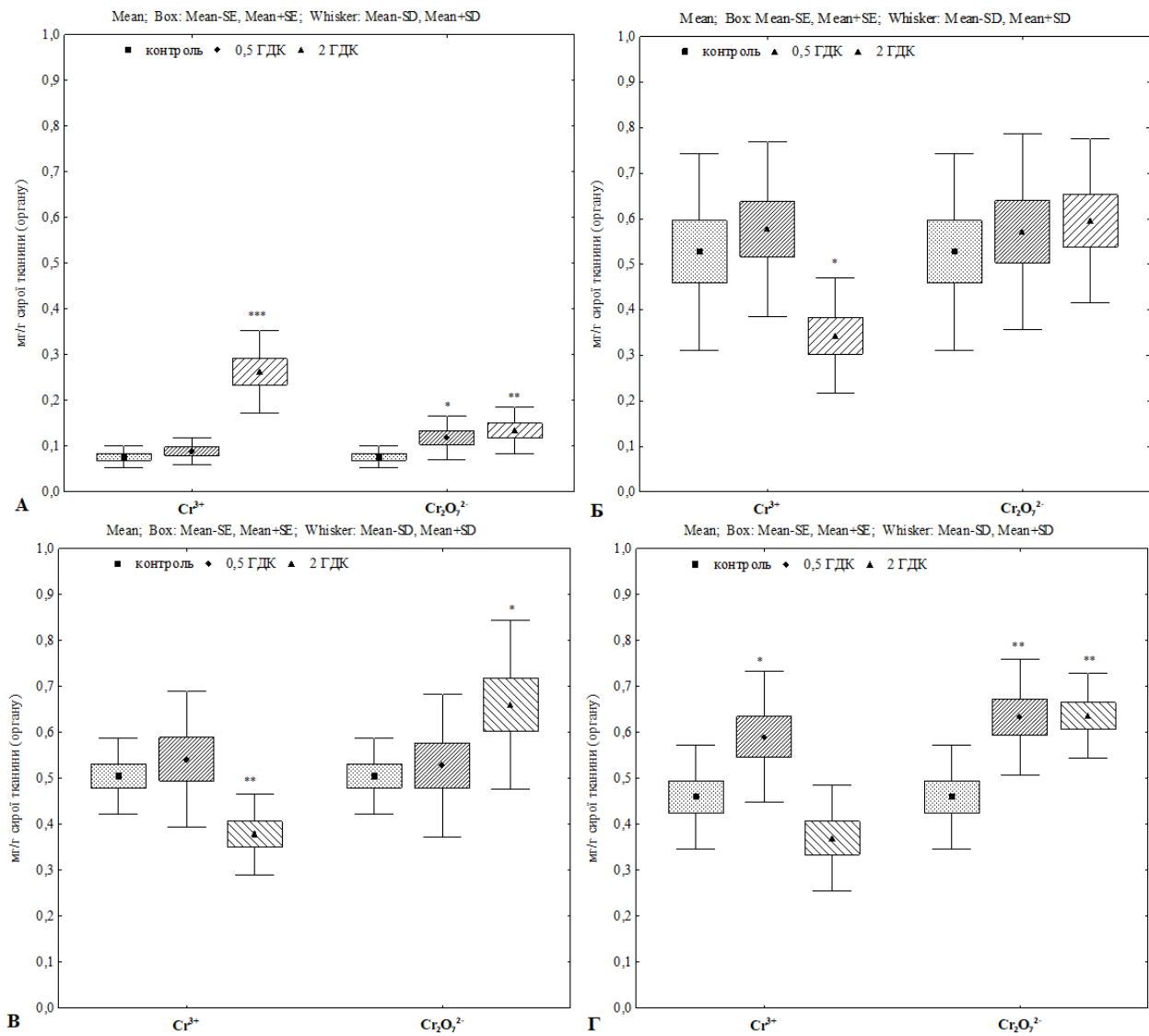


Рис. 3 Вплив іонів хрому (експозиція – 14 діб) на вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis*: А – гемолимфа, Б – гепатопанкреас; В – мантия; Г – нога; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

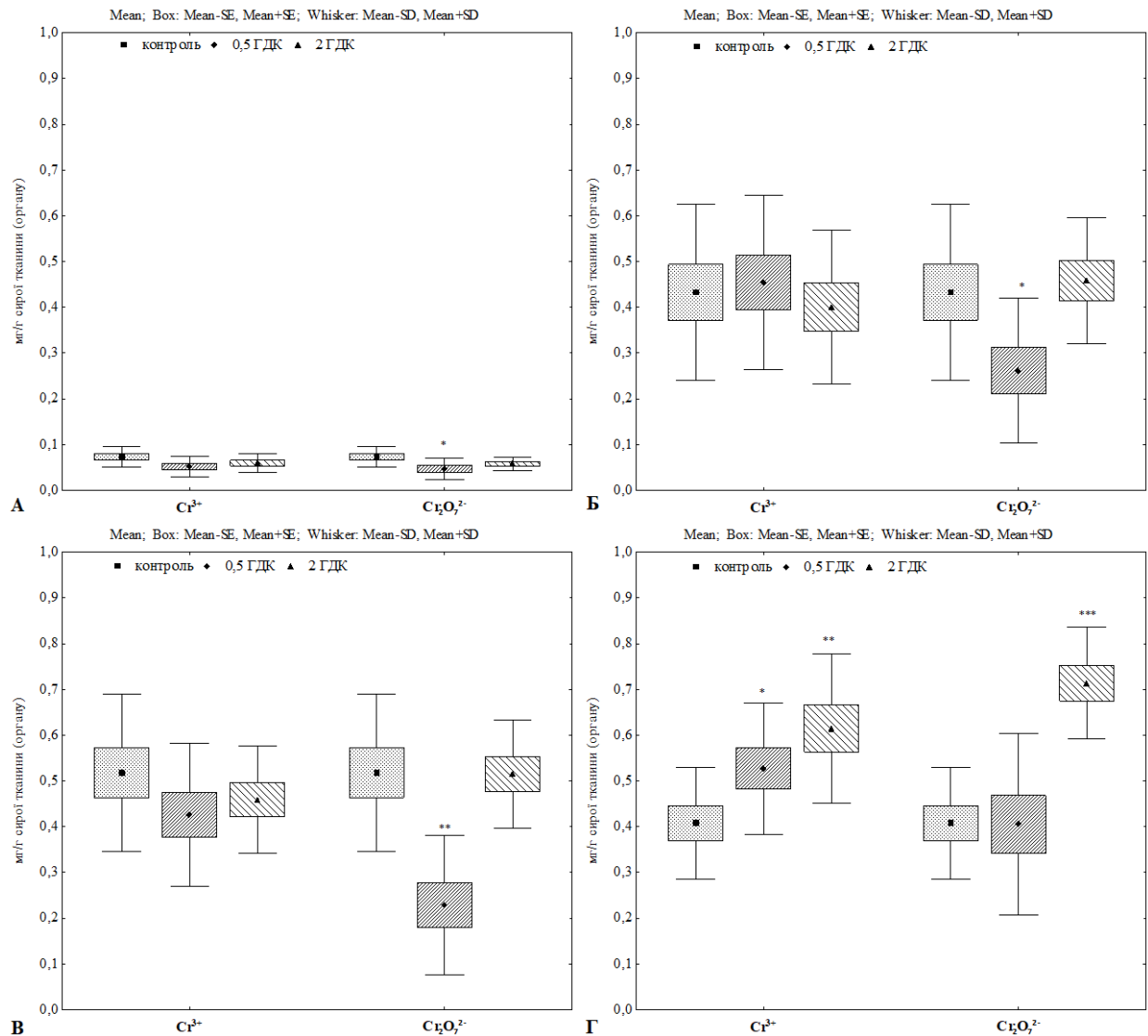


Рис. 4 Вплив іонів хрому (експозиція – 21 доба) на вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis*: А – гемолімфа, Б – гепатопанкреас; В – мантия; Г – нога; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

У нозі тварин дія хрому (III) викликала збільшення обговорюваних показників на 29,38%, а $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ за таких умов експерименту не обумовлювали відмінностей від контролю. Для гепатопанкреасу зафіксовано зменшення значень (на 39,51 %) за дії Cr (VI) та не вдалося встановити статистично достовірних відхилень за токсичного впливу Cr (III).

Довгострокове інкубування *L. stagnalis* у розчинах іонів Cr^{3+} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ більш високої концентрації (2ГДК) призвело до зменшення

кількості ксантофілів на 18,10–20,30 % у гемолімфі, їх збільшення на 50,91–75,21 % у нозі та не обумовлювало змін у гепатопанкреасі. У мантиї тварин кількість ксантофілів зменшувалась на 11,33 % за дії Cr^{3+} та знаходилась на рівні показників контрольної групи при контакті з $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

Така динаміка, ймовірно, пов'язана із цільовим перерозподілом ксантофілів між тканинами молюсків та метаболічною трансформацією одних форм ксантофілів в інші.

Висновки.

Отже, зміни вмісту ксантофілів у тканинах та органах *L. stagnalis* за дії іонів хрому є одним із елементів компенсаторно-адаптивної відповіді цих тварин, що проявляється в певних межах токсичного навантаження і направлена на підтримку їх гомеостазу.

З'ясовано, що вміст ксантофілів в організмі *L. stagnalis* за дії іонів хрому залежить від ступеня окиснення металу, що визначає специфічність

його дії, часу експозиції тварин у токсичних розчинах та характеризується тканинно-органною специфічністю.

Мінімальними показниками вмісту обговорюваних каротиноїдів характеризується гемолімфа тварин, а максимальні значення варіюють між органами та тканинами залежно від досліджуваного іону та тривалості експозиції тварин у токсичних розчинах.

Список використаних джерел

Дудник С. В., Євтушенко М. Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія, Київ.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.

Ситник Ю. М., Арсан О. М., Киричук Г. Є., Ляшенко А. В., Вітовецька Т. В. Вміст важких металів в органах та тканинах молюсків деяких водойм міської зони Києва. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. 2012. 51. С. 230–236.

Allaberdiyevich S. S. Quantitative Properties of Chemical Elements in the Body of Bivalves. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2023. 19 (3). P. 72–78.

Aslam S., Yousafzai A. M. Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2017. 5 (3). P. 1483–1488.

Casas S., Gonzalez J. L., Andral B., Cossa D. Relation between metal concentration in water and metal content of marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*): impact of physiology. *Environ Toxicol Chem*. 2008. 27. P.1543–1552. <https://doi.org/10.1897/07-418.1>.

Chaâbane M., Bejaoui S., Trabelsi W., Telahigue K., Chetoui I., Chalghaf M., Soudani N. The potential toxic effects of hexavalent chromium on oxidative stress biomarkers and fatty acids profile in soft tissues of *Venus verrucosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2020. 196. 110562. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110562>.

Gigantone C. B., Sobremisana M. J., Trinidad L. C., Migo V. P. Impact of abandoned mining facility wastes on the aquatic ecosystem of the Mogpog river, Marinduque, Philippines. *Journal of Health and Pollution*. 2020. 10 (26). 200611.: <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.26.200611>.

Kyrychuk G. Y., Muzyka L. V. Peculiarities of the distribution of β -carotene in the organism of *Lymnaea stagnalis* under the influence of the ions of heavy metals. *Hydrobiological Journal*. 2016. 52 (5). P. 63–72. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i5.70>.

Mahboob S. Environmental pollution of heavy metals as a cause of oxidative stress in fish: a review. *Life Sci. J*. 2013. 10. P. 336–347.

Martin H. D., Ruck C., Schmidt M., Sell S., Beutner S., Mayer B., Walsh R. Chemistry of carotenoid oxidation and free radical reactions. *Pure and applied chemistry*. 1999. 71 (12). P. 2253–2262. <https://doi.org/10.1351/pac199971122253>.

Mubiana V. K., Vercauteren K., Blust R. The influence of body size, condition index and tidal exposure on the variability in metal bioaccumulation in *Mytilus edulis*. *Environ Poll*. 2006. 144. P. 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.017>.

Olsson P. E, Kling P., Hogstrand C. Mechanisms of heavy metal accumulation and toxicity in fish. In: *Metal metabolism in aquatic environments*. Boston, MA: Springer US, 1998. P. 321–350.

Tan K., Zhang H., Lim L. S., Ma H., Li S., Zheng H. Roles of carotenoids in invertebrate immunology. *Frontiers in Immunology*. 2020. 10. 3041. [https://doi: 10.3389/fimmu.2019.03041](https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.03041).

Valdés J., Guínez M., Castillo A., Vega S. E. Cu, Pb, and Zn content in sediments and benthic organisms from San Jorge Bay (northern Chile): Accumulation and biotransference in subtidal coastal systems. *Ciencias Marinas*. 2014. 40 (1). P. 45–58. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i1.2318>.

Wang K. S., Chiang K. Y., Tsai C. C., Sun C. J., Tsai C. C., Lin K. L. The effects of FeCl₃ on the distribution of the heavy metals Cd, Cu, Cr, and Zn in a simulated multimetal incineration system. *Environment International*. 2001. 26 (4). P. 257–263. [https://doi:10.1016/s0160-4120\(00\)00115-x](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(00)00115-x).

Wang Y., Su H., Gu Y., Song X., Zhao J. Carcinogenicity of chromium and chemoprevention: a brief update. *OncoTargets and therapy*. 2017. 10. P. 4065–4079. [https://doi: 10.2147/OTT.S139262](https://doi.org/10.2147/OTT.S139262).

Yanovych D. O., Shvets T. M. Chromium in Hydroecosystems and its Impact on the Aquatic Biota (a Review). *Hydrobiological Journal*. 2017. 53 (4). P. 69–84. [https://doi:10.1615/hydrobj.v53.i4.70](https://doi.org/10.1615/hydrobj.v53.i4.70).

Young A. J., Lowe G. L. Carotenoids – antioxidant properties. *Antioxidants*. 2018. 7 (2). 28. [https://doi:10.3390/antiox7020028](https://doi.org/10.3390/antiox7020028).

References (translated & transliterated)

Dudnyk, S. V., & Jevtushenko, M. Ju. (2013) Vodna toksykologhija: osnovni teoretychni polozhennja ta jikhnje praktychne zastosuvannja [Aquatic toxicology: basic theoretical principles and their practical application]. Publishing House of the Ukrainian Phytosociological Center. Kyiv. 297 p [In Ukrainian].

Sytnyk, Ju. M., Arsan, O. M., Kyrychuk, G. Je., Ljashenko, A. V., & Vitovecjk, T. V. (2012) Vmist vazhkykh metaliv v orghanakh ta tkanynakh moljuskiv dejakykh vodojm misjkoji zony Kyjeva [The content of heavy metals ions in organs and tissues of mollusks from some Kyiv city water reservoirs]. *Naukovi zapysky Ternopiljskogho nacionaljnogho pedagoghichnogho universytetu imeni Volodymyra Ghnatjuka* [Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University], 51, 230–236 [In Ukrainian].

Allaberdiyevich, S. S.(2023) Quantitative Properties of Chemical Elements in the Body of Bivalves. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 19 (3). 72–78 [in English].

Aslam, S., & Yousafzai, A. M. Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2017. 5 (3). P. 1483–1488 [in English].

Casas, S., Gonzalez, J. L., Andral, B., & Cossa, D.(2008) Relation between metal concentration in water and metal content of marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*): impact of physiology. *Environ Toxicol Chem*. 27. P.1543–1552. <https://doi.org/10.1897/07-418.1> [in English].

Chaâbane, M., Bejaoui, S., Trabelsi, W., Telahigue, K., Chetoui, I., Chalghaf, M., & Soudani, N.(2020) The potential toxic effects of hexavalent chromium on oxidative stress biomarkers and fatty acids profile in soft tissues of *Venus verrucosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 196. 110562. [https://doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110562](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110562) [in English].

Gigantone, C. B., Sobremisana, M. J., Trinidad, L. C., & Migo, V. P.(2020) Impact of abandoned mining facility wastes on the aquatic ecosystem of the Mogpog river, Marinduque, Philippines. *Journal of Health and Pollution*. 10 (26). 200611. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.26.200611> [in English].

Kyrychuk, G. Y., & Muzyka, L. V. (2016) Peculiarities of the distribution of β -carotene in the organism of *Lymnaea stagnalis* under the influence of the ions of heavy

metals. *Hydrobiological Journal*. 52 (5). P. 63–72. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i5.70> [in English].

Mahboob, S. Environmental pollution of heavy metals as a cause of oxidative stress in fish: a review. *Life Sci. J.* 10. P. 336–347 [in English].

Martin, H. D., Ruck, C., Schmidt, M., Sell, S., Beutner, S., Mayer, B., & Walsh, R. (1999) Chemistry of carotenoid oxidation and free radical reactions. *Pure and applied chemistry*. 71 (12). 2253–2262. <https://doi.org/10.1351/pac199971122253> [in English].

Mubiana, V. K., Vercauteren, K., & Blust, R. (2006) The influence of body size, condition index and tidal exposure on the variability in metal bioaccumulation in *Mytilus edulis*. *Environ Poll.* 144. 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.017> [in English].

Olsson, P. E., Kling, P., & Hogstrand, C. (1998) Mechanisms of heavy metal accumulation and toxicity in fish. In: *Metal metabolism in aquatic environments*. Boston, MA: Springer US. P. 321–350. [in English].

Tan, K., Zhang, H., Lim, L. S., Ma, H., Li, S., Zheng, H. (2020) Roles of carotenoids in invertebrate immunology. *Frontiers in Immunology*. 10. 3041. doi: 10.3389/fimmu.2019.03041 [in English].

Valdés, J., Guinez, M., Castillo, A., & Vega, S. E. (2014) Cu, Pb, and Zn content in sediments and benthic organisms from San Jorge Bay (northern Chile): Accumulation and biotransference in subtidal coastal systems. *Ciencias Marinas*. 40 (1). 45–58. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i1.2318> [in English].

Wang, K. S., Chiang, K. Y., Tsai, C. C., Sun, C. J., Tsai, C. C., Lin, K. L. (2001) The effects of FeCl₃ on the distribution of the heavy metals Cd, Cu, Cr, and Zn in a simulated multimetal incineration system. *Environment International*. 26 (4). 257–263. doi:10.1016/S0160-4120(00)00115-X [in English].

Wang, Y., Su, H., Gu, Y., Song, X., Zhao, J. (2017) Carcinogenicity of chromium and chemoprevention: a brief update. *OncoTargets and therapy*. 10. P. 4065–4079. <https://doi.org/10.2147/OTT.S139262> [in English].

Yanovych, D. O., & Shvets, T. M. (2017) Chromium in Hydroecosystems and its Impact on the Aquatic Biota (a Review). *Hydrobiological Journal*. 53 (4). 69–84. <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v53.i4.70> [in English].

Young, A. J., & Lowe, G. L. (2018) Carotenoids antioxidant properties. *Antioxidants*. 7 (2). 28. <https://doi.org/10.3390/antiox7020028> [in English].

Отримано: 16 квітня 2023

Прийнято: 27 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

ГЕОГРАФІЯ

УДК 911.9+556+626/627

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.102-115

ВИОКРЕМЛЕННЯ ОСЕРЕДКОВИХ ЛАНДШАФТІВ НА ПРИКЛАДІ ДОЛИННО-РІЧКОВИХ ЛАНДШАФТНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

О. Д. Лаврик¹, В. І. Корінний², О. В. Гарбар³, Р. П. Власенко⁴, Т. В. Андрійчук⁵

У структурі природних ландшафтів річкові долини мають важливе значення. Саме вони є місцями концентрації населення, екологічними жолобами та ландшафтним «каркасом», навколо якого функціонують усі інші геокомплекси. Якщо каркасні ландшафти були детально проаналізовані науковцями, то осередкові ландшафти залишаються поза увагою науковців.

Метою статті є на основі удосконаленої класифікації антропогенних ландшафтів за значимістю проаналізувати структуру осередкових ландшафтів на прикладі ландшафтно-технічних систем (ЛТЧС) у річкових долинах модельного регіону – рівнинної частини Правобережної України.

У межах долинно-річкових ландшафтів до групи осередкових належать дорожні, гірничопромислові, сільськогосподарські та бєлігеративні ЛТЧС. Більшість сучасних дорожніх

¹ доктор географічних наук, професор,
професор кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: slavrik1979@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2604-2500

² кандидат геологічних наук, доцент
доцент кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: 20oren09@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1352-0940

³ 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

⁴ кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: vlasenko_r76@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3743-4406

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

ландшафтно-технічних систем відносяться до категорії «ландшафтно-техногенних систем». Руйнування техногенного покриву пов'язане з надмірним навантаженням на дорожнє полотно автомобільних транспортних засобів, вага яких часто не відповідає встановленим нормам. У результаті видобування та переробки корисних копалин в долинах річок формуються гірничопромислові ЛТчС. Діючі гірничопромислові ЛТчС сформовані кар'єрами, відвалами пустих порід і збагачувальними або дробильно-сортувальними комбінатами та фабриками. Для річкових долин Правобережної України характерні нові антропогенні типи місцевостей, які утворилися після видобування корисних копалин: місцевості котлованно-торфових пустирів і «кам'янистий бедленд». Долинно-річкові сільськогосподарські ЛТчС представлені водорегулюючо-зрошувальними системами і виноградниками. Відсутність модернізації і використання застарілого устаткування та обладнання не дають змоги у повній мірі функціонувати ЛТчС і продукувати відповідну кількість врожайів. До бelligеративних ландшафтно-техногенних систем відносяться комплекси оборонних вузлових споруд «ліній оборони» ХХ ст. Висловлено окремі критичні зауваження щодо аналізу структури осередкових ландшафтів після початку повномасштабного вторгнення російської федерації на територію Правобережної України. Зроблено висновок про те, що у контексті вивчення сучасних антропогенних ландшафтів України дослідження осередкових долинно-річкових ландшафтно-технічних систем сприятиме кращому розумінню їх структури та розробки шляхів оптимізації.

Ключові слова: антропогенні ландшафти, класифікація ландшафтів, осередкові ландшафти, ландшафтно-технічні системи, річкові долини.

HIGHLIGHTING OF FOCAL LANDSCAPES ON THE EXAMPLE OF VALLEY-RIVER LANDSCAPE-TECHNICAL SYSTEMS

O. D. Lavryk, V. I. Korinnyi, O. V. Garbar, R. P. Vlasenko, T. V. Andriychuk

River valleys are important in the structure of natural landscapes. They are the places of population concentration, ecological gutters and the landscape "framework" around which all other geocomplexes function. If the framework landscapes have been analyzed in detail by scientists, the focal landscapes are inflated beyond the attention of scientists.

The purpose of the article is to analyze the structure of focal landscapes on the basis of the improved classification of anthropogenic landscapes by significance on the example of landscape-technical systems (LTchS) in the river valleys of the model region - the flat part of Right Bank Ukraine.

Within the valley-river landscapes, the focal group includes road, mining, agricultural, and belligerative LTchS. Most modern road landscape technical systems belong to the category of "landscape technogenic systems". The destruction of man-made cover is associated with the excessive load on the road surface of motor vehicles, the weight of which often does not meet the established standards. As a result of mining and processing of minerals in river valleys, mining LTchS are formed. Active mining LTchS are formed by quarries, waste rock dumps and beneficiation or crushing and sorting plants and factories. The river valleys of the Right Bank of Ukraine are characterized by new anthropogenic types of areas that were formed after the extraction of minerals: areas of pit-peat wastelands and "rocky badlands". Valley-river agricultural LTchS are represented by water regulation and irrigation systems and vineyards. The lack of modernization and the use of outdated equipment and facilities do not allow the LTchS to fully function and produce the appropriate amount of crops. Belligerative landscape and man-made systems include complexes of defensive nodal structures "lines of defense" of the 20th century. Some critical remarks were made regarding the analysis of the structure of focal landscapes after the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation on the territory of Right Bank Ukraine. It was concluded that in the context of the study of modern anthropogenic landscapes of Ukraine, the study of focal valley-river landscape-technical systems will contribute to a better understanding of their structure and the development of ways of optimization.

Key words: anthropogenic landscapes, classification of landscapes, focal landscapes, landscape technical systems, river valleys.

Вступ.

Проблеми класифікації антропогенних ландшафтів присвячена значна кількість наукових публікацій (Воловик, 2018; Гродзинський, 2005; Денисик, 1998). Поряд з традиційним поділом (за генезою, за видом господарської діяльності, за бонітетом тощо) дослідники періодично пропонують нові підходи (Лаврик, 2018; De Clercq & Vanwambeke, 2017; Classification..., 2017; Chmielewski et al., 2015; Myga-Piatek, 2014). Це зумовлено удосконаленням теоретико-методологічних засад дослідження антропогенних ландшафтів та намаганням краще зрозуміти їх роль у структурі і функціонуванні сучасної ландшафтної сфери. Диференціація антропогенних ландшафтів на групи каркасних (селитебні і дорожні ландшафти), осередкових (промислові, водні антропогенні та бєлігеративні ландшафти), фонових (сільськогосподарські і лісові антропогенні ландшафти) та гуманістичних (рекреаційні, сакральні і тафальні ландшафти) була розроблена представниками Вінницької школи антропогенного ландшафтознавства (Денисик & Вальчук, 2005; Воловик & Слівінська, 2019; Михайленко, 2016; Anthropogenic..., 2022). Така класифікація базується на ознаці, яка має *«суттєве значення у подальшому розвитку або формуванні структури антропогенного ландшафту загалом»* (Денисик, 2014). Однак, на думку авторів, такий поділ є умовним і не зовсім досконалим. Якщо брати за основу такого групування значимість концентрації окремого класу ландшафтів у межах певного регіону досліджень, то каркасними ландшафтами можна вважати будь-який із них. Викликає сумнів наявність у цій класифікації гуманістичних ландшафтів (Денисик, 2014). Адже ознака ідентифікації має бути одна, а їх виокремлення у такому випадку не співвідноситься з іншими групами. У протилежному випадку варто

здуматися над удосконаленням термінологічного апарату класифікації. Можливо, більш доречною назвою групи гуманістичних ландшафтів буде – фрагментарні або мозаїчні? Тим не менш, зазначена ідея класифікації антропогенних ландшафтів має право на існування, а отже потребує подальшої розробки та вдосконалення.

У структурі природних (натуральних і антропогенних) ландшафтів річкові долини мають важливе значення. Саме вони є місцями концентрації населення, екологічними жолобами та ландшафтним «каркасом», навколо якого функціонують усі інші геокомплекси. Каркасні ландшафти річкових долин були нами проаналізовані на прикладі ландшафтно-технічних систем у попередніх публікаціях (Лаврик, 2019а; 2019b). До цього часу каркасні ландшафти привертають увагу географів (Воловик, 2019; Воловик і Слівінська, 2019; Каркасні..., 2021), залишаючи поза зором інші групи ландшафтів із зазначеної класифікації.

Мета статті: на основі удосконаленої класифікації антропогенних ландшафтів за значимістю проаналізувати структуру осередкових ландшафтів на прикладі ландшафтно-технічних систем у річкових долинах модельного регіону – рівнинної частини Правобережної України.

Матеріал і методи.

Зазначене дослідження ґрунтується на ідеях Ф. М. Мількова та Г. І. Денисика, за якими організаційну структуру антропогенних ландшафтів формують групи «власне антропогенних ландшафтів» (ВАЛ) і «ландшафтно-технічних систем» (ЛТЧС). Польові дослідження (2008–2021 рр.) виконані з врахуванням удосконаленої концепції (Лаврик, 2019b) природно-технічних систем В. С. Преображенського. Аналіз структури осередкових ЛТЧС здійснювався через їх поширення у межах антропогенних зон:

лісопасовища, лісополя і поля (Денисик, 1998).

Результати.

Зараз в організаційній структурі ландшафтної сфери провідну роль відіграють ландшафтно-технічні системи, в яких взаємодіють (або припинили взаємодію) природний, технічний і управлінський блоки.

Для долин річок Правобережної України є характерними не всі ландшафтно-технічні системи (ЛТЧС), які представлені у класифікації за видом господарської діяльності (Денисик, 2014). Це зумовлено контрастністю середовищ (вода ↔ суша), специфікою господарського освоєння регіону, а також особливостями блокової структури ЛТЧС. Тому при розгляді структури долинно-річкових ландшафтно-технічних систем (ДЛТЧС) варто використовувати дещо інший підхід, ніж до аналізу антропогенних ландшафтів у комплексі (річкова долина + вододіл). Основу сучасних долинно-річкових ландшафтів формують досліджень. (рис. 1).

селитебні ДЛТЧС, між якими роль сполучних ланок відіграють водогосподарські долинно-річкові ландшафтно-технічні системи. Дорожні, гірничопромислові, сільськогосподарські та бєлігеративні ландшафтно-технічні системи у річкових долинах зустрічаються осередково і займають значно менші площі порівняно з основними. Це зумовлює їх виокремлення як групи осередкових ландшафтів. Фонові ландшафти (лісогосподарські) хоча й характерні для заплав, надзаплавних терас і схилів, у більшості випадків є геокомпонентними, а не блоковими системами. На певних етапах господарського освоєння осередкові та фонові ЛТЧС відігравали важливу роль у формуванні сучасного образу річкових долин. Зараз вони лише доповнюють структуру каркасних долинно-річкових ландшафтно-технічних систем Правобережної України, проте не втратили свого економічного значення для регіону

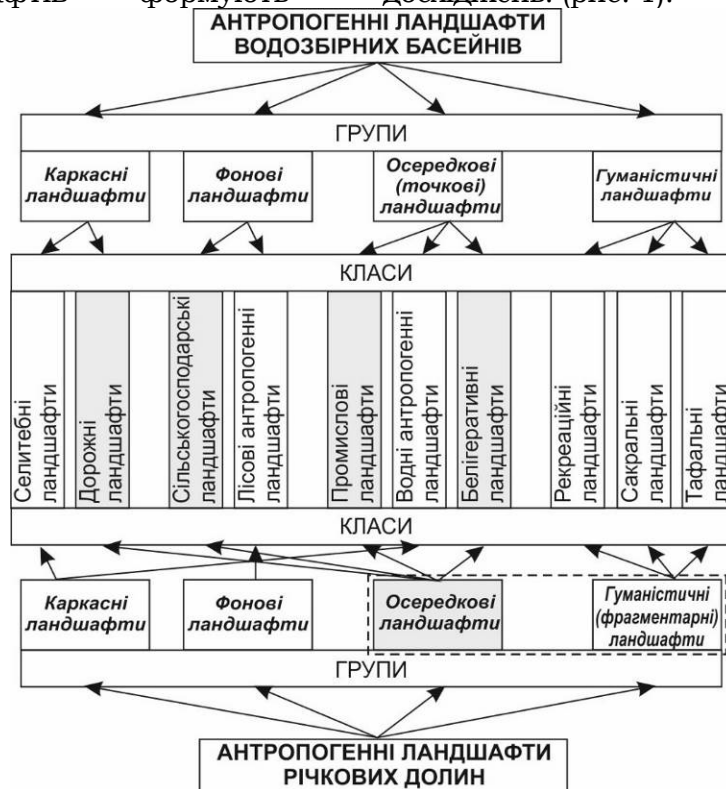


Рис. 1. Поєднання класифікацій антропогенних ландшафтів за значимістю у водозбірних басейнах і річкових долинах

(пунктиром вказано на можливість майбутнього об'єднання двох груп ландшафтів)

У топологічному відношенні сучасні дорожні ЛТЧС більше приурочені до вододільних типів місцевостей. Це зумовлено економією коштів на витратні матеріали та будівництво більшої кількості інженерно-технічних споруд. Однак, за необхідності прокладання траси уздовж річкової долини, для спорудження доріг використовуються найбільш вирівняні ділянки схилового і надзаплавно-терасового типів місцевостей. При перетині річищ і заплав будують мости та мостові переходи, які з часом переформовуються у ландшафтно-технічні системи.

Специфіка дорожніх ДЛТЧС Правобережної України визначається природними умовами антропогенних зон і приуроченістю до відповідних долинно-річкових типів місцевостей. Так, характер підсипки і дорожнього покриття залежать не лише від їх типу, а й від геологічної будови. У лісопосвищній зоні (басейн Дніпра) та лісополі (басейн Південного Бугу) у підсипці автошляхів переважають кристалічні породи докембрію: граніти, гнейси, сієніти, діорити; на території лісополя (басейн Дністра) – різновікові карбонатні вапняки, крейда, доломіт, пісковики; у межах поля (басейн річок Причорномор'я) – лесоподібні суглинки, вапняки (ракушняки) та пісковики. Насипи залізничних доріг сформовані з граніто-гнейсів, інколи з вапняків і пісковиків (Денисик, 1998).

У межах руслового типу місцевостей регіону дослідження прокладені мостові ЛТЧС двох типів. Балкові мости включають прогонові споруди з несучими конструкціями у вигляді суцільних балок або наскрізних ферм. Аркові мости мають за основну несучу конструкцію арку, на які спирається надаркова споруда. Більшість мостів збудовані з залізобетонного матеріалу, високоякісної сталі або поєднань цих матеріалів. Кам'яні (із гранітів або пісковиків) і дерев'яні мости

зустрічаються рідко у долинах малих річок. Вони призначені для пішохідної переправи через річище. Особливу небезпеку для мостових ЛТЧС становлять повені і паводки. Тому, важливе значення має розрахунок стійкості мостових опор та їх надійність з'єднання з фундаментом.

Для вирівняних і заболочених ділянок заплавного типу місцевостей характерні дорожні насипи. Вони сформовані із значних за розміром уламків кристалічних порід (Ø 0,5–1 м), які чергуються з бутом, щебнем, суглинками та піском. Як правило, для заплав характерні високі (від 2–3 до 10–15 м) насипи, відкоси яких укріплені залізобетонними плитами. У межах заплавних дорожніх ЛТЧС значні площі займають антропогенні і натуральні виїмки й придорожні заболочені пониження, що часто призводить до підтоплень і заболочень придорожніх ділянок. З метою водовідведення використовуються дренажні труби та водостоки. Такі ЛТЧС мають чітку та лінійно витягнуту форму (Денисик і Вальчук, 2005). На території лісопосвищної зони замість придорожніх лісопосадок до дорожніх ЛТЧС майже впритул розташовуються місцеві лісові масиви.

Надзаплавно-терасові дорожні ЛТЧС представлені насипами, висота яких не перевищує 1,5–2 м. Вони сформовані з буту, щебню, гравію та суглинків, які накладають на піщану основу терас. Для цього типу місцевостей найменш характерний прояв негативних геолого-геоморфологічних процесів. Уздовж таких ЛТЧС насаджують придорожні лісосмуги з липи серцелистої (*Tilia cordata*), робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*), клену гостролистого (*Acer platanoides*), тополі чорної (*Populus nigra* L.), гледичії колючої (*Gleditsia triacanthos* L.) тощо.

Схилові дорожні ЛТЧС представлені «нарізними» терасами з шириною 5–8 м і більше метрів. Тут активно проявляються зсуви, осипи, обвали, опливини, які призводять до

руйнування дорожнього полотна. Вони ускладнюють експлуатацію дорожніх ЛТЧС і стають на перешкоді формуванню придорожніх лісопосадок (Денисик, 1998). З метою запобігання розвитку ерозійних процесів тераси укріплюються бутовим камінням, палями, залізобетонними плитами.

У межах верхньої частини ЛТЧС формується дорожнє покриття, яке безпосередньо контактує з колесами транспорту. Воно складається зі підстилки піщаної або гравійної «подушки», несучого шару у вигляді бетону або каміння (бут, щебінь) та верхнього шару зносу – асфальтового. Загальна товщина такого покриття становить близько 32–40 см (Кузьмін, 2006).

У ролі блока управління дорожніми ЛТЧС виступають організації та підприємства, підпорядковані Міністерству інфраструктури України. Основними з них є «Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України» та його галузеві підрозділи. Більшість сучасних дорожніх ландшафтно-технічних систем відносяться до категорії «ландшафтно-техногенних систем» (ЛТС). На території Правобережної України найгірший технічний стан автомобільних доріг в Одеській, Миколаївській (польова зона), Львівській, Івано-Франківській (лісопольова зона) областях. Руйнування техногенного покриття дорожніх ЛТЧС пов'язане з надмірним навантаженням на дорожнє полотно автомобільних транспортних засобів, вага яких часто не відповідає встановленим нормам. Невчасне проведення ремонтних робіт на пошкоджених ділянках ЛТЧС призводить до швидкого виведення їх з експлуатації.

У результаті видобування та переробки корисних копалин в долинах річок формуються гірничопромислові ДЛТЧС. Специфічною ознакою багатьох таких систем є мобільність техногенного

покриву, за наявності якого система залишається блоковою. Час діяльності технічного блоку відповідає категорії «ландшафтно-інженерної системи» (ЛІС). Припинення видобування гірських порід означає ануляцію технічного блоку і різкий перехід системи до стадії «функціонування геокomпонентної системи», минаючи стадію «руйнування» ЛТЧС. При такому підході, кар'єри та відвали «пустих» порід, котрі сформувалися за допомогою ручних засобів праці (лопати, кирки, лома) або механізованої техніки (екскаваторів, комбайнів, тракторів і вантажівок) і не залишили у своєму складі техногенного покриття, відносимо до групи власне антропогенних ландшафтів. За наявності стаціонарного технічного блоку система функціонує тривалий час і залишається блоковою. Обидві групи гірничопромислових ландшафтів (власне антропогенні ландшафти і ландшафтно-технічні системи) входять до області інтересів техногенного ландшафтознавства. У контексті цього дослідження основна увага зосереджується саме на гірничопромислових ЛТЧС, які сформували докорінно нові долинно-річкові типи місцевостей.

Для річкових долин басейну Дніпра у зонах лісопасовища (Волинська, Рівненська, Житомирська обл.) і півночі лісополя (Львівська, Хмельницька, Київська обл.) характерний тип місцевостей котлованно-торфових пустирів (Денисик, 1998). Він формується за рахунок розробок торфу фрезерувальним методом. Торфорозробки трансформують заплавний і надзапавно-терасовий типи місцевостей. У ході видобування фрезерувальний комбайн «знімає» тонкий шар торф'яної крихти на глибині 5–20 мм, після чого залишаються вирівняні поверхні. Площі таких розробок можуть досягати кількох сотень гектарів. На спеціалізованих майданчик здійснюється просушування торфу з

наступним його складування у штабелі. Тривалість видобувного одного циклу становить від 1 до 2 діб. За весняно-літній сезон у межах однієї території відбувається 10–50 циклів. Після припинення видобування поверхні торфорозробок використовуються під посіви сільськогосподарських культур або поступово деградують, заростаючи хвощово-осоковими асоціаціями.

У межах схилів річкових долин зон лісополя і поля формується інший тип місцевостей – «кам'янистий бедленд» (Денисик, 1998). Його утворення пов'язане з видобуванням твердих гірських порід (базальтів, вапняків, граніто-гнейсів, залістистих кварцитів, графітів) відкритим способом. На відміну від передніх, діяльність таких гірничопромислових ЛТЧС є значно тривалішою і становить від кількох десятків до сотень років. Так, Криворізька ландшафтно-технічна система (долини р. Саксагань та Інгулець), яка спеціалізується на видобуванні залізних руд, функціонує понад 130 років (Денисик & Задорожня, 2013). Діючі гірничопромислові ЛТЧС сформовані кар'єрами, відвалами пустих порід і збагачувальними або дробильно-сортувальними комбінатами та фабриками (Ситник, 2012). Від тривалості функціонування ЛТЧС залежать параметри кар'єрів і відвалів та ступінь прояву на їх території зональних чинників. Найбільше у Європі Заваллівське родовище графіту (долина р. Південний Буг) має площу близько 50 км². Добування графітової руди зосереджене у кар'єрі з глибиною 170 м і довжиною до 2 км. Поблизу нього знаходиться відвал пустих порід висотою 75 м (Ситник, 2012). Для «кам'янистого бедленду» характерні значне (200–250 м) вертикальне розчленування, наявність великих котлованів з багатоступінчастими або прямовисними схилами (стінками) та нагромадження відвалів різновікових порід (Денисик, 1998). Внаслідок постійного надходження підземних вод кар'єри постійно затоплюються. Для

відведення надлишку встановлюють спеціальне насосне обладнання, за допомогою якого воду перенаправляють у русло суміжної річки. Відвали поступово заростають зональною чагарниково-деревною рослинністю, починаючи від найнижчої тераси. Детальні дослідження сингенезу рослинного покриву гірничопромислових ЛТЧС здійснював С. В. Ярков (Ярков, 2010). Для кар'єрів і відвалів характерний свій тваринний світ. У кар'єрних водоймах з стабільним рівнем води поселяються представники класів риби, амфібії, птахи. Залісенні схили відвалів стають ареалами мишей, кротів, зайців, сарн тощо.

Роль блоку управління гірничопромисловими ЛТЧС відіграють Кабінет Міністрів України та низка установ і організацій, які здійснюють державне управління у галузі геологічного вивчення, використання і охорони надр. Основним недоліком їх діяльності є неузгодженість у взаємодії на різних адміністративних рівнях та недосконала рекультивація. Оптимізації підлягають гірничопромислові ЛТЧС, на яких здійснюється видобування гірських порід на загальнодержавному рівні. Рекультиваційні роботи у межах регіональних та локальних ЛТЧС майже не проводять через нестачу фінансування.

У структурній організації агроландшафтів Правобережної України виокремлюються дві рівнозначних групи: власне сільськогосподарські ландшафти та сільськогосподарські ЛТЧС. У процентному співвідношенні ландшафтно-технічні системи значно поступаються ВАЛ, оскільки становлять незначну частку (2–7%) (Денисик, 1998) від їх загальної площі ландшафтів сільськогосподарського призначення. Незважаючи на те, що формування польових ландшафтів відбувається за рахунок різноманітних технічних засобів обробітку ґрунту, не усі з них можна відносити до групи

ЛТЧС. Більшість об'єктів техногенного покриву (трактори, комбайни, вантажівки) у агроландшафтах є активними технічними системами, які здійснюють періодичне втручання у природний блок. Однак, за короткий проміжок часу їх взаємодії повноцінна ландшафтно-технічна система не встигає сформуватися.

У межах річкових долин польові ДЛТЧС сформувалися на окремих ділянках заплав у нижніх течіях Дністра, Південного Бугу, Інгулу, Інгульця та Дніпра (південь лісополя). Їх функціонування зумовлене наявністю водорегулюючих дамб і осушувальних каналів, які прокладені уздовж річищ та упоперек заплав. У середині ХХ ст. їх будівництво було зумовлено регулярними повеннями і частими поводками. Зараз такі системи відносяться до категорії «ЛТС». Дамби заростають степовою лучно-

злаковою рослинністю, канали замулюються і заболочуються. Відсутність повеней зумовлює втрату над ними контролю, а отже поступове руйнування. У польовій зоні з недостатнім зволоженням на схилах і надзаплавних терасах річкових долин діють зрошувальні польові ландшафтно-технічні системи. Їх функціонування забезпечується за рахунок водогосподарських ЛТЧС – іригаційних каналів, які подають воду з річок. Через спеціалізовану техніку (дощувальні машини) здійснюється регулярне зволоження сільськогосподарських культур на кругових ділянках з радіусом від 8 до 60 м. Форма таких ДЛТЧС чітко прослідковується влітку з космосу – серед полігонів польових ділянок виокремлюються симетричні круги та напівкруги Ррис. 2.



Рис. 2. Вигляд із космосу зрошувальних польових ЛТЧС у долині р. Інгулець (сервіс Google Earth)(2021)

На схиловому типі місцевостей долин річок Придністер'я і Причорномор'я (Одеська та Миколаївська обл.) набули поширення ландшафтно-технічні системи виноградарства (підклас садових ландшафтів). Вирощування сільськогосподарської культури здійснюється шпалерним способом. Круті схили трансформуються

«нарізанням» терасованих майданчиків та засипанням глибоких ярів. У їх межах закріплюють залізобетонні стовпці, між якими натягують сталеві дроти, що слугують опорами для ліаноподібних стебел винограду. У залежності від особливостей обробки відстань між міжряддями встановлюють від 1,5–2 до 4–6 м. У природному блоці натуральний

рослинний покрив замінюється на насадження кущів винограду (*Vitaceae*), найпоширенішими сортами якого є «Аліготе», «Каберне Совінйон», «Ркацителі», «Ізабелла» тощо. Окрім господарського типу рослинності тут формується своя вузькоспеціалізована фауна і флора. Зараз відомо близько 600 шкідників виноградної лози, серед яких основними представниками є комахи, кліщі та нематоди. На виноградниках півдня України зафіксовано понад 530 видів бур'янів з 57 родин (Лаврик, 2019а). Вибагливість винограду до природніх умов (позитивні температури, відповідна експозиція схилів, сила і напрям вітрів) зумовляють присутність блоку управління, яка проявляється у постійному контролі за системою. Упродовж цілого року проводиться цілий комплекс заходів щодо стимулювання росту і розвитку виноградної лози. Недостатній догляд за природним і технічним блоками зумовлює швидкий занепад систем. Час росту виноградної лози (3-4 роки) та активної експлуатації продукції (20–25 років) визначають тривалість стадії функціонування ЛТЧС.

Блок управління сільськогосподарськими ЛТЧС представлений приватними підприємствами та державними організаціями, які підпорядковуються Міністерству аграрної політики та продовольства України. Серед основних недоліків їх діяльності, не пов'язаних із сферою політики, є застаріла техніко-технологічна база сучасних сільськогосподарських підприємств. Відсутність модернізації і використання устаткування та обладнання (із другої половини ХХ ст.) не дають змоги у повній мірі функціонувати ЛТЧС і продукувати відповідну кількість врожаїв.

Белігеративні ДЛТЧС (з лат. «*belligero*» – вести війну) формуються у результаті цілеспрямованого будівництва інженерно-технічних споруд (ІТС) для ведення військових дій. До ландшафтно-інженерних

систем відносяться військові аеродроми, полігони, склади боєприпасів та різноманітні фортифікаційні об'єкти, функціонування яких є актуальним зараз. Інформація про них є засекреченою і становить державну таємницю. До ландшафтно-техногенних систем відносимо фортеці, ескарпи, довготривалі оборонні точки (бункери, ДОТи, ДЗОТи), які припинили використовувати з військовою метою. Часто вони «вливаються» у ландшафту структуру селитебних ЛТЧС і стають їх невід'ємною частиною. Так, сучасні Дубно, Кам'янець-Подільський, Хотин, Кропивницький, Білгород-Дністровський важко уявити без їх колишніх оборонних ІТС. Вони вже давно стали історико-культурними осередками міст та містечок і сформували навколо себе новий (не белігеративний) ландшафт. Вали, городища та окопи, так само як і кургани й могильники, відносимо до категорії «власне антропогенних ландшафтів».

У межах Правобережної України белігеративними ЛТЧС є комплекси оборонних вузлових споруд, які називають «лінії оборони» («лінія Молотова-Ріббентропа», «лінія Сталіна»). Їх основу формували укріплені райони (УР), що складалися з низки довготривалих оборонних точок (ДОТів). Часто лінії УР розташовували уздовж напрямку річкових долин, які мали слугували природною перепорою під час можливих атак ворога. Так, у Могилів-Ямпільському укріпленому районі нараховувалося: 202 – кулеметних одноповерхових 3-амбразурних ДОТів (з них типу М1 – 57, М2 – 123 і М3 – 22), 3 – двоповерхові ДОТів типу Б42, 16 – артилерійських 2-амбразурних напівкапоніри типу М1 (Коваль, 2014). Вони були збудовані у 30-тих роках ХХ століття у якості першої смуги оборони СРСР і приурочені до лівобережних схилів Жвану та Дністра. Розташування

ДОТів давало можливість прострілювати сектори річища і правобережних схилів під час наступу ворогів з територію колишньої Бессарабії.

Характерною особливістю техногенного покриву бєлігеративних ЛТЧС є їх надзвичайна стійкість до механічних пошкоджень. Це зрозуміло, оскільки пряме призначення усіх фортифікаційних ІТС – стримувати руйнівну дію куль, снарядів, мін і бомб. Більшість ДОТів мають залізобетонну конструкцію з високоякісних (на той час) марок цементу та сталі. Вони представлені напівзаглибленими інженерно-технічними спорудами, які склалися з одного або більше поверхів. За формою ДОТи – неправильні багатогранники, розміри яких досягають 7–11 м у поперечнику (Денисик та Антонюк, 2017). Товщина залізобетонних стін та перекриттів становить від 0,5 до 1,5 м. Амбразури для ведення вогню укріплені стальними пластинами. Після прориву оборони німецькими військами улітку 1941 р. ДОТи втратили блок управління і перейшли до категорії ЛТС. Зовнішню сторону стін ІТС, яка була часткова зруйнована у ході бойових дій, поступово вкривали мохи (*Polytrichum commune*) і лишайники (*Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*). На «оголених» металевих частинах ІТС прогресують процеси корозії. Навколишня територія поблизу ДОТів заросла рудеральною та кущовою рослинністю.

До початку 2022 р. блок управління більшості бєлігеративних ЛТЧС Правобережної України не відновлював своєї діяльності. Перебуваючи у межах територій населених пунктів, вони залишаються власністю сільських або міських громад. Оскільки їх використання за призначенням у мирний час втратило сенс, а повний демонтаж є занадто трудомістким, ДОТи знаходяться поза увагою місцевого населення. У більшості випадків вони використовуються як смітники і здатні

тривалий час перебувати на межі переходу від категорії «ЛТС» до «ВАЛ».

Обговорення.

Запропоновані результати досліджень не розкривають повністю проблему ідентифікації осередкових ландшафтів у класифікації за значимістю та «породжують» дискусію в сприйнятті сучасної ландшафтної структури України загалом. Цьому є низка причин:

- дані цієї статті були актуальними до лютого 2022 р. – початку повномасштабного вторгнення російської федерації на територію Правобережної України. Упродовж 1,5 року ландшафтна структура регіону досліджень трансформувалася унаслідок бойових дій. Значна частина селитебних і дорожніх ЛТЧС Правобережної України були зруйновані у долинах Дніпра (Київська, Черкаська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська обл.) Південного Бугу (Кіровоградська, Миколаївська обл.) та їх приток (рис. 3). Цей факт свідчить про те, що наше традиційне сприйняття антропогенних ландшафтів не є константою. У випадку війни антропогенні ландшафти будь-якого класу набувають властивості динамічності. А отже, їх організаційна структура здатна швидко змінюватися: як у сторону деградації (ЛІС → ЛТС → ВАЛ; ЛІС → ВАЛ; ЛТС → ВАЛ), так і навпаки (ВАЛ → ІТС → ЛІС) тощо;

Спірним питанням класифікації за значимістю є віднесення класу бєлігеративних ландшафтів до групи осередкових. Це пов'язано з тим, що під час ведення бойових дій усі без виключення класи ландшафтів стають бєлігеративними, а отже – каркасними. У межах регіону досліджень бєлігеративні ландшафти займають менші площі, ніж на Лівобережній Україні (див. рис. 3), і ще не сформували «каркас» деградованих ландшафтів;

- у перспективі під час вивчення ландшафтної структури річкових долин осередкові і гуманістичні

(фрагментарні) ландшафти варто об'єднати в одну групу (див. рис. 1), що спростить процес їх аналізу;

- поряд із вивченням каркасних ландшафтів «як таких, що формують основу для зародження й подальшого розвитку й інших антропогенних ландшафтів будь-якого регіону» (Каркасні..., 2021) сучасним географам варто зосередити увагу на дослідженні осередкових та фонових ландшафтів. Оскільки в окремих випадках саме ці групи ландшафтів можуть докорінним чином «переструктурувати» структуру цього регіону.

- відновлення контролю з боку

Міністерства оборони України над певними осередковими ландшафтно-технічними системами, які перебувають на стадії руйнування, (мостами, фортецями, ДОТами) підвищать обороноздатність нашої держави. А отже, сформуєть новітній «каркас» белігеративних ландшафтів України. Цьому може сприяти викладання у військових навчальних закладах інженерного ландшафтознавства – наукового напрямку, що досліджує взаємодію інженерних споруд і природних ландшафтів.



Рис. 3. Територія досліджень на карті бойових дій України станом на 03.04.2022 р. (сервіс DeepState Map)

Висновки.

Осередкові ландшафтно-технічні системи у річкових долинах Правобережної України займають незначні площі. Однак, разом із каркасними ландшафтами, вони мають суттєве значення для держави. Мости, кар'єри, зрошувальні поля, виноградники, ДОТи – це ландшафтно-

технічні системи, які взаємодоповнюють сучасну структуру долинно-річкових ландшафтів регіону досліджень. У контексті вивчення сучасних антропогенних ландшафтів України це дослідження сприятиме кращому розумінню їх структури та розробки шляхів оптимізації.

Список використаних джерел

Воловик В. М. Каркасні ландшафти: етимологія та визначення. *Каркасні (селитебні і дорожні) антропогенні ландшафти: теоретичні та прикладні аспекти: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Вінниця, 24–25 квіт. 2019 р.)*. Вінниця, 2019. С. 6–12.

Воловик В. М. Ландшафтознавство: курс лекцій. Вінниця: Твори, 2018. 254 с.

Воловик В. М., Слівінська А. С. Етнокультурні каркасні ландшафти містечка Хмільник Вінницької області. *Молодий вчений*. 2019. № 5. С. 287–291.

Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: Місце і простір: монографія: у 2 т.

Київ: ВПЦ «Київський університет», 2005. Т. 1. 431 с.

Денисик Г. І. Антропогенне ландшафтознавство: навч. посіб.: в 2 ч. Вінниця: Вінницька обласна друкарня, 2014. Ч. І: Глобальне антропогенне ландшафтознавство. 334 с.

Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України: монографія. Вінниця: Арбат, 1998. 292 с.

Денисик Г. І., Антонюк О. А. Белігеративні ландшафти Поділля: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 202 с.

Денисик Г. І., Вальчук О. М. Дорожні ландшафти Поділля: монографія. Вінниця: ПП «Видавництво «Теза», 2005. 178 с.

Денисик Г. І., Задорожня Г. М. Похідні процеси та явища в ландшафтах зон техногенезу: монографія. Вінниця: Вінницька обласна друкарня, 2013. 220 с.

Денисик Г. І., Ситник О. І. Міжзональний геоекотон «лісостеп-степ» Правобережної України: монографія. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2012. 217 с.

Каркасні антропогенні ландшафти: монографія / Г. І. Денисик та ін.; за ред. Г. І. Денисика, О. В. Браславської. Вінниця: ТОВ «Твори», 2021. 316 с.

Коваль М. В. Могилів-Ямпільський укріплений район: фортеця над Дністром. *Вісник Черкаського університету. Серія: Історичні науки*. 2014. Вип. 19, С. 107–112.

Кузьмін В. І., Білятинський О. А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: навч. посіб. Київ: Вища школа, 2006. 278 с.

Лаврик О. Д. Долинно-річкові ландшафтно-технічні системи Правобережної України: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.11. Київ, 2019. 41 с.

Лаврик О. Д. Класифікація і типологія долинно-річкових ландшафтно-технічних систем. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія*. 2018. Вип. 30, № 1–2. С. 62–70.

Лаврик О. Д. Класифікація і типологія каркасних долинно-річкових ландшафтів Правобережної України. *Каркасні (селитебні і дорожні) антропогенні ландшафти: теоретичні та прикладні аспекти*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Вінниця, 24–25 квіт. 2019 р.) Вінниця, 2019. С. 19–23.

Михайленко Т. Ю. Антропогенізація ландшафтів Поділля у XV – XIX століттях: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11. Київ, 2016. 20 с.

Ситник О. І. Завалля як типовий пункт старопромислових районів Центральної України: функціонування, проблеми, шляхи оптимізації. *Географія та туризм*. 2012. Вип. 21. С. 167–178.

Ярков С. В. Сингенез рослинних угруповань у ландшафтах зон техногенезу: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.01. Київ, 2010. 20 с.

Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction / H. Denysyk et al. *Czasopismo Geograficzne*. 2022. Т. 93, 3. С. 417–433. <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16>.

Chmielewski T. J., Myga-Piatek U., Solon J. Typologia aktualnych krajobrazów Polski. *Przegląd Geograficzny*. 2015. Т. 87, 3. С. 377–408. <http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2015.3.0>.

Classification and Characterization of Landscapes in the Territory of Adilabad District, Telangana, Deccan Region, India / M. T. Reddy et al. *Open Access Library Journal*. 2017. 4. e3745. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103745>.

De Clercq E. M., Vanwambeke S. O. Classification of anthropogenic landscapes. *2017 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp)*: proceeding of the workshop, (Brugge, Belgium, 27–29 June 2017). 2017. P. 1–4. <https://doi.org/10.1109/MultiTemp42599.2017>.

Myga-Piatek U. Natural antropogenic and cultural landscape and attempt to define mutual relations and the scope of notions. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*. 2014. 23. S. 39–56.

References (translated & transliterated)

- Volovyk, V. M. (2019). Karkasni landshafty: etymolohiia ta vyznachennia [Framework landscapes: etymology and definition]. *Karkasni (selytebni i dorozhni) antropohenni landshafty: teoretychni ta prykladni aspekty* [Framework (residential and road) anthropogenic landscapes: theoretical and applied aspects]. Proceedings of the All-Ukrainian science and practice Internet Conference. Vinnitsa. 6-12 [in Ukrainian].
- Volovyk, V. M. (2018). Landshaftoznavstvo: kurs lektsii [Landscape science: a course of lectures]. Vinnytsia: Tvory. 254 [in Ukrainian].
- Volovyk, V. M. & Slivinska, A. S. (2019). Etnokulturni karkasni landshafty mistechka Khmilnyk Vinnytskoi oblasti. [Ethnocultural framework landscapes of the town of Khmilnyk, Vinnytsia region]. *Molodyi vchenyi* [Young scientist], 5(69), 287–291 [in Ukrainian].
- Hrodzynskyi, M. D. (2005). Piznannia landshaftu: Mistse i prostir [Knowledge of the landscape: Place and space]. Kyiv: VPTs «Kyivskiy universytet». 431 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. (2014). Antropogenne landshaftoznavstvo [Anthropogenic landscape science]. Vinnytsia: Vinnytska oblasna drukarnia. 334 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. (1998). Antropohenni landshafty Pravoberezhnoi Ukrainy [Anthropogenic landscapes of the Right Bank of Ukraine]. Vinnytsia: Arbat. 292 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. & Antoniuk, O. A. (2017). Belihervativni landshafty Podillia [Beligerative landscapes of Podillia]. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD». 202 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. & Valchuk, O. M. (2005). Dorozhni landshafty Podillia [Road landscapes of Podillia]. Vinnytsia: PP «Vydavnytstvo «Teza». 178 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. & Zadorozhnyi, H. M. (2013). Pokhidni protsesy ta yavyscha v landshaftakh zon tekhnohenezu [Derivative processes and phenomena in the landscapes of technogenesis zones]. Vinnytsia: Vinnytska oblasna drukarnia. 220 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. & Sytnyk, O. I. (2012). Mizhzonalni heoekoton «lisostep-step» Pravoberezhnoi Ukrainy [Interzonal geoeotone «forest-steppe-steppe» of Right Bank Ukraine]. Vinnytsia: PP «TD «Edelweis i K». 217 [in Ukrainian].
- Denysyk, H. I. & Braslavskaya, O. V. (Eds.). (2021). Karkasni antropohenni landshafty [Framework anthropogenic landscapes]. Vinnytsia: TOV «Tvory». 316 [in Ukrainian].
- Koval, M. V. (2014). Mohyliv-Yampilskyi ukripleniy raion: fortetsia nad Dnistrom. [Mogilev-Yampilsky fortified district: a fortress above the Dniester]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriya: Istorychni nauky* [Herald of Cherkasy University. Series: Historical Sciences], 19, 107–112 [in Ukrainian].
- Kuzmin, V. I. & Bilyatinsky, O. A. (2006). Inzhenerna heodeziia v dorozhnomu budivnytstvi [Engineering geodesy in road construction]. Kyiv: Vyshcha shkola. 278 [in Ukrainian].
- Lavryk, O. D. (2019). Dolynno-richkovi landshaftno-tekhnichni systemy Pravoberezhnoi Ukrainy [Valley and river landscape and technical systems of the Right-Bank Ukraine]. (Extended abstract of doctoral thesis). Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv. 41 [in Ukrainian].
- Lavryk, O. D. (2018). Klasyfikatsiia i typolohiia dolynno-richkovykh landshaftno-tekhnichnykh system [Classification and typology of valley-river landscape-technical systems]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriya: Heohrafiia* [Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynsky. Series: Geography], 30(1–2), 62–70 [in Ukrainian].
- Lavryk, O. D. (2019). Klasyfikatsiia i typolohiia karkasnykh dolynno-richkovykh landshaftiv Pravoberezhnoi Ukrainy [Classification and typology of frame valley-river landscapes of Right Bank Ukraine]. *Karkasni (selytebni i dorozhni) antropohenni landshafty: teoretychni ta prykladni aspekty* [Framework (residential and road) anthropogenic landscapes: theoretical and applied aspects]. Proceedings of the All-

Ukrainian science and practice Internet Conference. Vinnitsa. 9-23 [in Ukrainian].

Mykhaenko, T. Yu. (2016). Antropohenizatsiia landshaftiv Podillia u 15–19 stolittiakh [Anthropogenization of Podillia landscapes in the 15th - 19th centuries]. (Extended abstract of candidate's thesis). Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv. 20 [in Ukrainian].

Sytynyk, O. I. (2012). Zavallia yak typovy punkt staropromyslovykh raioniv Tsentralnoi Ukrainy: funktsionuvannia, problemy, shliakhy optymizatsii [Zavallia as a typical point of old industrial districts of Central Ukraine: functioning, problems, ways of optimization]. *Heohrafiia ta turyzm* [Geography and Tourism], 21, 167–178 [in Ukrainian].

Yarkov, S. V. (2010). Synhenez roslynnykh uhrupovan u landshaftakh zon tekhnohenezu [Syngeneses of plant groups in landscapes of technogenesis zones]. (Extended abstract of candidate's thesis). Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv. 20 [in Ukrainian].

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

Chmielewski, T. J., Myga-Piatek, U. & Solon, J. (2015). Typologia aktualnych krajobrazów Polski. *Przegląd Geograficzny*, 87(3), 377–408. <http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2015.3.0> [in Polish].

Reddy, M. T., Pandravada, S. R., Sivaraj, N., Kamala, V., Sunil, N. & Dikshit, N. (2017). Classification and Characterization of Landscapes in the Territory of Adilabad District, Telangana, Deccan Region, India. *Open Access Library Journal*, 4, e3745. DOI: <https://doi.org/10.4236/oalib.1103745> [in English].

De Clercq, E. M. & Vanwambeke, S. O. (2017). Classification of anthropogenic landscapes. *2017 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp)*. Proceeding of the workshop. Brugge. 1-4. <https://doi.org/10.1109/MultiTemp42599.2017> [in English].

Myga-Piatek, U. (2014). Natural antropogenic and cultural landscape and attempt to define mutual relations and the scope of notions. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, 23, 39–56 [in English].

Отримано: 4 квітня 2023
Прийнято: 22 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 556.012:556.55:911.5

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.116-130

ЛАНДШАФТНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ САПРОПЕЛЮ ОЗЕРА ТЕРЕБОВИЧІ

В. О. Мартинюк¹, І. В. Зубкович²

Актуалізується проблема оцінки природно-ресурсного потенціалу ландшафтів та природно-аквально-комплексів (ПАК) озер зокрема. Озера уособлюють водні, біотичні, органо-мінеральні, рекреаційні ресурси. На базі озер функціонують туристичні заклади, санаторії, рекреаційні притулки, рибогосподарські товарні господарства, підприємства з видобутку сапропелю, природні парки та заказники. З огляду на зазначене постає необхідність вивчення ландшафтно-ресурсного потенціалу озер, передусім ресурсів сапропелю, що стане інформаційною базою для інвесторів та інтегрованого управління водними ресурсами. Метою дослідження – було обґрунтувати ландшафтно-географічні особливості оз. Тербовичі та ресурсний потенціал сапропелю для потреб збалансованого природокористування. У процесі дослідження використані методи батиметричного профілювання озер, загальні лімнологічні методи, ґрунтово-геохімічного профілювання, ландшафтно-лімнологічні методи, ГІС-картографічного моделювання озер і озерно-басейнових систем. Результати дослідження. Створено цифрову батиметричну карту оз. Тербовичі з інтервалом глибин 0,25 м та виявлено локальне заглиблення із найбільшою глибиною 2,4 м, розраховано основні морфометричні та гідрологічні параметри водойми. Виконано стратиграфічний розріз озерних відкладів з розчленуванням трьох видів сапропелю (органоглинистий, органозалізистий, лімонітовий). Побудовано картографічну модель ландшафтно-лімнологічної структури ПАК озера та здійснено його ландшафтометричний аналіз. Висновки. Встановлено, що улоговина оз. Тербовичі на 79,34% заповнена відкладами сапропелю. Площа вкрита сапропелем становить 50,0 га, який частково виходить за межі водойми. Середня потужність сапропелю – 5,46 м, а максимальна – 11,3 м; загальний об'єм сапропелю – 2239 тис. м³. Балансові геологічні запаси сапропелю – 498 тис. т, забалансові запаси – 61 тис. т. Озеро є перспективним щодо розробки та видобутку сапропелю.

Ключові слова: озеро, батиметрична карта, стратиграфічний розріз, природний-аквальний комплекс, аквальна фація, сапропель.

¹ кандидат географічних наук, доцент,
професор кафедри екології, географії та туризму
(Рівненський державний гуманітарний університет)
ORCID: 0000-0002-8654-3510
vitalii.martyniuk@rshu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-8654-3510

² старший науковий співробітник
(Нобельський національний природний парк, Рівненська обл.)
ORCID: 0000-0002-0641-2204
zubkovych11@ukr.net

**LANDSCAPE FEATURES AND RESOURCE POTENTIAL OF LAKE
TEREBOVYCHI SAPROPEL****V. O. Martyniuk, I. V. Zubkovych**

The problem of assessing the natural-resource potential of landscapes and natural-aquatic complexes (NAC) of lakes, in particular, is updated. Lakes represent water, biotic, organo-mineral, and recreational resources. Tourist facilities, sanatoriums, recreational shelters, fish farms, sapropel mining enterprises, natural parks, and nature reserves operate on the base of the lakes. Given the above, there is a need to study the landscape-resource potential of lakes, primarily sapropel resources, which will become an information base for investors and integrated management of water resources. The purpose of the research is to substantiate the landscape and geographical features of Terebovichi lake and the resource potential of sapropel for the needs of balanced nature management. In the research process, methods of bathymetric profiling of lakes, general limnological methods, soil-geochemical profiling, landscape-limnological methods, GIS-cartographic modeling of lakes and lake-basin systems have been used. Research results. A digital bathymetric map of the lake has been created Terebovichi, with a depth interval of 0.25 m and a local deepening with the greatest depth of 2.4 m, has been found, and the reservoir's main morphometric and hydrological parameters have been calculated. A stratigraphic section of lake sediments has been made with the dissection of three types of sapropel (organo-clay, organo-iron, limonite), and a cartographic model of the landscape structure of the NAC lake has been constructed, and its landscape metric analysis has been carried out. Conclusions. It was established that the basin of Terebovichi lake is 79.34% filled with sapropel deposits. The area covered by sapropel is 50.0 ha, partially extending beyond the reservoir. The average thickness of sapropel is 5.46 m, and the maximum is 11.3 m; the total volume of sapropel is 2239 thousand m³. Balance geological reserves of sapropel – 498 thousand tons, off-balance reserves – 61 thousand tons. The lake is promising for the development and extraction of sapropel.

Key words: lake, bathymetric map, stratigraphic section, natural-aquatic complex, aqua facies, sapropel.

Вступ

Однією із актуальних проблем сучасного природокористування є оцінка природно-ресурсного потенціалу ландшафтів та визначення стратегій їхнього використання в умовах природно-антропогенних трансформацій. Помітне місце у фізико-географічній області Волинського Полісся посідають озерні ресурси. Вони уособлюють водні, біотичні, орґано-мінеральні, рекреаційні ресурси. На базі озер функціонують курорти та санаторії, рекреаційні притулки, рибогосподарські товарні господарства, підприємства з видобутку сапропелю, природні парки та заказники. З огляду на зазначене постає необхідність вивчення ландшафтно-ресурсного потенціалу, передусім ресурсів сапропелю, конкретних озер і формування

інформаційної бази для інвесторів та інтегрованого управління водними ресурсами.

Проблема дослідження природно-ресурсного потенціалу Волинського Полісся (або Західно-Поліського регіону), у тому числі й озер, розглядається у працях (Зузук та ін., 2009; Зузук і Залеський, 2010; Мельничук і Мельничук, 2017) та інших вчених. В окремих роботах акцентується увага на використанні рекреаційних ресурсів озер (Каліновський, 2014; Музиченко і Лавринюк, 2016), рибних ресурсів озер (Сологор і Білецька, 2012), проблемах охорони та заповідання озер (Мартинюк і Андрійчук, 2021). Державним комітетом України з геології та використання надр проаналізовано сировинну базу сапропелю на загальнодержавному рівні (Аналіз ..., 1996; Аналіз ..., 2005;

Мінеральні ресурси..., 2018). У дослідженнях (Шевчук, 1996; Ільїн і Мольчак, 2000; Ільїн, 2008; Галік і ін., 2015; Ільїна та ін., 2016; Мартинюк, 2017; Мартинюк і Зубкович, 2020; Мокієнко, 2021; Пасічник та ін., 2021) здійснено оцінку запасів сапропелевих ресурсів озер природно-географічних та адміністративних регіонів Українського Полісся та перспектив їхнього використання в господарському комплексі України. Сьогодні необхідно спрямувати пошуки на пізнання ландшафтних особливостей озер та їхнього ресурсного потенціалу.

Мета дослідження – обґрунтувати ландшафтно-географічні особливості оз. Тербовичі та ресурсний потенціал сапропелю для потреб збалансованого природокористування.

Матеріал і методи.

Озеро Тербовичі розташоване у Верхньоприп'ятському фізико-географічному районі (ФГР) Волинського Полісся (рис. 1). Водойма належить до басейну р. Західний Буг, приурочена до ландшафтно-місцевості заболочених заплав каналізованих річок та струмків із різнотравно-осоковими луками на торф'яно-болотних ґрунтах, частково осушених.



Рис. 1. Місце оз. Тербовичі на схемі фізико-географічного районування Волинського Полісся.

Умовні позначення:

Фізико-географічні райони: 1. Шацький. 2. Верхньоприп'ятський. 3. Любомльсько-Ковельський. 4. Нижньостирський. 5. Маневицько-Володимирецький. 6. Льва-Горинський. 7. Колківсько-Сарненський. 8. Турійсько-Рожищенський. 9. Ківерцівсько-Цуманський. 10. Костопільсько-Березнівський.

Матеріалами дослідження слугували польові ландшафтно-лімнологічні спостереження, що проводилися авторами упродовж 2017-2022 рр. у межах басейнів озер Верхньоприп'ятського ФГР, у тому числі й оз. Тербовичі. Частково у роботі використані фондові джерела Київської геолого-розвідувальної експедиції (Київської ГРЕ).

У процесі дослідження використані методи батиметричного профілювання озер (Levec & Skinner, 2004; Zubkovych et al., 2021), загальні лімнологічні методи (Wetzel & Likens, 1991; Kumar, 2005; Oakenfold, 2017; Evans, 2021), ґрунтово-геохімічного профілювання (Лико та ін., 2015), ландшафтно-лімнологічні методи (Kovalchuk & Martyniuk, 2015;

Martyniuk et al., 2023), ГС-картографічного моделювання озер і басейнових систем (Ковальчук, 2014; Ковальчук і Ковальчук, 2018; Kovalchuk et al., 2020) та досвід конструктивно-географічних досліджень озерно-басейнових систем Поліського регіону України (Martyniuk et al., 2018; Мартинюк та ін., 2020; Zubkovych & Martyniuk, 2022).

Результати та обговорення

Озеро Теребовичі стічного типу, в північній частині з водойми витікає канал, що носить назву Теребовицький. Тривалий час озеро було проточного типу, з південної частини в нього впадали два канали, які стягували воду з болотного масиву Хлібове та частково з відгалужених каналів Турської меліоративної системи. Сьогодні з південного сектора від озера канали висохли і поросли

верболозом. Лише у багатоводні роки залишками тальвегів цих каналів вода може потрапляти у водойму. Приозерна тераса заболочена, вкрита чагарниками та різнотрав'ям. На захід від озера проходить земляна дамба. В північно-західній частині у водойму впадає меліоративний канал. Зі східної частини озера викопані канали, у північно-східній частині озерної тераси канал порослий чагарника верболозу та осоково-очеретяними угрупованнями. Територіальна локалізація озера наведена на рис. 2.

Озеро видовжене із півдня на північ, овальної форми із невеликим рукотворним «апендиксом» у східній частині. Площа водойми – 061 км. Водойма мілководна, максимальна глибина 2,4 м, середня – 1,08 м. Ізобати батиметричної карти озера проведені через 0,25 м (рис. 3).



а) вигляд озера з космічного знімку
(запозичено з ресурсу:
<https://www.google.com/maps/>)



б) на задньому плані панорама озера
(запозичено з ресурсу:
<https://rybalka.lutsk.ua/ozera-volynskoji-oblasti/ozero-terbovychi>)

Рис. 2. Територіальна локалізація оз. Теребовичі

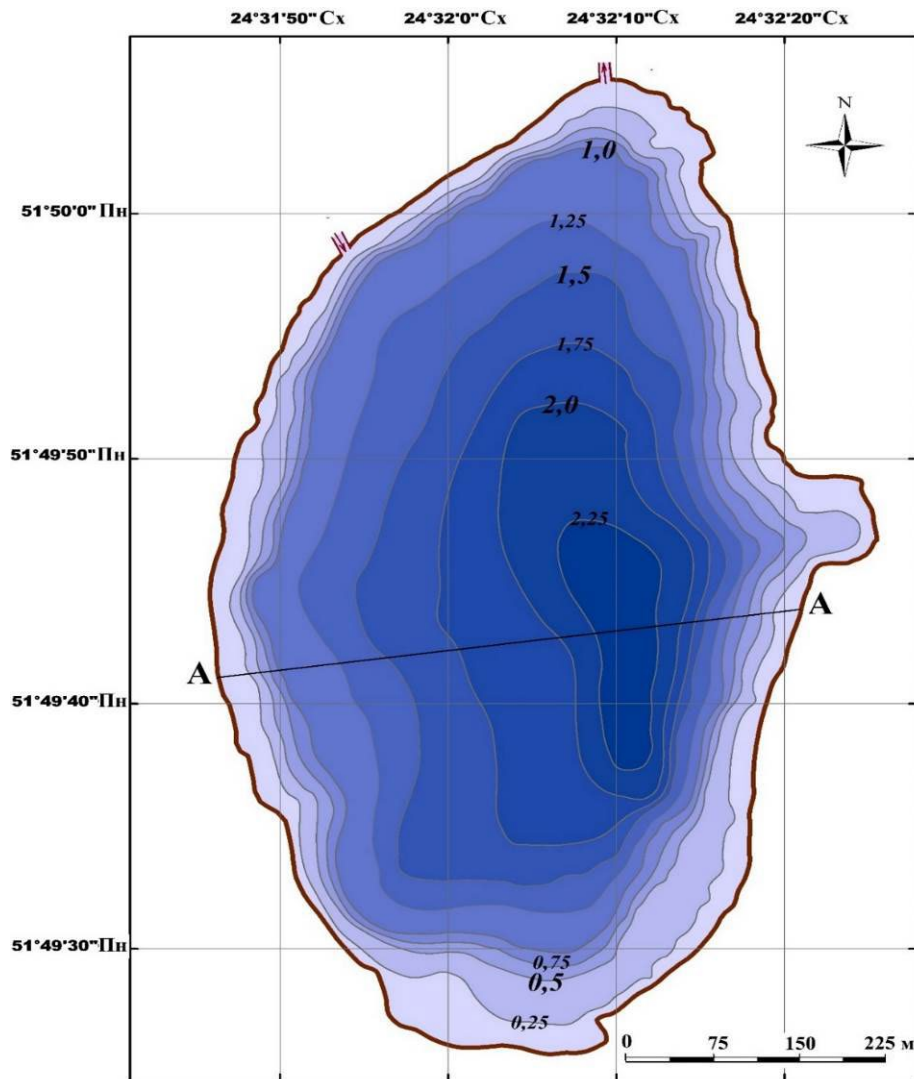


Рис. 3. Батиметрична модель оз. Тербовичі.

A-A – лінія закладання поперечника стратиграфічного розрізу донних відкладів.

Довжина озера 1,23 км, ширина максимальна – 0,75 км, середня – 0,50 км. Берегова лінія не дуже чітко

виражена, заболочена. Довжина берегової лінії 3,25 км. Об'єм водних мас становить 583,0 тис. м³. Основне джерело живлення атмосферні опади. Інші морфометричні та гідрологічні параметри водойми наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Морфометричні та гідрологічні характеристики оз. Тербовичі

$*F,$ км ²	$H_{абс.},$ м	$h_{ср.},$ м	$h_{max.},$ м	$L,$ км	$B_{max.},$ км	$B_{ср.},$ км
0,61	151,4	1,08	2,4	1,234	0,745	0,494
$l,$ км	$K_n.$	$K_{вид.}$	$K_{емк.}$	$K_{відк.}$	$K_{гл.}$	$V_{оз.},$ тис.м ³
3,246	0,663	2,498	0,450	0,565	1,274	583,0

*Площа озера (F), абсолютна відмітка рівня води ($H_{абс.}$), глибина середня ($h_{ср.}$) та максимальна ($h_{max.}$), довжина водойми (L), ширина максимальна ($B_{max.}$) та середня ($B_{ср.}$), довжина берегової лінії (l); коефіцієнти – порізаності берегової лінії (K_n), видовженості озера ($K_{вид.}$), ємкості ($K_{емк.}$), відкритості ($K_{відк.}$), глибинності ($K_{гл.}$); об'єм водних мас ($V_{оз.}$)

Донні відклади озерної улоговини представлені піщаними, піщано-мулистими, болотними відкладами, торфом та сапропелем. Площа вкрита сапропелем, за матеріалами Київської ГРЕ, становить 50,0 га, який частково виходить за межі водойми. Середня

потужність сапропелю – 5,46 м, а максимальна – 11,3 м. Глибина пелогену – 0,2-0,3 м. Сапропель представлений орґано-глинистим, орґано-залізистим та лімонітовим різновидами (рис. 4).

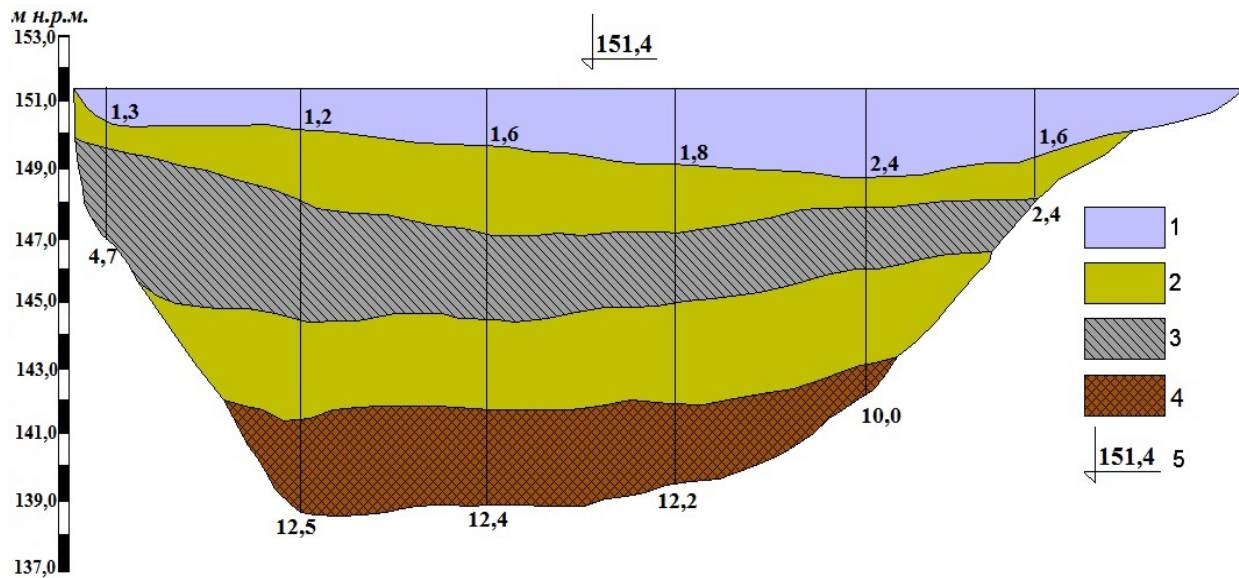


Рис. 4. Стратиграфічний розріз донних відкладів оз. Тербовичі (побудовано за матеріалами Київської ГРЕ)

Умовні позначення: 1 – вода; види сапропелю: 2 – орґано-глинистий, 3 – орґано-залізистий; 4 – лімонітовий.

Водна рослинність розвинута в периферійній частині водойми і простягається вузькою смугою вздовж берега, шириною 10,0-20,0 м. Вищі водні рослини представлені очеретом, рогозом, осоками, стрілолистом та іншими видами. З рослин з плаваючим листям зустрічається латаття сніжно-біле та глечики жовті. Серед підводної рослинності розвинута елодея, рдесники. Узагальнюючи польові матеріали батиметричного профілювання, складу і потужності озерних відкладів, видового різноманіття рослинних угруповань, особливостей температурного режиму водойми нами складена ландшафтна карта природно-аквального комплексу озера (ПАК) (рис. 5).

I. Літоральне аквапідурочище на торф'яно-болотних, піщано-мулистых та сапропелевих відкладах, що

сформувалися на алювіальних пісках з видовим різноманіттям надводних і підводних макрофітів.

Аквафації: 1.1. Літоральні, акумулятивні торф'яно-болотні малопотужні (0,1-0,5 м) з поростями верболозу та вільхи, в паводки заливаються водою. 1.2. Літоральні, акумулятивно-абразійні торф'яні та піщано-мулисті малопотужні (0,3-0,7 м) осоково-очеретяно-лепехові та рогозово-ситникові, без температурної стратифікації. 1.3. Літоральні, штучно створеного затону, акумулятивні піщано-мулисті малопотужні (0,2-0,3 м) зі збідненою рослинністю, без температурної стратифікації. 1.4. Літоральні, акумулятивно-транзитні мулисто-піщані, малопотужні (0,5-0,8 м) стрілолисто-елодейно-рдесникові та локально лататтеві, без температурної стратифікації. 1.5. Літоральні,

транзитно-аккумулятивні залізисто-сапропелеві (0,8-2,0 м) елодейно-рдесникових асоціацій, без температурної стратифікації.

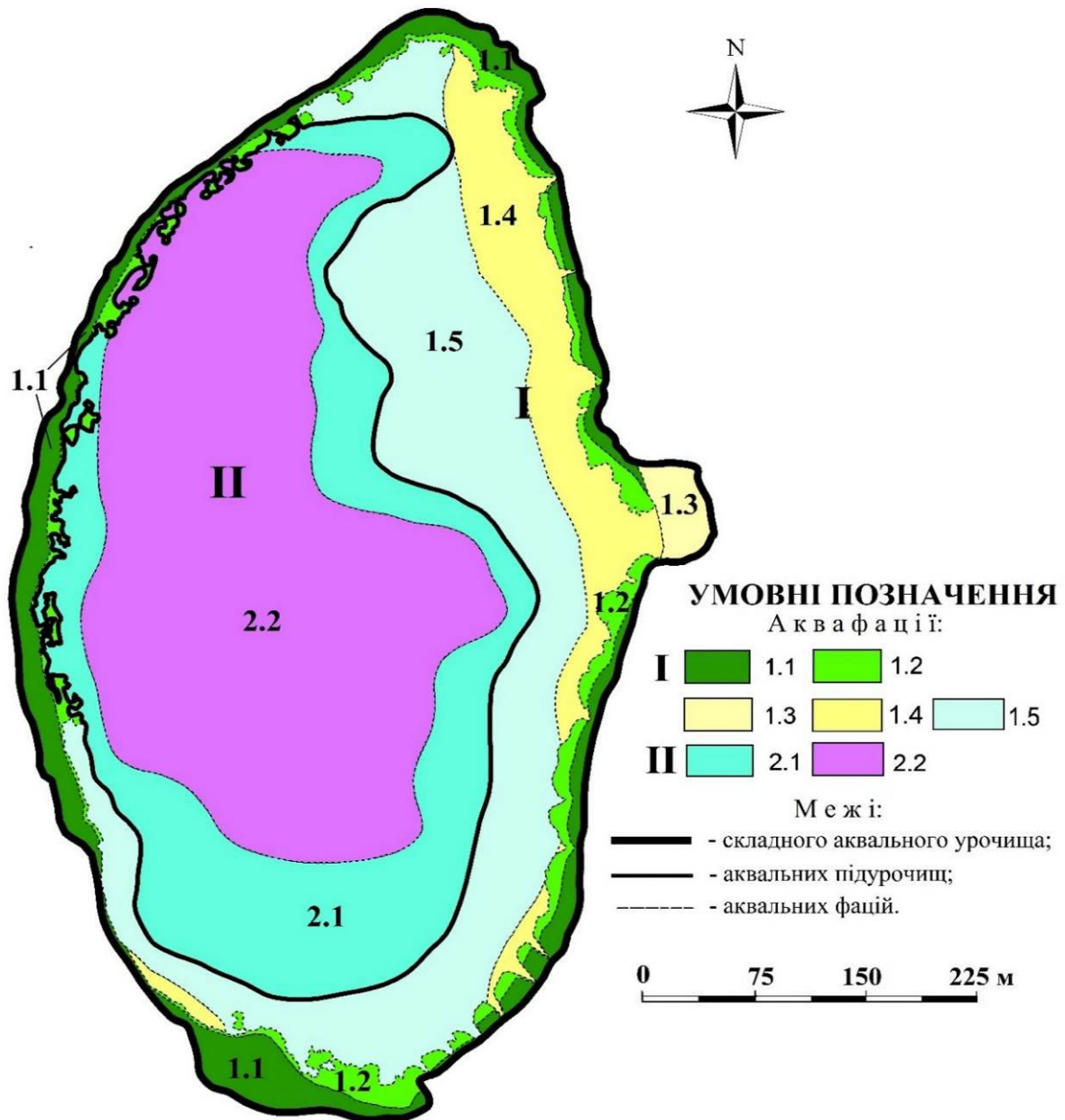


Рис. 5. Ландшафтна структура ПАК оз. Тербовичі

II. Літорально-субліторальне аквапідурочище на сапропелевих відкладах, що підстеляються алювіальними пісками з видовим різноманіттям підводної рослинності.

Аквафації: 2.1. Літорально-субліторальні, аккумулятивно-транзитні орґано-залізисті, що перешаровані орґано-глинистим сапропелем мало- та середньопотужні (2,0-4,5 м) розріджених елодейно-рдесникових

асоціацій та вільно плаваючих водоростей, без температурної стратифікації. 2.2. Літорально-субліторальні, аккумулятивні орґано-залізисті та орґано-глинисті з лінзами лімонітового сапропелю середньопотужні (3,0-6,0 м) та потужні (понад 6,0 м) вільно плаваючих водоростей, без температурної стратифікації.

ПАК озера представлений двома видами аквальних підурочищ, зокрема літоральним та літорально-субліторальним. У літоральному аквапідурочищі виділено 5 видів аквафацій, що налічують 40 ландшафтних контурів (табл. 2). Аквафація 1.1 трансформована у результаті зміни гідрологічного режиму унаслідок зміни проточного режиму водойми на стічний. Помітний вплив на її функціонування мали посушливі періоди останніх 7 років. Рукотворні

канали, що створені у східній частині приозерної тераси частково дренують воду з озера. Аквафація 1.2 зазнає природної трансформації у результаті заростання надводною і підводною рослинністю. Аквафація 1.3 є рукотворним затоном у літоральному аквапідурочищі. Найбільшу площу (55,9%) у ПАК посідає літорально-субліторальне аквапідурочище, де виокремлено лише три ландшафтних контури. Саме у цій частині ПАК залягають потужні поклади сапропелю.

Таблиця 2

Складність територіального розчленування ПАК оз. Тербовичі

Вид ПАК		Площа виду ПАК (га)		% площі виду від загальної площі		Кількість контурів виду фацій в межах ПАК	% від загальної кількості	Середня площа виду (під-) урочища (га)	Індекс подрібненості	Коефіцієнт складності	Коефіцієнт ландшафтно-розрахунковості
(Під-) урочище	Фація	(Під-) урочище	Фація	(Під-) урочище	Фація						
I		26,91		44,11		40	93,02	0,673	1,486	59,435	0,975
	1.1		5,17		8,48						
	1.2		2,97		4,87						
	1.3		0,60		0,98						
	1.4		4,83		7,92						
	1.5		13,34		21,86						
II		34,09		55,89		3	6,98	11,363	0,088	0,264	0,667
	2.1		12,40		20,33						
	2.2		21,69		35,56						
Усього		61,0	61,0	100,00	100,00	43	100,00	1,419	0,705	30,303	0,977

У цілому, в ПАК виділено 43 ландшафтних контури. Середня площа видів аквапідурочищ становить 1,419 га, індекс подрібненості – 0,705, коефіцієнт складності – 30,303, коефіцієнт ландшафтно-розрахунковості – 0,977.

Донні відклади озера є своєрідним дзеркалом підводного ландшафту, а сапропель – цінним органо-мінеральним ресурсом ПАК. Загальний об'єм сапропелю (за даними Київської ГРЕ) в озері становить 2239 тис. м³. Балансові геологічні запаси сапропелю – 498 тис. т, забалансові запаси – 61 тис. т. Якісна

характеристика озерного сапропелю щодо середньої концентрації хімічних елементів та сполук у пробах така (у % на суху речовину): вміст CaO – 2,83, Fe₂O₃ – 6,75, P₂O₅ – 0,781, K₂O – 0,37, Na₂O – 0,16, S (50%) – 1,78, N (50%) – 1,33. Кислотність сольової суспензії сапропелю – 5,76. Середня вологість сапропелю – 90,5%, середня зольність – 41,6%. Вихід сапропелю за 60% вологості з 1 м³ – 0,250 т / тис. м³. Детальна якісна геохімічна характеристики донних відкладів оз. Тербовичі за окремими видами сапропелю наведена у таблиці 3.

Таблиця 3

Кількісні та якісні геохімічні характеристики сапропелю оз. Тербовичі*

№ з/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Види сапропелю			Усього в межах родовища
			Органо-залізистий	Органо-глинистий	Лімонітовий	
1	Площа сапропелю у нульових межах родовища	га	–	–	–	50,0
2	Площа сапропелю у промислових межах (1,0 м)	га	–	–	–	41
3	Середня потужність сапропелю у промислових межах	м	–	–	–	5,46
4	Об'єм сапропелю у промислових межах	тис. м ³	–	–	–	2239
5	Вихід сапропелю за 60% вологості з 1 м ³	т / тис. м ³	0,253	0,250	0,230	0,250
7	Загальні геологічні (балансові) запаси сапропелю	тис. т	359	139		498
8	Забалансові запаси сапропелю	тис. т			61	61
9	Середня вологість сапропелю	%	90,39	90,47	91,47	90,50
10	Середньозважена зольність сапропелю	%	42,6	42,0	35,9	41,6
11	Вміст оксидів кальцію (CaO)	%	2,47	2,08	6,29	2,83
12	Вміст оксидів феруму (Fe ₂ O ₃)	%	6,76	4,02	12,21	6,75
13	Вміст оксидів фосфору (P ₂ O ₅)	%	0,760	0,476	1,590	0,781
14	Вміст оксидів калію (K ₂ O)	%	0,40	0,43	0,09	0,37
15	Вміст оксидів натрію (Na ₂ O)	%	0,17	0,19	0,06	0,16
16	Сірка загальна (S, 50%)	%	1,82	1,64	1,85	1,78
17	Нітроген загальний (N, 50%)	%	1,32	1,02	1,58	1,33
18	Кислотність (pH сольове) сапропелю	%	5,77	6,11	4,95	5,76

*Узагальнено за матеріалами Київської ГРЕ.

Сьогодні озеро перебуває у довгостроковій оренді (договір від 01.04.2010 р., терміном на 30 років) як спеціальне товарне рибне господарство. Щороку у водойму запускають 5-6 тонн риби (короп, карась, щука, товстолоб, білий амур). Ветеринарними службами ведуться

профілактичні заходи щодо запобігання захворюваності риб (Борзовець, 2016).

В умовах глобальних змін клімату і активізації процесів замулення та заростання вищою водною рослинністю міководних озер Поліського регіону й трансформації їх в

озерно-болотні комплекси постане гостро питання ревіталізації водойм. Саме розробка конструктивно-ландшафтних моделей ресурсного потенціалу озер дозволила б місцевим органам влади ухвалювати довгострокові стратегії просторового розвитку територіальних громад з майбутнім цільовим використанням перспективних водойм із видобутку сапропелю.

Висновки

Нами встановлено, що улоговина оз. Теребовичі на 79,34% заповнена відкладами сапропелю, який представлений органо-глинистим, органо-заїзистим та лімонітовим видами. Після рибогосподарської експлуатації водойми доцільно рекомендувати озеро як перспективне родовище для видобутку сапропелю. Це дозволить налагодити промисли з

виробництва органо-мінеральних добрив, що стане підґрунтям для ведення органічного землеробства у Самарівській громаді та прилеглих населених пунктах.

Розроблені картографічні моделі (батиметрична карта, ландшафтна карта), морфометричні, гідрологічні, ландшафтометричні параметри ПАК та стратиграфічний розріз оз. Теребовичі можуть стати передумовою для формування екологічного (еколого-ресурсного) паспорта водойми та господарської локації просторового розвитку Самарівської громади.

Рекомендуємо ведення ландшафтно-лімнологічного та іхтіологічного моніторингу оз. Теребовичі, як орендної водойми рибогосподарського напряму природокористування значного терміну експлуатації.

Список використаних джерел

Аналіз стану мінерально-сировинної бази України, облік родовищ і складання державних балансів запасів торфу і сапропелю станом на 01.01.2003-2005 років / Звіт про наук.-досл. роботу. Титул 24/03, Державне науково-виробниче підприємство, Державний інформаційний геологічний фонд України, «Геоінформ України». Київ: 2005. 45 с.

Аналіз стану сировинної бази торфу і сапропелю України в 1991-1995 роках. Торф. Кн.1. Аналіз стану сировинної бази торфу. Пояснювальна записка. Держ. комітет України по геології та використанню надр, Держ. інформаційний геологічний фонд України «Геоінформ». К.: 1996.

Борзовець В. У озеро Теребовичі випустили чотири тонни риби. 2016. [Електронний ресурс] URL: <http://ratpresa.com.ua/sotsium/aktsiji-proekty-konkursy/u-ozero-terebovychi-vypustyly-chotyry-tonny-ryby.html> (дата звернення: 27.03.2023).

Галік О. І., Стріха В. А., Нікітчук Н. І. Аналіз запасів покладів сапропелю в Рівненській області. Рівне, 2015. [Електронний ресурс] URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6195/94.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 27.03.2023).

Зузук Ф. В., Залеський І. І. Природно-ресурсний потенціал Західної Волині. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2010. № 7. С. 16-23.

Зузук Ф. В., Кутовий С. С., Ільїн Л. В., Колошко Л. К., Нетробчук І. М., Міщенко О. В., Химин М. В. Природні ресурси Волинської області. *Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна*. 2009. Вип. 37. С. 29-42.

Ільїн Л. В. Лімнок комплекси Українського Полісся: У 2-х т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація. Луцьк: РВВ Вежа Волин. нац. Ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 400 с.

Ільїн Л. В., Мольчак Я. О. Озера Волині: Лімнологіко-географічна характеристика. Луцьк: Надстир'я, 2000. 140 с.

Ільїна О. В., Пасічник М. П., Пасічник Н. В. Озерні родовища сапропелю Волинської області: вивченість, ресурси, оцінка можливостей господарського

використання. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2016. № 15 (340). С. 14–20.

Каліновський Д. І. Рекреаційні ресурси озер Волинської області: оцінювання та конструктивно-географічні засади раціонального використання: дис ... канд. геог. наук: 11.00.11. Луцьк, 2014. 243 с.

Ковальчук І. Геоінформаційне атласне картографування озерно-басейнових систем. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія географічна*. 2014. №1. С. 176-182.

Ковальчук А. І., Ковальчук І. П. Атласне картографування систем річкових басейнів: монографія [за наук. ред. проф. І.П. Ковальчука]. Львів: Простір-М, 2018. 348 с.

Лико Д. В., Мартинюк В. О., Лико С. М., Портухай О. І., Зубкович І. В. Метод ґрунтово-геохімічних катен у дослідженнях водозборів Волинського Полісся. Монографія. Рівне: Видавець О. Зень, 2019. 140 с.

Мартинюк В. Конструктивно-географічна оцінка ресурсів озерного сапропелю Українського Полісся. *Natural resources of border areas under a changing climate*. Monography. Edited by prof. Zb. Osadovsky and prof. M. Nosko. Slupsk-Chernihiv: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Slupsku, 2017. P. 151-162.

Мартинюк В. О., Андрійчук С. В. Кадастрово-ландшафтне моделювання озер природно-заповідного фонду верхньої Прип'яті. *Scientific research of the XXI century. Volume 1: collective monograph*/Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, Los Angeles: GS publishing service, 2021. p. 42-52. <https://doi.org/10.51587/9781-7364-13302-2021-001-42-52/>

Мартинюк В. О., Андрійчук С. В., Зубкович І. В. Досвід батиметричного моделювання та ландшафтного картографування озер Поліського регіону України. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences: Collective monograph*; Editorial board: dr U. Kempinska, dr H. Stepien, dr of Agricultural Sciences, Prof. R.A. Vozhehova. Riga: Izdevnieciba «Baltija Publishing». 2020. P. 2. Pp. 493-520. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/2.6>

Мартинюк В., Зубкович І. Ландшафтно-картографічне моделювання ресурсів озерного сапропелю Поліського регіону України. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2020», 14-15 травня 2020 року, НУБіП України, Київ. НУБіП України, 2020. С. 193-196.

Мельничук В., Мельничук Г. Мінерально-сировинна база Рівненської області: стан, проблеми, перспективи. *Мінералогічний збірник*. 2017. № 67. Вип. 2. С. 91-102.

Мінеральні ресурси України. Київ: ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. С. 270.

Мокієнко А. В. Сапропелі як перспективний засіб лікування і оздоровлення. Одеса: Фенікс, 2021. 236 с.

Музиченко О. С., Лавринюк З. В. Екологічний стан та використання рекреаційних ресурсів озер Велимче та Сомине Волинської області. *Вісн. Харків. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. Серія: Екологія*. Харків, 2016. Вип. 15. С. 67-74.

Пасічник М. П., Ільїн А. В., Хільчевський В. К. Сапропелеві рекреаційно-туристичні ресурси озер Волинської області. Луцьк: Волиньполіграф, 2021. 172 с.

Сологор К. А., Білецька М. Г. Сучасний стан рибних ресурсів озер Шацької групи. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2012. № 9. С. 221-223.

Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. 384 с.

Evans W. L. III. Lake Hydrology: An Introduction to Lake Mass Balance. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, 2021.

Leves F., Skinner A. Manual of Instructions. Bathymetric Surveys. June, 2004. [Електронний ресурс]. URL:

<https://dr6j45jk9xcmk.cloudfront.net/documents/2659/stdprod-103358.pdf> (дата звернення: 27.03.2023).

Kovalchuk I. P., Martyniuk V. A. Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*, 2015. 36 (3), 305–312. <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117>

Kovalchuk I., Martyniuk V., Šeirienė V. The basin-landscape approach to the protection and condition optimization of the lakes of the national parks. *Вісник Харків. нац-го ун-ту імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. Вип. 53. С. 238–253. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-18>

Kumar A. Fundamentals of Limnology. APH Publishing, 2005. 243 pp.

Martyniuk V. O., Andriichuk S. V., Zubkovych I. V. *Regional constructive geographical modeling of lake-basin systems of Ukraine. The development of nature sciences: problems and solutions*: Conference Proceedings, April 27–28, 2018. Brno: Baltija Publishing, p. 218–222.

Martyniuk V., Korbutiak V., Hopchak I., Kovalchuk I., Zubkovych I. Methodology for assessing the geoecological state of landscape-lake systems and their cartographic modelling (based on the case study of Lake Bile, Rivne Nature Reserve, Ukraine). Vilnius, 2023. *Baltica*, 36 (1), 13–29. <https://doi.org/10.5200/baltica.2023.1.2>. ISSN 0067-3064

Oakenfold S. (ed.). Limnology and Freshwater Ecology. Syrawood Publishing House, 2017. 241 pp.

Wetzel R. A., Likens G. E. Limnological analysis: monograph. 2nd ed. New York, Springer, 1991. 429 p.

Zubkovych I., Kovalchuk I., Martyniuk V., Korbutiak V., Andriychuk S. Echo-sounding of lakes of the Nobel national nature park for the purposes of landscape mapping and geoecological monitoring. European Association of Geoscientists & Engineers. *Conference Proceedings, International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2021»*, Oct 2021, Volume 2021, p.1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K3029>

Zubkovych I., Martyniuk V. Voluinės Polesėje (Ukraine) esančio Nobelio ežero dugno nuosėdų geocheminės ypatybės. *Geologijos akiračiai*. Vilnius, 2022. 1–2. p. 5–10.

References (translated & transliterated)

Analiz stanu mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy, oblik rodovyshch i skladannia derzhavnykh balansiv zapasiv torfu i sapropeliu stanom na 01.01.2003–2005 rokiv (2005). [Analysis of the state of the mineral and raw material base of Ukraine, accounting of deposits and drafting of the state balances of peat and sapropel reserves as of January 1, 2003–2005] Zvit pro nauk.-dosl. robotu. Tytul 24/03, Derzhavne naukovo-vyrobnyche pidpriemstvo, Derzhavnyi informatsiyni heolohichniy fond Ukrainy, «Heoinform Ukrainy». Kyiv, 45 [in Ukrainian].

Analiz stanu syrovynnoi bazy torfu i sapropeliu Ukrainy v 1991–1995 rokakh. Torf. Kn.1. Analiz stanu syrovynnoi bazy torfu. (1996). [Analysis of the raw material base of peat and sapropel of Ukraine in 1991–1995. Peat. Book 1. Analysis of the condition of the raw material base of peat.] Poiasniuvalna zapyska. Derzh. komitet Ukrainy po heolohii ta vykorystanniu nadr, Derzh. informatsiyni heolohichniy fond Ukrainy „Heoinform”. Kyiv. [in Ukrainian].

Borzovets, V. (2016). *U ozero Terebovychi vypustyly chotyry tonny ryby [Four tons of fish were released into Lake Terebovichij]*. [Electronic resource]. URL: <http://ratpresa.com.ua/sotsium/aktsiji-proekty-konkursy/u-ozero-terebovychi-vypustyly-chotyry-tonny-ryby.html> (Access date 27.05.2023) [in Ukrainian].

Halik, O. I., Strikha, V. A. & Nikitchuk, N. I. (2015). Analiz zapasiv pokladiv sapropeliu v Rivnenskii oblasti [Analysis of reserves of sapropel deposits in the Rivne region]. Rivne.

[Electronic resource]. URL:<https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6195/94.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Access date 27.05.2023). [in Ukrainian].

Zuzuk, F. V. & Zaleskyi, I. I. (2010). Pryrodno-resursnyi potentsial Zakhidnoi Volyni [Naturally Resource Potential of West Volyn]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykhy terytorii*. 7, 16–23. [in Ukrainian].

Zuzuk, F. V., Kutovyi, S. S., Ilin, L. V., Koloshko, L. K., Netrobchuk, I. M., Mishchenko, O. V. & Khymyn, M. V. (2009). Pryrodni resursy Volynskoi oblasti [Natural resources of Volyn region]. *Visnyk Lviv. un-tu. Seriiia heohrafichna*. Vyp. 37. 29-42. [in Ukrainian].

Ilin, L. V. (2008). Limnokompleksy Ukrainiskoho Polissia: U 2-kh t. T. 2: Rehionalni osoblyvosti ta optymizatsiia [Limnocomplexes of Ukrainian Polesia: Monograph: In 2 t. T. 2: Regional features and optimization.]. Lutsk: RVV Vezha Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky, 400 [in Ukrainian].

Ilin, L. V. & Molchak, Ya. O. (2000). Ozera Volyni: Limnoloheohrafichna kharakterystyka [Volyn lakes: limnological and geographical characteristics]. Lutsk: Nadstyria, 140 [in Ukrainian].

Ilina, O. V., Pasichnyk, M. P. & Pasichnyk, N. V. (2016). Ozerni rodovyscha sapropeliu Volynskoi oblasti: vyvchenist, resursy, otsinka mozhlyvostei hospodarskoho vykorystannia [Deposits of Lake Sapropel in Volyn Region: scrutiny, resources, assessment of the possibilities of economic utilization]. *Naukovyi visnyk Skhidnoieuropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. 15(340), 14–20. [in Ukrainian].

Kalinovskyi, D. I. (2014). Rekreatsiini resursy ozer Volynskoi oblasti: otsiniuvannia ta konstruktyvno-heohrafichni zasady ratsionalnoho vykorystannia [Recreational resources of the lakes of the Volyn region: assessment, structural and geographical principles of rational use]: dys ... kand. heoh. nauk: 11.00.11. Lutsk, 243 [in Ukrainian].

Kovalchuk, I. (2014). Heoinformatsiine atlasne kartohrafovannia ozernobaseinovykh system [Geoinformational atlas mapping lake-basin systems]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriiia heohrafichna*. 1, 176-182. [in Ukrainian].

Kovalchuk, A. I. & Kovalchuk, I. P. (2018). Atlasne kartohrafovannia system richkovykh basiniv [Atlas mapping of river basin systems]: monohrafiia [za nauk. red. prof. I.P. Kovalchuka]. Lviv: Prostir-M, 348 [in Ukrainian].

Lyko, D. V., Martyniuk, V. O., Lyko, S. M., Portukhai, O. I. & Zubkovich, I. V. (2019). Metod gruntovo-heokhimichnykh katen u doslidzhenniakh vodozboriv Volynskoho Polissia. Monohrafiia [The method of soil-geochemical catenas in studies of watersheds of Volyn Polissia. Monograph.]. Rivne: Vydavets O. Zen, 140 [in Ukrainian].

Martyniuk, V. (2017). Constructive and Geographical Assessment of Lake Sapropel Resources of Ukrainian Polissia. Natural resources of border areas under a changing climate. Monography. Edited by prof. Zb. Osadovsky and prof. M. Nosko. – Slupsk-Chernihiv: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Slupsku, 151-162 [in Ukrainian].

Martyniuk, V. O. & Andriichuk, S. V. (2021). Kadaastrovo-landshaftne modeliuвання ozer pryrodno-zapovidnoho fondu verkhnoi Prypiati [Cadastral and landscape modeling of the lakes of the nature reserve fund of Upper Prypyat]. *Scientific research of the XXI century: collective monograph* / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, Los Angeles: GS publishing service, 1, 42-52. <https://doi.org/10.51587/9781-7364-13302-2021-001-42-52> [in Ukrainian].

Martyniuk, V. O., Andriichuk, S. V. & Zubkovich, I. V. (2020). Dosvid batymetrychnoho modeliuвання ta landshaftnoho kartohrafovannia ozer Poliskoho rehionu Ukrainy [Experience of bathymetric modeling and landscape mapping of the lakes of the Polissky region of Ukraine]. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences: Collective monograph*; Editorial board: dr U. Kempinska, dr H.

Stepien, dr of Agricultural Sciences, Prof. R.A. Vozhehova. Riga: Izdevnieciba «Baltija Publishing». 2. 493-520. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/2.6> [in Ukrainian].

Martyniuk, V. & Zubkovych, I. (2020). Landshaftno-kartohrafichne modeliuвання resursiv ozernoho sapropeliu Poliskoho rehionu Ukrainy [Landscape-cartographic modeling of lake sapropel resources of the Polissky region of Ukraine]. *Zbirnyk materialiv VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii «Hlobalni ta rehionalni problemy informatyzatsii v suspilstvi i pryrodokorystuvanni 2020»*, 14-15 travnia 2020 roku, NUBiP Ukrainy, Kyiv: NUBiP Ukrainy, 193–196. [in Ukrainian].

Melnychuk, V. & Melnychuk, H. (2017). Mineralno-syrovynna baza Rivnenskoï oblasti: stan, problemy, perspektyvy [Mineral and raw material base of Rivne region: state, problems, perspectives]. *Mineralogical Review*. 67, 2. 91-102. [in Ukrainian].

Mineralni resursy Ukrainy [Mineral resources of Ukraine] (2018). Kyiv: DNVP «Derzhavnyi informatsiyni heolohichniy fond Ukrainy». [in Ukrainian].

Mokiienko, A. V. (2021). Sapropeli yak perspektyvnyi zasib likuvannya i ozdorovlennia [Sapropel as a promising means of treatment and recovery]. Odesa: Feniks, 236 [in Ukrainian].

Muzychenko, O. S. & Lavryniuk, Z. V. (2016). Ekolohichniy stan ta vykorystannia rekreatsiinykh resursiv ozer Velymche ta Somyne Volynskoi oblasti [Environmental status and use of recreational resources lakes Velymche and Somyne Volyn region]. *Visn. Kharkiv. nats. un-tu im. V.N. Karazina. Seria: Ekolohiia*. Kharkiv, 15. 67-74 [in Ukrainian].

Pasichnyk, M. P., Ilin, L. V. & Khilchevskyi, V. K. (2021). Sapropeli rekreatsiino-turystychni resursy ozer Volynskoi oblasti [Sapropel recreational and tourist resources of the lakes of the Volyn region]. Luts'k: Volynpolihraf, 172 [in Ukrainian].

Solohor, K. A. & Biletska, M. H. (2012). Suchasnyi stan rybnykh resursiv ozer Shatskoi hrupy [The current state of fish resources of the lakes of the Shatsk group]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylyhlykh terytorii*. 9. 221-223 [in Ukrainian].

Shevchuk, M. Y. (1996). Sapropeli Ukrainy: zapasy, yakist ta perspektyvy vykorystannia: monohrafiia [Sapropel of Ukraine: reserves, quality and prospects of use: monograph]. Luts'k: Nadstyria, 384 [in Ukrainian].

Evans, W. L. III. 2021. Lake Hydrology: An Introduction to Lake Mass Balance. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press. [in English].

Levec, F. & Skinner, A. (2004). Manual of Instructions. Bathymetric Surveys. [Electronic resource]. URL: <https://dr6j45jk9xcmk.cloudfront.net/documents/2659/stdprod-103358.pdf> (Access date 20.05.2023). [in English].

Kovalchuk, I. P. & Martyniuk, V. A. (2015). Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*, 36 (3), 305–312. <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117> [in English].

Kovalchuk, I., Martyniuk, V. & Šeirienė, V. (2020). The basin-landscape approach to the protection and condition optimization of the lakes of the national parks. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 53. 238-253. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-18> [in English].

Kumar, A. (2005). Fundamentals of Limnology. APH Publishing, 243. [in English].

Martyniuk, V. O., Andriichuk, S. V. & Zubkovych, I. V. (2018). Regional constructive geographical modeling of lake-basin systems of Ukraine. *The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings*, April 27-28, Brno: Baltija Publishing, 218-222. [in English].

Martyniuk, V., Korbutiak, V., Hopchak, I., Kovalchuk, I. & Zubkovych, I. (2023). Methodology for assessing the geocological state of landscape-lake systems and their cartographic modelling (based on the case study of Lake Bile, Rivne Nature Reserve,

Ukraine). Vilnius. *Baltica*, 36 (1), 13–29. <https://doi.org/10.5200/baltica.2023.1.2>. [in English].

Oakenfold, S. (ed.). 2017. *Limnology and Freshwater Ecology*. Syrawood Publishing House, 241. [in English].

Wetzel, R. A. & Likens, G. E. (1991). *Limnological analysis: monograph*. 2nd ed. New York, Springer, 429. [in English].

Zubkovych, I., Kovalchuk, I., Martyniuk, V., Korbutiak, V. & Andriychuk, S. (2021). Echo-sounding of lakes of the Nobel national nature park for the purposes of landscape mapping and geoecological monitoring. European Association of Geoscientists & Engineers. *Conference Proceedings, International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2021»*, Oct 2021. 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K3029> [in English].

Zubkovych, I. & Martyniuk, V. (2022). Voluinės Polesėje (Ukraine) esančio Nobelio ežero dugno nuosėdų geocheminės ypatybės. *Geologijos akiračiai*. Vilnius, 1-2, 5-10. [in Lithuanian].

Отримано: 03 квітня 2023

Прийнято: 24 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 338.48:332.122(477.51-751.3)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.131-143

ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД У СТРУКТУРІ РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Т. М. Шовкун¹, В. М. Зінченко², І. В. Мирон³

У статті проаналізовано території та об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ) Чернігівської області як об'єкти рекреаційно-туристичного природокористування. ПЗФ Чернігівської області нараховує 678 об'єктів загальною площею 263,1 тис. га (7,89 % території області). ПЗФ області складають вісім категорій, відсутні такі категорії як біосферний заповідник, природний заповідник та ботанічний сад. Дослідження динаміки кількості об'єктів та площ ПЗФ області за період з 1990 по 2023 роки виявило тенденцією до збільшення поліфункціональних заповідних територій (національних природних парків (НПП) та регіональних ландшафтних парків (РЛП)). За кількістю в структурі ПЗФ Чернігівської області переважають заказники та пам'ятки природи, а за площею – заказники і регіональні ландшафтні парки.

Установлено, що найбільше значення для рекреаційно-туристичної сфери мають саме поліфункціональні категорії ПЗФ – НПП та РЛП, в яких активно розвивається туризм. Проаналізовано основні напрямки розвитку туризму у Мезинському та Ічнянському НПП – зазначені екологічні стежки, маршрути (автомобільні, велосипедні, пішохідні), які дають можливість ознайомитися з природою Полісся (Мезинський НПП) і Лісостепу (Ічнянський НПП), та туристична інфраструктура. Визначено, що найпоширенішим видом туризму в межах НПП є прогулянки екологічними стежками.

Особливим є питання використання рекреаційного потенціалу заказників, які найбільш поширені у структурі ПЗФ області. Встановлено, що переважаючим видом рекреаційно-туристичної діяльності в їх межах є пізнавальні екскурсії маркованими стежками. Інші категорії ПЗФ Чернігівської області (пам'ятки природи, дендропарк, зоопарк, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва) володіють меншим рекреаційним потенціалом, але мають пізнавальне значення і можуть виступати в якості об'єктів рекреаційно-

¹ кандидат географічних наук,
доцент кафедри географії, туризму та спорту
(Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)
e-mail: tmshev@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9235-062X

² старший викладач кафедри індустрії гостинності та сталого розвитку
(Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського м. Київ)
e-mail: zvn196@ukr
ORCID: 0000-0003-1802-1697

³ старший викладач кафедри географії, туризму та спорту
(Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)
e-mail: miron1@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3633-9703

туристичного природокористування. З метою підвищення ролі та значимості ПЗФ Чернігівської області у структурі рекреаційно-туристичного природокористування доцільним є створення таких категорій ПЗФ як НПП і РЛП.

Ключові слова: національний природний парк, природно-заповідний фонд, регіональний ландшафтний парк, рекреаційно-туристичне природокористування, Чернігівська область.

NATURE PROTECTION FUND IN THE STRUCTURE OF RECREATION AND TOURIST NATURE USE OF CHERNIGOV REGION

T.M. Shovkun, V.M. Zinchenko, I.V. Myron

The article analyzes the territories and objects of the nature reserve fund (NRF) of the Chernihiv region as objects of recreational and touristic nature use. The NRF of the Chernihiv region includes 678 objects with a total area of 263.1 thousand hectares (7.89% of the territory of the region). The NRF of the region consists of eight categories, there are no such categories as biosphere reserve, nature reserve and botanical garden. The study of the dynamics of the number of objects and areas of the NRF of the region for the period from 1990 to 2023 revealed a tendency to increase multifunctional protected areas (national natural parks (NNP) and regional landscape parks (RLP)). Reserves and natural monuments predominate in the structure of NRF of Chernihiv region in terms of number, and in terms of area - reserves and regional landscape parks.

It was established that the most important for the recreation and tourism sphere are the multifunctional categories of NRF - NNP and RLP, in which tourism is actively developing. The main directions of tourism development in the Mezyn and Ichnya National Parks were analyzed - ecological trails, routes (car, bicycle, pedestrian) that provide an opportunity to get to know the nature of Polissia (Mezyn National Park) and the Forest Steppe (Ichnya National Park), and tourist infrastructure are indicated. It was determined that the most common type of tourism within the NNP is walking along ecological trails.

A special issue is the use of the recreational potential of nature reserves, which are the most widespread in the structure of the NRF of the region. It has been established that the predominant type of recreational and tourist activity within their borders is educational excursions along marked trails. Other categories of NRF of the Chernihiv region (natural monuments, arboretum, zoo, parks-monuments of horticultural art) have less recreational potential, but have educational value and can act as objects of recreational and touristic nature use. In order to increase the role and significance of the NRF of Chernihiv region in the structure of recreational and touristic nature use, it is advisable to create such categories of NRF as NNP and RLP.

Keywords: Keywords: national natural park, nature reserve fund, regional landscape park, recreational and tourist nature use, Chernihiv region.

Вступ.

Одним із перспективних напрямків розвитку Чернігівщини і створення її позитивного іміджу є туризм. В останні роки спостерігається тенденція до зростання зацікавленості об'єктами природно-заповідного фонду (ПЗФ), як такими, що можуть бути задіяні у рекреаційно-туристичному природокористуванні. Це зумовлює необхідність досліджень рекреаційно-туристичного використання ПЗФ як у країні загалом, так і в Чернігівській області зокрема.

Природні території та об'єкти, що охороняються державою, мають вагомe значення як складові наукових досліджень. Вивчення окремих природніх компонентів у різних категоріях ПЗФ здійснюється з метою спостереження за їх змінами, відтворенням та з'ясування можливостей їхнього господарського використання. Карпенко Ю. О., Білоус О. М. досліджуючи мережу лісових природно-заповідних територій Чернігівського Полісся, зазначили їх роль у забезпеченні екологічної стійкості у межах басейну р. Снов

(Карпенко і Білоус, 2012). Колективна робота присвячена питанню оптимізації природно-заповідної мережі міст Чернігівщини шляхом створення нових паркових територій та охорони приміських та заплавної лісів (Карпенко і Потоцька, 2018). Структура та особливості функціонування ПЗФ області досліджувалися різними авторами (Мирон, 2015; Бездухов, 2021). Ряд робіт присвячені рекреаційному використанню ПЗФ Чернігівської області. Так, І. В. Мирон та В. М. Гавій здійснили групування адміністративних районів області за рівнем рекреаційного потенціалу ПЗФ (Мирон і Гавій, 2018). Можливість розвитку туризму у національних природних парках (НПП) Східного Полісся досліджував колектив авторів (Шовкун та ін., 2022).

Отже, аналіз наукової літератури вказує на те, що вивчення рекреаційної діяльності у межах ПЗФ в останні роки набуває все більшого значення. Водночас питання вивчення ПЗФ у контексті рекреаційно-туристичного природокористування в Чернігівській області висвітлені недостатньо.

Мета дослідження: визначити основні напрями розвитку рекреаційної діяльності у межах територій та об'єктів ПЗФ як складників у структурі рекреаційно-туристичного природокористування Чернігівської області.

Матеріал і методи.

Для реалізації мети дослідження використовувалися нормативно-правові законодавчі акти: Закон України «Про природно-заповідний фонд України» (1992), «Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України» (2022), а також матеріали Департаменту екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації, матеріали з офіційних сайтів НПП, що досліджувалися. При виконанні дослідження були застосовані як

загальнонаукові, так і спеціальні методи: системно-структурний, описовий, графічний, картографічний, узагальнення та систематизації. Для побудови моделі організації рекреації на територіях та об'єктах ПЗФ з урахуванням радіусів доступності від м. Чернігова застосовувалися програми Google Earth, Corel DRAW. Радіуси доступності були обрані з урахуванням типології НПП за туристичною привабливістю, запропонованої А. А. Голубом (Голуб, 2016).

Результати.

Природно-заповідний фонд України загалом, і Чернігівщини зокрема, включають у себе об'єкти, які здатні втілювати різноманітні завдання, але головними з них є збереження різноманіття природи і створення умов для різних видів рекреаційно-туристичної діяльності.

Туристично-рекреаційне використання ПЗФ передбачає поєднання туристично-рекреаційної діяльності з потенціалом заповідних територій, яке має на меті як задоволення потреб населення, так і дотримання режиму охорони навколишнього природного середовища (Безсмертнюк, 2017).

По кількості заповідних об'єктів Чернігівська область посідає перші місця в Україні, а за рейтингом серед адміністративно-територіальних одиниць за відсотком заповідності займає 14 позицію (Інформаційно-аналітичні ..., 2020).

Найдинамічніше зростання кількості об'єктів та площ ПЗФ Чернігівської області розпочалося з кінця 90-х років XX століття. Так, за період з 1996 по 2002 роки кількість об'єктів ПЗФ зросла на 69, а їх площа збільшилась на 117,5 тис. га. На якісно новий рівень розвиток заповідної справи в області вийшов на початку XXI ст., коли було створено регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Міжріччинський» (2002), два національні природні парки (НПП) – Ічнянський (2004) та Мезенський (2006). У 2014 р. було створено РЛП

«Ялівщина», а у 2016 р. – РЛП «Ніжинський». За період з 2008 по 2023 роки кількість об'єктів зростає повільно, а площа ПЗФ збільшується переважно за рахунок розширення площ вже існуючих заповідних територій (табл. 1).

Станом на 01.01.2023 року ПЗФ області нараховує 678 об'єктів загальною площею 263,1 тис. га. Це становить 7,89 % від загальної площі області, що більше ніж середнє значення по країні (6,8 %). Із них 20,1 % (24 об'єкти) загальнодержавного, а 79,9 % місцевого значення. Природно-

заповідний фонд складають 8 категорій об'єктів: 2 національні природні парки (Ічнянський та Мезенський), частина НПП Залісся, 3 регіональні ландшафтні парки (Міжріччинський, Ялівщина, Ніжинський), 460 заказників, 139 пам'яток природи, 19 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, 52 заповідні урочища, 2 дендропарки (Тростянецький, Прилуцький), 1 зоопарк (Менський) (Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації).

Таблиця 1.

Динаміка кількості об'єктів та площ ПЗФ Чернігівської області за період з 1990 по 2023 роки

Рік	1990	1996	2002	2008	2014	2020	2023
Кількість, шт	563	578	647	654	656	669	678
Площа, тис. га	84,6	102,7	220,2	253,2	253,4	262,4	263,1
Відсоток заповідності, %	2,7	3,2	6,9	7,6	7,6	7,87	7,89

Джерело: складено авторами за даними Департаменту екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації

За кількістю в структурі ПЗФ Чернігівської області переважають заказники та пам'ятки природи (рис. 1).



Рис. 1. Структура територій та об'єктів ПЗФ Чернігівської області за кількістю, шт (станом на 01.01.2023)

Джерело: побудовано авторами за даними Департаменту екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації.

Найбільші площі в структурі ПЗФ області займають заказники і

регіональні ландшафтні парки, на які припадає 45 і 32 % від загальної площі

ПЗФ. Натомість площі таких категорій як пам'ятки природи, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, дендропарки і зоопарки незначні (рис. 2).

Правове регулювання туристичної діяльності на територіях та об'єктах ПЗФ визначається низкою нормативно-правових законодавчих актів, насамперед Законом України «Про природно-заповідний фонд України» (1992) та «Положенням про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-

заповідного фонду України» (2022). Рекреаційна діяльність – це «діяльність, що здійснюється з метою відновлення розумових, духовних і фізичних сил людей шляхом створення умов для їх загальнооздоровчого і пізнавального відпочинку». Основними видами рекреаційної діяльності у межах заповідних територій є організація оздоровлення, відпочинку, любительського та спортивного рибальства, різних видів туризму (Положення ..., 2022).

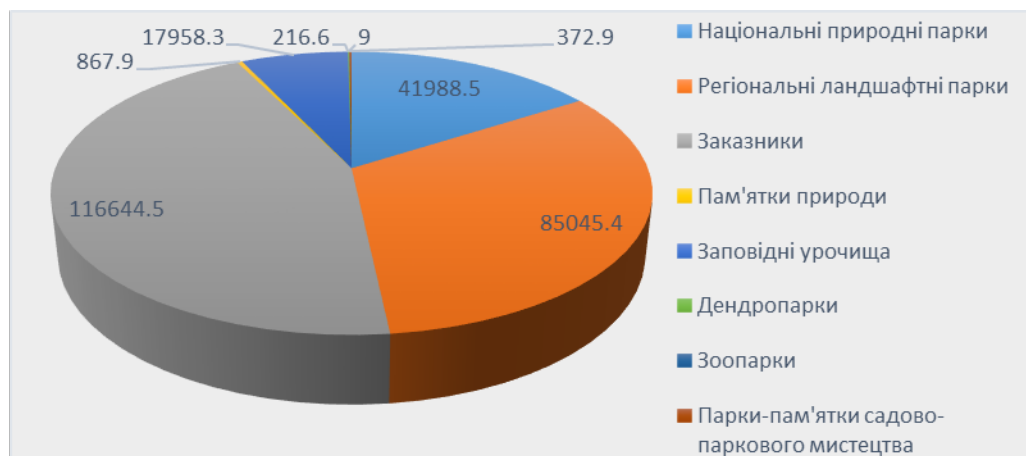


Рис. 2. Структура територій та об'єктів ПЗФ Чернігівської області за площею, тис. га (станом на 01.01.2023)

Джерело: побудовано авторами за даними Департаменту екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації.

Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» всі категорії ПЗФ Чернігівської області можуть бути використані у рекреаційно-туристичній діяльності. Найбільш придатні для ведення рекреаційної діяльності є національні природні парки. Це багатофункціональні природоохоронні установи: наряду з іншими функціями відповідно до чинного законодавства вони повинні виконувати і рекреаційну. Для забезпечення охорони, відтворення та рекреаційного використання природних комплексів і об'єктів у межах НПП виділяють такі функціональні зони: заповідна, регульованої рекреації, стаціонарної рекреації, господарська. Рекреаційна діяльність організовується в межах зон регульованої та стаціонарної рекреації. Перша зона призначена для

короткострокового відпочинку та оздоровлення населення, облаштування туристських маршрутів і екологічних стежок, а друга – для розміщення готелів, мотелів, кемпінгів тощо (Закон ..., 1992).

Окрасою Новгород-Сіверського Полісся є Мезинський НПП, який створено з метою збереження, відтворення і раціонального використання типових і унікальних ландшафтів Полісся. Територія парку включає в себе заплаву річки Десни з лучним різноманіттям та дубові, липово-дубові, грабово-дубові ліси. На території НПП функціонують пізнавальні екологічні стежки: «Дивосвіт природи краю, де ходили мамонти», «Від парому до парому», «Забілина криниця», «Стежками Рихлівської дачі». Мандруючи цими стежками туристи

мають можливість спостерігати за унікальними рослинами (свідком епохи динозаврів – сальвінією плаваючою, гірськими папоротями – багатоніжка, букова папороть та ін.), за цікавими тваринами – найбільшим жуком України – жуком-оленом, отруйним павуком тарантулом, чорним лелекою та ін. Також діють різноманітні еколого-краєзнавчі маршрути, зокрема автомобільний туристичний маршрут «Від історії до сьогодення». Відвідувачі парку мають нагоду ознайомитися з історією та культурою краю, адже на території парку знаходиться близько 50 пам'яток архітектури, серед яких унікальна Мезинська палеолітична стоянка, вік якої майже 20 тисяч років. На території НПП функціонують Мезинський археологічний науково-дослідний музей ім. В. Є. Куриленка, візит-центр Мезинського НПП, кімната етнографії та історії краю (Рихлівське природоохоронно науково-дослідне відділення). Є заклади розміщення туристів: будиночки мандрівника «Затишок» і «Хотинський» (Мезинський НПП).

На території Прилуцького району створений Ічнянський НПП, де охороняється природа північної частини Лівобережного Лісостепу. На території поширені ареали дуба, граба та липи, а біля русел річок – трав'яні евтрофні болота. У межах НПП діє еколого-туристичний маршрут «Садове» та еколого-пізнавальна стежка «В долині Іченьки». Туристи мають можливість спостерігати за красою квітучого лучного різнотрав'я, милуватись водно-болотними ландшафтами р. Удай та Іченьки та відпочивати під кронами дерев мішаних лісів. Особливості механічного складу ґрунту (піщаний) дозволяють відвідувачам разом з екскурсоводом визначити тварин за залишеними на стежках слідами. Для відпочинку є спеціально облаштовані місця з можливістю розведення вогнищ. На території НПП функціонує еколого-освітній центр, де, зокрема, можна скористатися бібліотечними послугами.

Туристи можуть зупинитися на ночівлю в модульних спорудах.

Структурним підрозділом НПП «Ічнянський» є дендрологічний парк загальнодержавного значення «Тростянець», що є пам'яткою садово-паркового-мистецтва XIX століття. Дендрологічні парки створюють з метою збереження і збагачення різних видів рослин і вони є місцем культурного відпочинку та туризму. Вагоме місце у Тростянецькому парку займають хвойні види, за кількістю яких він займає перше місце серед інших українських парків (Енциклопедія сучасної України). Туристична інфраструктура на території дендропарку розвинена недостатньо, однак тут є пансіонат. У с. Тростянець можна зупинитися у садибі «Мисливська паланка».

Отже, НПП Чернігівської області мають кількісні та якісні параметри для розвитку різноманітних видів туризму, серед яких найбільш поширеними є рекреаційно-пізнавальний та оздоровчий.

Вагоме місце у структурі рекреаційно-туристичного природокористування області займають регіональні ландшафтні парки (РЛП). Відповідно до ст. 23 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» регіональні ландшафтні парки є «природоохоронними рекреаційними установами місцевого чи регіонального значення, що створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних природних комплексів та об'єктів, а також забезпечення умов для організованого відпочинку населення» (Закон ..., 1992). У межах Чернігівської області є три РЛП: Міжріччинський, Ніжинський та Ялівщина.

На межиріччі Дніпра і Десни створено один із найбільших в Україні РЛП «Міжріччинський», площа якого становить майже 79 тис. га. Оскільки на цій території раніше були розташовані танкові полігони, то природа тут зберіглася у своєму первісному вигляді. На території РЛП вдало поєднуються лісові та болотяні ландшафти, заплави річок Дніпра та Десни, але найбільшу

цінність має Бондарівське болото, де збереглися рідкісна флора та фауна боліт цього краю. Територією РЛП пролягають 4 екологічні стежки: «Журавлина», «Поліська», «Бондарівське Болото», «Соколинний Луг», протяжність кожної до 2 км. Відвідувачам пропонуються різноманітні заходи: майстер-класи з виживання в диких умовах, річкові сплави, орнітологічні спостереження тощо. У межах Міжріччинського регіонального ландшафтного парку створено Екопарк Dereville, поруч із яким розташовано готель «Dereville» (комплекс будинків, виконаних в концепції «еко»). На території екопарку Dereville облаштовано комфортний пляж, пропонуються риболовля, пішохідні й автомобільні прогулянки екостежками у супроводі працівників парку.

Осередком збереженої природи у північно-східній частині міста Чернігова став РЛП «Ялівщина». На його території функціонує екологічна стежка, яка зокрема використовується для організації навчальних практик студентів та учнів шкіл. Територія РЛП є улюбленим місцем відпочинку містян і придатна для розвитку екологічного туризму. Регіональний ландшафтний парк «Ніжинський» розташований на межі двох природних зон: мішаних лісів

та лісостепу, тому тут домінує лісова та болотна рослинність. РЛП створений з метою відродження місцевих традицій природокористування, збереження ландшафту, розвитку бджільництва, створення умов для відпочинку, екскурсій та туризму. На території РЛП діє дві екологічні стежки «Лісовий затишок» та «Спадщина предків».

Найпоширенішою категорією ПЗФ України і Чернігівської області є заказники. Це природні території (акваторії), які охороняються для збереження і відтворення природних комплексів чи їх окремих компонентів. При цьому земельні (водні) ділянки та інші природні об'єкти не вилучаються у власників або користувачів у межах заказників обмежується або забороняється мисливство, а інші види господарської та іншої діяльності проводяться з додержанням загальних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища (Закон ..., 1992). На території Чернігівської області є дванадцять заказників загальнодержавного значення і чотириста сорок вісім – місцевого. Серед заказників загальнодержавного значення переважають гідрологічні, ботанічні та ландшафтні (табл. 2), а серед місцевих – гідрологічні та ботанічні.

Таблиця 2

Перелік заказників загальнодержавного значення Чернігівської області

№ з. п.	Назва	Категорія	Площа (га)	Район
1.	Болото Мох	Гідрологічний	98	Корюківський
2.	Брецький	Ботанічний	200	Корюківський
3.	Дорогинський	Гідрологічний	1880	Прилуцький
4.	Замглай	Ландшафтний	4428	Чернігівський
5.	Каморетський	Загальнозоологічний	515	Корюківський
6.	Кравчукове болото	Гідрологічний	172	Ніжинський
7.	Мурав'ївський	Ландшафтний	1095,7	Новгород-Сіверський
8.	Оболонський	Ботанічний	400	Новгород-Сіверський
9.	Путівський	Ботанічний	150	Новгород-Сіверський
10.	Рихлівська дача	Ландшафтний	789	Новгород-Сіверський
11.	Середовищина	Ботанічний	288	Ніжинський
12.	Сосинський	Гідрологічний	406	Чернігівський

Джерело: Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації.

У ст. 26 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» зазначено, що «господарська, наукова та інша діяльність, що не суперечить цілям і завданням заказника, проводиться з дотриманням загальних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища» (Закон..., 1992). Проаналізувавши положення про різні типи заказників (Про затвердження Положення про ботанічний заказник загальнодержавного значення "Путівський" у новій редакції. Положення про ландшафтний заказник місцевого значення «Лопата») та офіційні сайти об'єктів ПЗФ можна стверджувати, що території заказників використовуються в оздоровчих та інших рекреаційних цілях, а переважаючим видом рекреаційно-туристичної діяльності є пізнавальні екскурсії маркованими стежками.

На території заповідних урочищ встановлюється суровий режим охорони, наближений до вимог, визначених для природних заповідників. Забороняється будь-яка діяльність, що порушує природні процеси, які відбуваються у природних комплексах. Водночас у ст. 16, яка визначає вимоги щодо охорони природних комплексів та об'єктів природних заповідників, зазначено, що заборонені всі види екскурсій, крім пішохідних. Тобто пішохідні екскурсії дозволені на територіях природних заповідників і заповідних урочищ (Закон ..., 1992) у Чернігівській області є 52 заповідних урочища, площа яких становить 17,96 тис. га.

Зоологічні парки належать до тих категорій ПЗФ, на які серед інших покладена і рекреаційна функція. Це територія з диференційованим режимом охорони, тут виділяють такі функціональні зони: експозиційна, наукова, рекреаційна та господарська. Рекреаційна зона призначена для організації відпочинку та обслуговування відвідувачів парку (Закон ..., 1992). Єдиним зоопарком, який розташований у невеликому

містечку (колишньому райцентрі), є зоологічний парк загальнодержавного значення у м. Мена. Зоопарк може слугувати як окремою туристично привабливою атракцією так і додатковим атрактивним об'єктом у контексті відвідування інших категорій ПЗФ регіону.

Вагоме місце у структурі рекреаційно-туристичного природокористування належить паркам-пам'яткам садово-паркового мистецтва, на які відповідно до чинного законодавства покладено обов'язок щодо проведення екскурсій та організації масового відпочинку населення (Закон ..., 1992). Однією із цікавих туристичних атракцій у Чернігівській області є парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Сокиринський», який датується XIX ст. Тут вдало поєднується діяння природи і людських рук. Також на території Чернігівської області є 18 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва місцевого значення.

Цікавим туристичним атрактивним об'єктом може бути така категорія ПЗФ як пам'ятка природи. У межах області є значне різноманіття унікальних пам'яток природи, які охороняються державою і мають цінне наукове, культурно-естетичне чи інше значення. Серед семи пам'яток природи загальнодержавного значення шість є гідрологічними та одна комплексною, а серед 132 пам'яток природи місцевого значення переважають ботанічні. Для туриста важливо пройти через такі об'єкти (по можливості) або побачити їх і отримати естетичне задоволення.

Обговорення.

З метою з'ясування можливості залучення територій та об'єктів ПЗФ у рекреаційну діяльність запропоновано модель організації рекреації з урахуванням радіусів їхньої доступності від великих і середніх міст на прикладі найбільшого міста Чернігівської області, обласного центру – м. Чернігова. Модель організації

рекреації розуміється як концептуальний опис радіусів доступності територій та об'єктів ПЗФ для рекреантів і визначення основних

видів рекреаційної діяльності. Як об'єкти дослідження були обрані такі категорії ПЗФ: НПП, РЛП, заказники загальнодержавного значення (рис. 3).

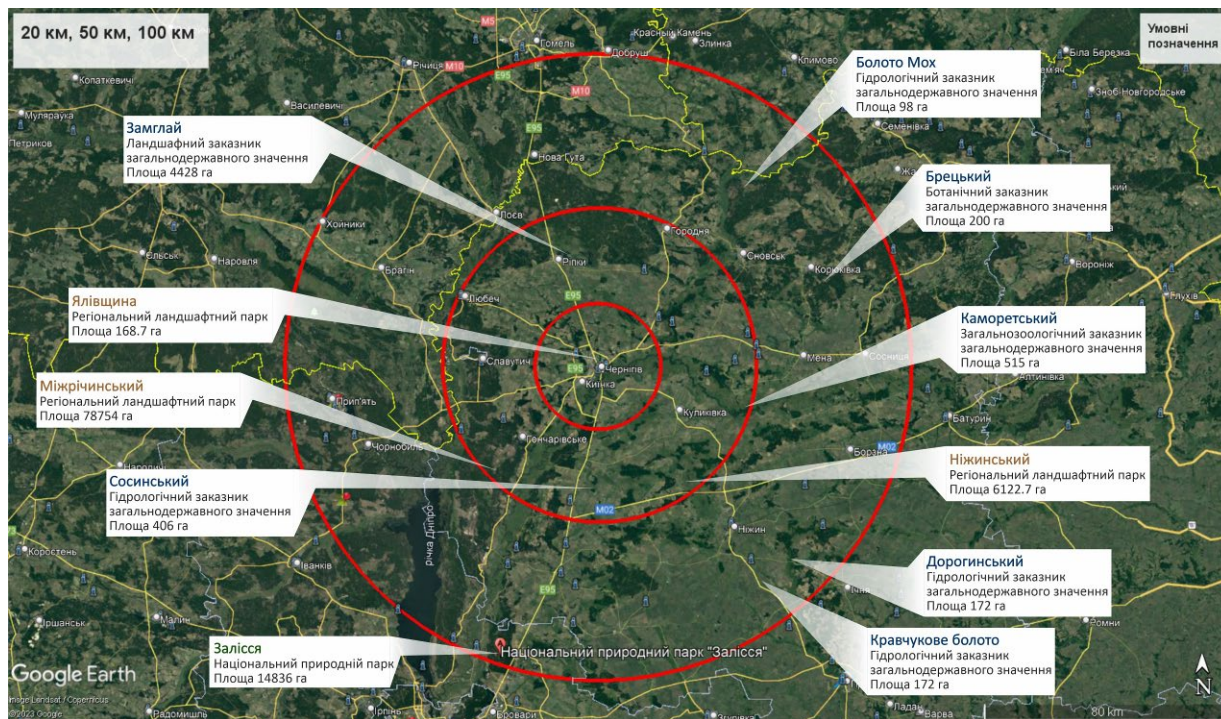


Рис. 3. Модель організації рекреації на територіях та об'єктах ПЗФ з урахуванням радіусів доступності від м. Чернігова

Території та об'єкти ПЗФ, які розташовані в радіусі до 20 км, можуть використовуватися для короткочасного кількогодинного відпочинку. Це РЛП «Ялівщина», який розташований у межах м. Чернівці.

У радіусі 20-50 км знаходяться РЛП «Міжріччинський» та «Ніжинський», а також три заказники загальнодержавного значення – Сосинський, Каморетський, Замглай. Тут можливі такі види рекреаційної діяльності: організація відпочинку «вихідного дня» (weekend), екскурсії. Як місця короткочасного кількоденного відпочинку та проведення екскурсій можуть виступати території та об'єкти ПЗФ, які ввійшли у радіус 50-100 км. Це чотири заказники загальнодержавного значення – Болото Мох, Брецький, Дорогинський, Кравчукове болото, а також НПП «Залісся».

НПП «Мезенський» та «Ічнянський» розташовані у радіусі

понад 100 км від м. Чернівці. На їх території можуть здійснюватися різні види рекреаційної діяльності: відпочинок, екскурсії, туризм, любительське і спортивне рибальство.

Висновки.

ПЗФ Чернігівської області складають вісім категорій, відсутні такі категорії як біосферний заповідник, природний заповідник та ботанічний сад. Відсоток заповідності в області становить 7,9 %, що перевищує середнє значення по країні. Території та об'єкти ПЗФ Чернігівської області володіють необхідними для залучення в рекреаційну діяльність кількісними та якісними параметрами.

Основними територіями в межах ПЗФ для здійснення туристично-рекреаційної діяльності на території Чернігівської області є національні природні парки та регіональні ландшафтні парки. В їх межах переважає туристично-пізнавальний тип природокористування, який

спрямований на відновлення життєвих сил людини. Доцільним є активніше використання заказників як об'єктів рекреаційно-туристичного природокористування, що сприятиме залученню місцевого населення у туристичну галузь і покращенню економіки регіону.

Інші категорії ПЗФ Чернігівської області (пам'ятки природи, дендропарк, зоопарк, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва) мають менший рекреаційний потенціал, водночас вони можуть бути як

самостійною туристично привабливою атракцією, так і додатковим атрактивним об'єктом у контексті відвідування інших категорій ПЗФ регіону.

Оптимізацію структури ПЗФ Чернігівської області з метою підвищення її ролі та значимості у структурі рекреаційно-туристичного природокористування необхідно здійснювати за рахунок створення нових територій та об'єктів ПЗФ, насамперед НПП і РАП як таких, на які покладені рекреаційні функції.

Список використаних джерел

Бездухов О. А. Особливості динаміки, сучасного стану і структури природно-заповідного фонду Чернігівської області. [Електронний ресурс]. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/117_2021/39.pdf (дата звернення 01.04.2023).

Безсмертнюк Т. П. Туристсько-рекреаційне використання природно-заповідного фонду північно-західної України: автореф. дис... канд. географ. наук: 11.00.11. Київ, 2017. 21 с. [Електронний ресурс]. URL: http://www.scc.univ.kiev.ua/upload/iblock/61e/aref_Bezsmertniuk%20T.P..pdf (дата звернення 02. 04. 2023).

Голуб А. А. Типологія національних природних парків. *Містобудування та територіальне планування*. 2016. Вип. 59. С. 95-101. [Електронний ресурс]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2016_59_16. (дата звернення 05.04.2023).

Дендрологічний парк Тростянець. [Електронний ресурс]. URL: https://museum-portal.com/ua/muzeyi/229_dendrologichniy-park--trostyanec-(дата звернення 15.04.2023)

Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. [Електронний ресурс]. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=28170&tp=1&pg> (дата звернення 10.04.2023).

Енциклопедія сучасної України. [Електронний ресурс]. URL: <https://esu.com.ua/article-21598> (дата звернення 14.04.2023).

Закон України «Про природно-заповідний фонд», 1992. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 20. 04. 2023).

Інформаційно-аналітичні матеріали Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України з питання «Аналіз площ природно-заповідного фонду України в розрізі адміністративно-територіальних одиниць за 2020 рік». [Електронний ресурс]. URL: <https://wownature.in.ua/wp-content/uploads/2021/05/Dovidka-PZF-2020-V3.0-.pdf> (дата звернення 01 .04.2023).

Ічнянський національний природний парк. [Електронний ресурс]. URL: http://ichn-park.in.ua/?page_id=6 (дата звернення 17.04.2023).

Карпенко Ю. О., Білоус О. М. Мережа лісових природно-заповідних територій басейну річки Снов, її роль у збереженні фітоторізноманіття Чернігівського Полісся та підходи до оптимізації. [Електронний ресурс]. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/234/1/Karpenko.pdf> (дата звернення 03 .04.2023)

Карпенко Ю. О., Потоцька С. О. Оптимізація природно-заповідної мережі міст лівобережного полісся (на прикладі м. Чернігова). [Електронний ресурс]. URL:

<http://dspace.tnpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4793/1/Karpenko.pdf> (дата звернення 03.04.2023).

Мезинський національний природний парк. [Електронний ресурс]. URL: <https://ukrainaincognita.com/chernigivska-oblast/koropskyi-raion/mezyn/mezynskyi-natsionalnyi-pryrodnyi-park> (дата звернення 17.04.2023)

Мирон І. В. До питання ефективності функціонування природно-заповідного фонду Чернігівської області. *Фізична географія та геоморфологія*. Випуск 3 (79). К.: ДП «Прінт-Сервіс», 2015. С.120-124.

Мирон І. В., Гавій В. М. Рекреаційний потенціал природно-заповідного фонду Чернігівщини. *Рекреаційні ресурси та послуги гостинності в регіонах України*: матер. III Всеукр. Інтернет-конф. (17 травня 2018 р., м. Черкаси). Черкаси: Ю. А. Чабаненко, 2018. С. 33-36.

Положення про ландшафтний заказник місцевого значення «Лопата». [Електронний ресурс]. URL: <https://mena.cg.gov.ua/docs/18717/2021/11/1851374.doc> (дата звернення: 17. 04. 2023).

Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1043-22#Text> (дата звернення: 10. 04. 2023).

Про затвердження Положення про ботанічний заказник загальнодержавного значення "Путівський" у новій редакції. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0529737-11#Text> (дата звернення: 20. 04. 2023).

Розподіл об'єктів ПЗФ, що розташовані на території Чернігівської області за їх значенням, категоріями та типами (на 01.01.2022 та 01.01.2023). [Електронний ресурс]. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=16893&tp=1&pg> (дата звернення: 02. 04. 2023).

Шовкун Т. М., Зінченко В. М., Мирон І. В. Сучасний стан та перспективи розвитку туризму в національних парках Східного Полісся. *Український журнал природничих наук. Географія*. Житомир, 2022. Випуск 2. С. 118-125. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.118-125>.

References (translated & transliterated)

Bezduxov, O. A. Osobly`vosti dy`namiky`, suchasnogo stanu i struktury` pry`rodno-zapovidnogo fondu Chernigivs`koyi oblasti. [Peculiarities of dynamics, modern state and structure of nature reserve fund of Chernihiv region]. [Electronic resource] URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/117_2021/39.pdf (Access date 01.04.2023) [in Ukrainian].

Bezsmertnyuk, T. P. (2017). Turyst-s'ko-rekreatsiyne vykorystannya pryrodno-zapovidnoho fondu pivnichno-zakhidnoyi Ukrayiny [Tourist and recreational use of the nature reserve fund of northwestern Ukraine] avtoref. dys... kand. heohraf. nauk:11.00.11. Kyiv. 21 [Electronic resource] URL: http://www.scc.univ.kiev.ua/upload/iblock/61e/aref_Bezsmertniuk%20T.P..pdf (Access date 02. 04. 2023) [in Ukrainian].

Dendrolohichnyy park Trostyanets'[Trostyanets dendrological park]. [Electronic resource] URL: https://museum-portal.com/ua/muzei/229_dendrologichniy-park--trostyanec- (Access date 15.04.2023.) [in Ukrainian].

Golub, A. A. (2016). Typolohiya natsional'nykh pryrodnykh parkiv [Typology of national natural parks]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Urban planning and territorial planning. 2016. Issue 59. 95-101. [Electronic resource] URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2016_59_16 (Access date 05.04.2023.) [in Ukrainian].

Departament ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Chernihivs'koyi oblasnoyi derzhavnoyi administratsiyi [Department of Ecology and Natural Resources of the

Chernihiv Regional State Administration]. [Electronic resource] URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=28170&tp=1&pg> (Access date 10.04.2023.) [in Ukrainian].

Entsyklopediya suchasnoyi Ukrayiny. [Encyclopedia of modern Ukraine]. [Electronic resource] URL: <https://esu.com.ua/article-21598> (Access date 12.04.2023.) [in Ukrainian].

Zakon Ukrayiny (1992) «Pro pryrodno-zapovidnyy fond» [Law of Ukraine "On Nature Reserve Fund"]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (Access date 12.04.2023.) [in Ukrainian].

Informatsiyno-analitychni materialy Ministerstva zakhystu dovyklyia ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny z pytannya «Analiz ploshch pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrayiny v rozrizi administratyvno-terytorial'nykh odynyts' za 2020 rik [Informational and analytical materials of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine on the issue "Analysis of the areas of the nature reserve fund of Ukraine by administrative and territorial units for 2020"]. [Electronic resource] URL: <https://wownature.in.ua/wp-content/uploads/2021/05/Dovidka-PZF-2020-V3.0-.pdf> (Access date 01.04.2023.) [in Ukrainian].

Ichnyans'kyi natsional'nyi pryrodnyy park [Ichnyan National Natural Park]. [Electronic resource]. URL: http://ichn-park.in.ua/?page_id=6 (Access date 17.04.2023.) [in Ukrainian].

Karpenko, Yu. O. & Bilous, O. M. Merezha lisovykh pryrodno-zapovidnykh terytoriy baseynu richky Snov, yiyi rol' u zberezheni fitoriznomanittya Chernihivs'koho Polissya ta pidkhody do optymizatsiyi [The network of forest nature reserve territories of the Snov river basin, its role in preserving the phytodiversity of Chernihiv Polissia and approaches to optimization]. [Electronic resource] URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/234/1/Karpenko.pdf> (Access date 03.04.2023.) [in Ukrainian].

Karpenko, Yu. O. & Potots'ka, S. O. Optyimizatsiya pryrodno-zapovidnoyi merezhi mist livoberezhnoho polissya (na prykladi m. Chernihova) [Optimization of the nature reserve network of the cities of the Left Bank Polissia (on the example of the city of Chernihiv)]. [Electronic resource]. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4793/1/Karpenko.pdf> (Access date 03.04.2023.) [in Ukrainian].

Mezyns'kyi natsional'nyi pryrodnyy park [Mezyna National Natural Park]. [Electronic resource]. URL: <https://ukrainaincognita.com/chernigivska-oblast/koropskyi-raion/mezyn/mezynskyi-natsionalnyi-pryrodnyi-park> (Access date 17.04.2023.) [in Ukrainian].

Myron, I. V. (2015). Do pytannya efektyvnosti funktsionuvannya pryrodno-zapovidnoho fondu Chernihivs'koyi oblasti [Regarding the effectiveness of the functioning of the nature reserve fund of the Chernihiv region]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologhiya*. [Physical geography and geomorphology]. Vypusk 3 (79). K.: DP «Print-Servis». 120-124. [in Ukrainian].

Myron, I. V. & Haviy, V. M. (2018). Rekreatsinyy potentsial pryrodno-zapovidnoho fondu Chernihivshchyny [Recreational potential of the nature reserve fund of Chernihiv Oblast]. *Rekreatsinyi resursy ta posluhy hostynnosti v rehionakh Ukrayiny* mater. III Vseukr. Internet-konf. (17 travnya 2018 r., m. Cherkasy). [Recreational resources and hospitality services in the regions of Ukraine]. Cherkasy: Yu. A. Chabanenko. 33-36. [in Ukrainian].

Polozhennya pro landshaftnyy zakaznyk mistsevoho znachennya «Lopata» [REGULATIONS on the landscape reserve of local importance "Lopata"]. [Electronic resource]. URL: <https://mena.cg.gov.ua/docs/18717/2021/11/1851374.doc> (Access date 12.04.2023.) [in Ukrainian].

Polozhennya pro rekreatsiynu diyal'nist' u mezhakh terytoriy ta ob'yektiv pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrayiny (2022) [Regulations on recreational activities within the territories and objects of the Nature Reserve Fund of Ukraine]. [Electronic resource]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1043-22#Text> (Access date 10.04.2023.) [in Ukrainian].

Pro zatverdzhennya Polozhennya pro botanichnyy zakaznyk zahal'noderzhavnoho znachennya "Putyvs'kyi" u noviy redaktsiyi [On the approval of the Regulations on the "Putyvskyi" botanical reserve of national importance in the new version]. [Electronic resource]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0529737-11#Text> (Access date 20.04.2023.) [in Ukrainian].

Rozpodil ob'yektiv PZF, shcho roztashovani na terytoriyi Chernihivs'koyi oblasti za yikh znachenniam, katehoriyamy ta typamy (na 01.01.2022 ta 01.01.2023). [Distribution of PZF objects located on the territory of Chernihiv region by their value, categories and types (as of 01.01.2022 and 01.01.2023)]. [Electronic resource]. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=16893&tp=1&pg> (Access date 02.04.2023.) [in Ukrainian].

Shovkun, T. M., Zinchenko, V. M., & Myron, I. V. (2022). Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku turyzmu v natsional'nykh parkakh Skhidnoho Polissya [The current state and prospects for the development of tourism in the national parks of Eastern Polissia]. *Ukrayins'kyi zhurnal pryrodnychyykh nauk. Heohrafiya. Zhytomyr.* [Ukrainian Journal of Natural Sciences]. 2. 118-125. <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.118-125> [in Ukrainian].

Отримано: 21 квітня 2023

Прийнято: 30 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

ХІМІЯ

УДК 504.5(282):631.4[(477.52):550.424]:(045)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.144-154

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА МІГРАЦІЇ РУХОМИХ СПОЛУК ФЛУОРУ В ҐРУНТАХ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ Р. ГУСКА

С. В. Мацак¹, Ю. С. Вакал², Г. Я. Касьяненко³

На сьогоднішній день спостерігається значне забруднення ґрунтів різними хімічними речовинами, внаслідок дії антропогенного фактору. Одними з небезпечних поллютантів, що забруднюють ґрунти, є сполуки Флуору. Основним джерелом їх потрапляння до ґрунту є внесення фосфатних добрив, в яких містяться флуориди у вигляді домішок. В Україні проблема забруднення ґрунтів флуоридами є особливо актуальною через значні обсяги аграрно-промислового виробництва.

Сполуки Флуору становлять особливу небезпеку через спроможність їх рухомих (розчинних) форм поширюватись (мігрувати) на значні відстані в ґрунтовому розчині. Це обумовлює можливість забруднення територій, на які безпосередньо не здійснювалось внесення добрив. У статті описується значення сполук Флуору для живих організмів, а також наслідки його нестачі та надлишку в організмах рослин та тварин.

Встановлено форми існування сполук Флуору в ґрунтах: рухома форма (розчинні флуориди: NaF, KF) та нерухома форма (нерозчинні флуориди: CaF₂, AlF₃, FeF₃), які знаходяться в постійній динамічній рівновазі. Описано основні чинники, що впливають на співвідношення між зазначеними формами в ґрунті.

У процесі дослідження здійснено вимірювання вмісту рухомих сполук Флуору в ґрунтах прибережної зони р. Гуска. У ході аналізу проб ґрунту у 2021 р. було виявлено значний рівень забруднення. Встановлено перевищення ГДК в 9 пробах з 18 (ГДК рухомих флуоридів у ґрунтах – 2,8 мг/кг). В середньому проби з перевищенням ГДК мали вміст флуоридів 4,95 мг/кг. В 2022 р. перевищень ГДК рухомих флуоридів в жодній з 20 проб не було виявлено.

¹ здобувач вищої освіти спеціальності 014

Середня освіта (Хімія)

(Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка)

e-mail: stas00028@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5658-0433

² доктор філософії за спеціальністю 015 Професійна освіта

(Комп'ютерні технології),

старший викладач кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії

(Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка)

e-mail: julia.vakal22@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8722-7683

³ кандидат хімічних наук,

провідний хімік Центру сучасних досліджень ґрунту ТОВ «SAT»

e-mail: gennkas@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7531-5192

У ході аналізу отриманих результатів досліджено явище міграції рухомих сполук Флуору. Для виявлення явища міграції рухомих сполук Флуору в ґрунтах прибережної зони р. Гуска було складено схему відбору проб так, щоб прослідкувати зміст флуоридів на потенційному напрямку їх міграції. Саме тому, проби ґрунту відбирались парами: «поле» – «берег», де «поле» – територія, на якому здійснювалось внесення фосфатних добрив, а «берег» – берегова ділянка, що є наближеною до точки відбору зразка з поля. Отже, за результатами досліджень у 2021 р. виявлено значний рівень міграції рухомих сполук Флуору. Зокрема в 3 з 9 пар проб спостерігається перевищення ГДК як на території ділянки «поле», так і на ділянці «берег». Це свідчить про певний вклад явища міграції в забруднення довкілля рухомими сполуками Флуору. Таким чином, за результатами дослідження виявлено наявність явища міграції рухомих флуоридів на цих територіях. Про це свідчить перевищення ГДК флуоридів на ділянках, на які добрива не вносились. Вірогідним фактором, що сприяє міграції, є рельєф досліджуваної місцевості.

Ключові слова: флуориди, флуориди в ґрунтах, потенціометричний аналіз, міграція флуоридів.

INVESTIGATION OF THE PHENOMENON OF MIGRATION OF MOBILE FLUORINE COMPOUNDS IN THE SOILS OF THE COASTAL ZONE IN THE GUSKA RIVER

S. V. Matsak, Yu. S. Vakal, G. Ya. Kasyanenko

Today, there is significant contamination of soils with various chemical substances due to the action of the anthropogenic factor. Fluorine compounds are one of the dangerous pollutants contaminating the soil. The main source of their entry into the soil is the application of phosphate fertilizers, which contain fluorides in the form of impurities. In Ukraine, the problem of soil contamination with fluorides is particularly relevant due to the significant volumes of agro-industrial production.

Fluorine compounds pose a particular danger due to the ability of their mobile (soluble) forms to spread (migrate) over considerable distances in the soil solution. This leads to the possibility of contamination of territories that were not directly fertilized.

The article describes the importance of fluorine compounds for living organisms, as well as the consequences of their lack and excess in plant and animal organisms.

Forms of the existence of Fluorine compounds in soils have been established: mobile form (soluble fluorides: NaF, KF) and immobile form (insoluble fluorides: CaF_2 , AlF_3 , FeF_3), which are in constant dynamic equilibrium. The main factors affecting the relationship between the specified forms in the soil are described.

In the course of the research, the content of mobile compounds of Fluorine in the soils of the coastal zone of the Huska River was measured. During the analysis of soil samples in 2021, a significant level of contamination was revealed. Exceeding the MPC was found in 9 samples out of 18 (MPC of mobile fluorides in soils – 2.8 mg/kg). On average, the samples exceeding the MPC had a fluoride content of 4.95 mg/kg. In 2022, none of the 20 samples exceeded the MPC of mobile fluorides.

During the analysis of the obtained results, the phenomenon of migration of mobile compounds of Fluorine was investigated. To detect the phenomenon of migration of mobile compounds of Fluoride in the soils of the coastal zone of the Huska River, a sampling scheme was drawn up in order to monitor the content of fluorides along the potential direction of their migration. That is why the soil samples were taken in pairs: "field" - "shore", where "field" is the territory where phosphate fertilizers were applied, and "shore" is the coastal area that is close to the point of sampling from the field. Therefore, according to the results of research in 2021, a significant level of migration of mobile compounds of Fluorine was revealed. In particular, in 3 out of 9 pairs of samples, the MPC was exceeded both on the territory of the "field" and on the "shore" site. This indicates a certain contribution of the phenomenon of migration to the pollution of the environment by mobile compounds of Fluorine. Thus, according to the results of the study, the presence of the phenomenon of migration of mobile fluorides in these territories was revealed. This is evidenced by the exceedance of the MPC of fluorides in areas where fertilizers were not applied.

A likely factor contributing to migration is the topography of the studied area.

Keywords: fluorides, fluorides in soils, potentiometric analysis, fluoride migration.

Вступ.

Погіршення стану довкілля є однією з важливих проблем сьогодення. Воно спричинене низкою різних причин, одна з основних – активна промислова та господарська діяльність людини. Вона призводить до потрапляння в навколишнє середовище багатьох небезпечних хімічних речовин, у тому числі й тих, що є нехарактерними для певних територій. Одними з таких речовин є сполуки Флуору. Через високу реакційну здатність Флуору його сполуки присутні в усіх середовищах: ґрунтах, водоймах та атмосфері. Певний вміст сполук Флуору в довкіллі обумовлений природними чинниками, основними з яких є вулканічна активність, а також наявність мінералів Флуору в ґрунтах та гірських породах, які до того ж здатні вивітрюватись. Проте потрапляння значної кількості сполук Флуору в довкілля спричинено антропогенним фактором, що дуже часто призводить до флуоридного забруднення. Основними джерелами викидів є спалювання кам'яного вугілля, виробництво фосфатних добрив (з їх подальшим внесенням), алюмінію, сталі, цегли та іншої продукції, що містить сполуки Флуору в своєму складі. Викиди флуоридів із зазначених підприємств переважно здійснюються в атмосферу. Поглинаючись водяною парою, ці викиди здатні переноситись на значні відстані та забруднювати прилеглі до виробництва ґрунти та водойми, випадаючи з опадами. При цьому забруднення може відбуватись і в ході використання продукції, в якій залишилась певна кількість сполук Флуору, наприклад: в ході виробництва фосфатних добрив в них залишаються домішки флуоридів, які потім потрапляють до ґрунту при внесенні добрив (Fuge, 2019; Schlesinger et al., 2020; Prabhu et.al., 2023).

Питанням дослідження флуоридного забруднення ґрунтів займається низка вчених по всьому

світу, зокрема Логанатан П., Хедлі М., Уоллес Г., Робертс А., Хуан Б., Гао З., Сюй П. та інші. Серед українських науковців даним питанням займалися Касьяненко Г., Роєнко Д., Рогач І., Єрем Т., Єрем Х., Крюченко Н.О. та ін., (Loganathan et al., 2001; Касьяненко і Роєнко, 2019; Gao et al., 2020; Xu et al. 2022; Huang et al., 2023).

Безпосередньо вивченням можливостей міграції сполук Флуору займалися такі вчені як Фуге Р., Пікерінг В.Ф. (Pickering, 1985; Fuge, 2019).

В Україні найбільш забрудненим флуоридами середовищем є ґрунти. Це обумовлено величезними обсягами аграрно-промислового виробництва в Україні, в ході обробки землі в ґрунт вноситься велика кількість різних добрив, в тому числі й фосфатних. Вони зазвичай містять у своєму складі певну кількість сполук Флуору у вигляді домішок. Внесення цих добрив у ґрунт є основним джерелом його забруднення флуоридами. Окрім цього, незначні кількості сполук Флуору можуть потрапляти до ґрунту разом із пестицидами. (Loganathan et al., 2001; Schlesinger et al., 2020; Cui et al., 2021).

Флуор є елементом, що у невеликих кількостях потрібен тваринам та людині для нормального формування зубів та кісток. Проте потрапляння надмірних кількостей Флуору до організму може спричинити ряд порушень в його роботі. Одними з основних негативних наслідків для організму є ушкодження зубів та кісток, а саме ламкість, зміна кольору та структури, деформація, ушкодження та руйнування зубної емалі (Fordyce, 2011).

Для рослин Флуор не є потрібним елементом, оскільки не використовується в їх організмі. При потрапленні незначних кількостей флуоридів до організму рослини, більшість видів рослин здатні певною мірою опиратись токсичному впливу флуоридів, проте їх подальше накопичення в рослині чинить

серйозний токсичний вплив на неї. Основними порушеннями, що поступово виникають внаслідок накопичення флуоридів у рослин, є пригнічення їх росту, пошкодження хлорофілу, що в свою чергу призводить до пригнічення процесу фотосинтезу, ушкодження клітин рослин та некроз тканин, що в сукупності може призвести до загибелі рослин. Ступінь ушкоджень рослини напряму залежить від кількості пригнічення накопичених в ній флуоридів (Hong et al., 2016; Banerjee & Roychoudhury, 2019).

У ґрунтах сполуки Флуору існують в двох основних формах: розчинна (рухома) форма (NaF , KF) та нерозчинна (AlF_3 , FeF_3 , CaF_2). Вказані форми знаходяться в постійній динамічній рівновазі. Співвідношення між цими формами залежить від низки факторів, зокрема типу ґрунту, кислотності (показника pH), сольового складу ґрунту, наявності оксидів та гідроксидів заліза та алюмінію (Pickering, 1985; Cui et al., 2021; Wehr et al., 2023).

Більш небезпечною є рухома форма сполук Флуору, оскільки вона здатна легко переміщуватись (мігрувати) разом з ґрунтовим розчином, що призводить до забруднення ґрунтів, на які безпосередньо не здійснювалось внесення добрив. Крім цього, міграція рухомих флуоридів може призвести до забруднення прилеглих водойм цими сполуками. При цьому вона легко всмоктується рослинами та потрапляє до ланцюгів живлення. Відповідно рослини вирощені на забруднених флуоридами територіях можуть бути шкідливими для вживання в їжу.

Мета та завдання дослідження.

Метою дослідження є визначення наявності явища міграції рухомих сполук Флуору, а також ступеня його вираженості в ґрунтах прибережної зони р. Гуска. Відповідно до зазначеної мети, поставлено наступні завдання дослідження:

- Визначити вміст рухомих сполук Флуору в зразках ґрунту, що

відібрані з прибережної зони р. Гуска.

- На основі аналізу отриманих даних, встановити ступінь міграції рухомих сполук Флуору та фактори, які на це впливають.
- Дати оцінку рівню флуоридного забруднення досліджуваних територій, а також ступеню впливу явища міграції рухомих флуоридів на забруднення.

Матеріал і методи.

Матеріалом для дослідження стали проби ґрунту відібрані з територій довкола р. Гуска. Відбір здійснено з ділянок полів сільськогосподарського використання та прилеглої до них берегової зони річки. В ході дослідження було відібрано дві серії проб у 2021 р. та 2022 р. Протягом 2021 р. відібрано загалом 18 проб (9 з території поля та 9 з берегової зони). У 2022 р. відібрано загалом 20 проб ґрунту (по 10 проб з території поля та берега річки).

Відбір проб ґрунту здійснювався за стандартними методиками. Згідно з ними відбір проводять методом конверта. Для цього знімається верхній шар ґрунту, після чого здійснюється відбір 5 точкових проб у межах уявного квадрата, що має розмір приблизно 2×2 м, 4 проби відбираються з кутів цього квадрата, а 1 в його центрі. Після цього 5 точкових проб змішуються і з них формується загальна проба методом квартування. Сформована проба поміщається в герметичну пластикову тару, на якій розміщують наліпку з вказанням дати, місця, глибини відбору, а також шифру (порядкового номеру) проби (Якість ..., 2006; Відомчі ..., 2001).

Чітко визначеної максимальної та мінімальної глибини відбору проб не встановлено. Відповідно основним критерієм, яким слід керуватись при визначенні діапазону глибин відбору проб, є мета конкретного дослідження та показники ґрунту, які аналізуються. Для дослідження явища міграції рухомих сполук Флуору, нами було

обрано глибину 5-20 см. Це обумовлено тим, що основна кількість рухомих флуоридів зосереджена саме в цьому діапазоні (Якість..., 2006).

Після відбору проби ґрунту просушують до повітряно-сухого стану, уникаючи потрапляння на них сонячного світла та без використання нагрівальних приладів. З сухого ґрунту видаляються всі механічні домішки, після чого його подрібнюють та просіюють на ситі, залишаючи фракцію частинок менше 1 мм. Одержаний ґрунт використовується у приготуванні витяжки для потенціометричного аналізу (Відомчі..., 2001).

Для екстракції рухомих сполук Флуору, з підготовленого ґрунту відбирається наважка масою 10 г. Вона вноситься в колбу об'ємом 100 мл, до якої потім додається екстрагент, яким виступає ацетатно-цитратний буферний розчин зі значенням рН 4,5-5. Для вилучення флуоридів із ґрунту було обрано екстрагент із таким значенням рН, оскільки воно є найоптимальнішим для потенціометричного визначення

флуоридів. При нижчих значеннях рН спостерігається утворення асоційованих сполук Флуору, що призводить до зменшення активності флуорид-йонів у розчині. Вилучення флуоридів із ґрунту відбувається протягом 2 діб, без потрапляння сонячного випромінювання. По завершенню екстракції проводиться фільтрування витяжок, після чого вони можуть бути використані для потенціометричного визначення вмісту рухомих флуоридів у ґрунті (Касьяненко і Мацак, 2021).

Вимірювання вмісту флуоридів у ґрунтах було здійснено за стандартною методикою прямої потенціометрії. Для цього використано флуорид-селективний електрод, що має кристалічну мембрану із LaF_3 . Для забезпечення точності вимірювань здійснено попереднє калібрування електроду. Калібрувальні розчини приготовлено з кристалічного NaF . Концентрації флуорид-йонів в калібрувальних розчинах становили: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} моль/л. Відповідні калібрувальні графіки за 2021 р. та 2022 р. наведено на рис. 1.

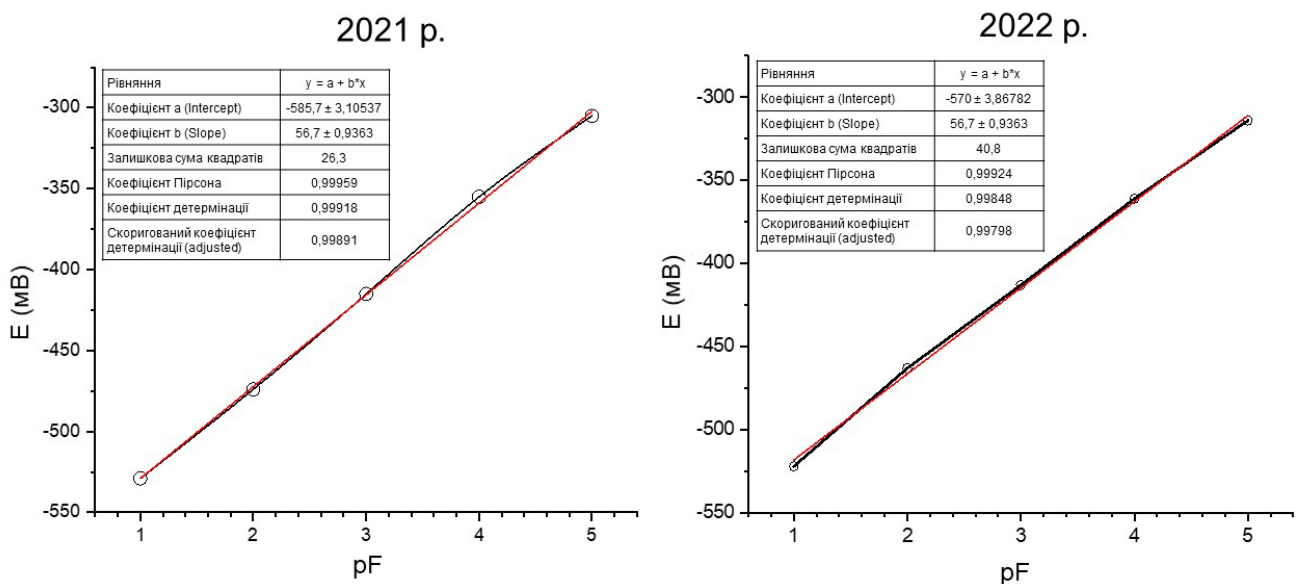


Рис. 1. Калібрувальні графіки для вимірювання вмісту флуоридів (2021р./2022 р.).

Із рисунку 1 видно, що потенціал флуорид-селективного електрода знаходиться в прямій залежності від концентрації флуорид-йонів у калібрувальних розчинах. Відповідно цей електрод може використовуватися для точного визначення вмісту флуоридів у ґрунтових витяжках у діапазоні концентрацій 10^{-5} – 10^{-1} моль/л.

Результати та обговорення.

Для дослідження явища міграції рухомих сполук Флуору були обрані сільськогосподарські поля вздовж р. Гуска, оскільки на їх територію регулярно вносяться фосфатні добрива. Поля розміщені на

підвищенні довкола берегової зони річки, відповідно внесені на полі флуориди можуть потенційно забруднювати берег річки, мігруючи схилами разом із ґрунтовим розчином.

Перед дослідженням явища міграції, було необхідно визначити безпосередньо рівень забруднення території флуоридами. Дослідження вмісту флуоридів у ґрунтах цієї території проводилось у період із листопада 2021 року до січня 2022 року. Протягом цього періоду виміряно вміст флуоридів у 18 пробах відібраних у 2021 р. та 20 пробах – в 2022 р. Результати вимірювань наведено на рис. 2.

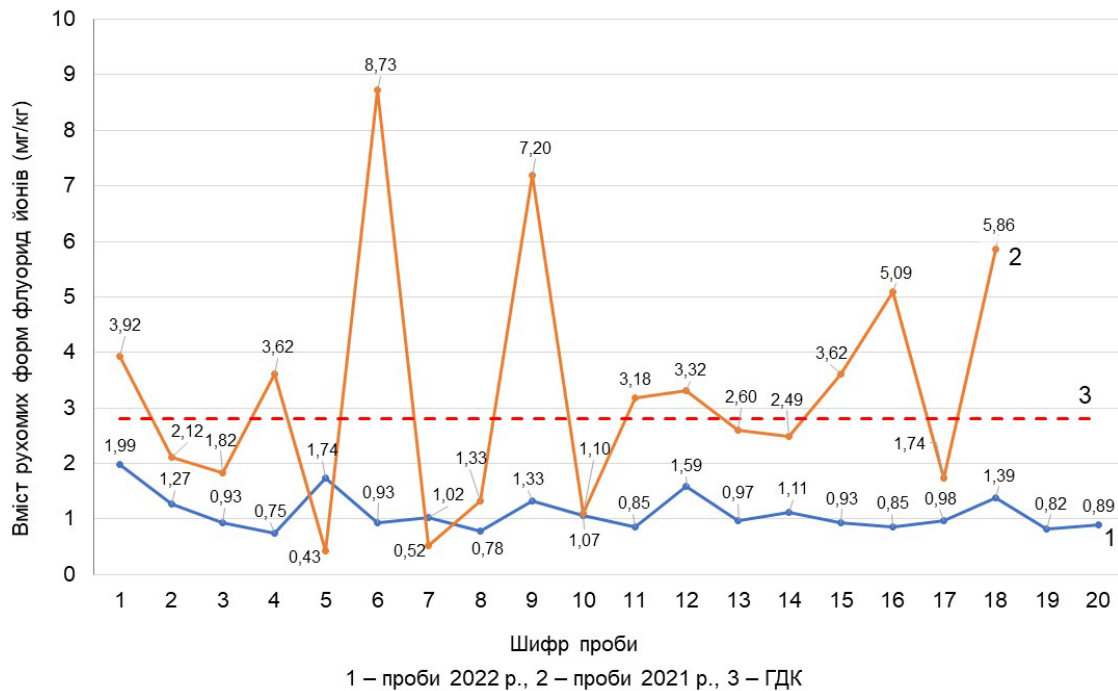


Рис. 2. Вміст рухомих флуоридів у зразках ґрунту з сільськогосподарських територій у басейні р. Гуска (2021-2022 р.).

Вимірювання вмісту флуоридів у ґрунтах досліджуваної території в 2021 р. показало значний рівень її забруднення. ГДК рухомих флуоридів у ґрунтах складає 2,8 мг/кг ґрунту (Гігієнічні..., 2020). Це значення було перевищено в 9 пробах з 18. У середньому проби з перевищенням ГДК мали вміст флуоридів 4,95 мг/кг. Вірогідними причинами таких

перевищень є надмірне внесення фосфатних добрив.

У результаті дослідження забрудненості флуоридами цієї території в 2022 р. отримано позитивніші результати. Перевищень ГДК рухомих флуоридів у жодній із 20 проб не було виявлено. Найімовірнішими причинами такого зниження є зменшення кількості

внесених фосфатних добрив, поглинання певної частини рухомих сполук Флуору рослинами, а також зв'язування рухомих флуоридів у їх нерухомі форми.

Для виявлення явища міграції рухомих сполук Флуору, схему відбору проб було складено таким чином, щоб прослідкувати вміст флуоридів на потенційному напрямку їх міграції. Відповідно до цього, проби ґрунту відбирались парами: «поле» – «берег», де «поле» – територія поля, на якому

здійснювалось внесення фосфатних добрив, а «берег» – берегова ділянка, що є наближеною до точки відбору зразка з поля. При цьому ділянки «берег» знаходяться нижче ділянок «поле», що власне обумовлює можливість міграції рухомих флуоридів. Загалом у 2021 р. було відібрано 9 пар проб.

Інформацію про вміст флуоридів у пробах у 2021 р., відібраних та згрупованих парами («поле» – «берег»), наведено на рис. 3.

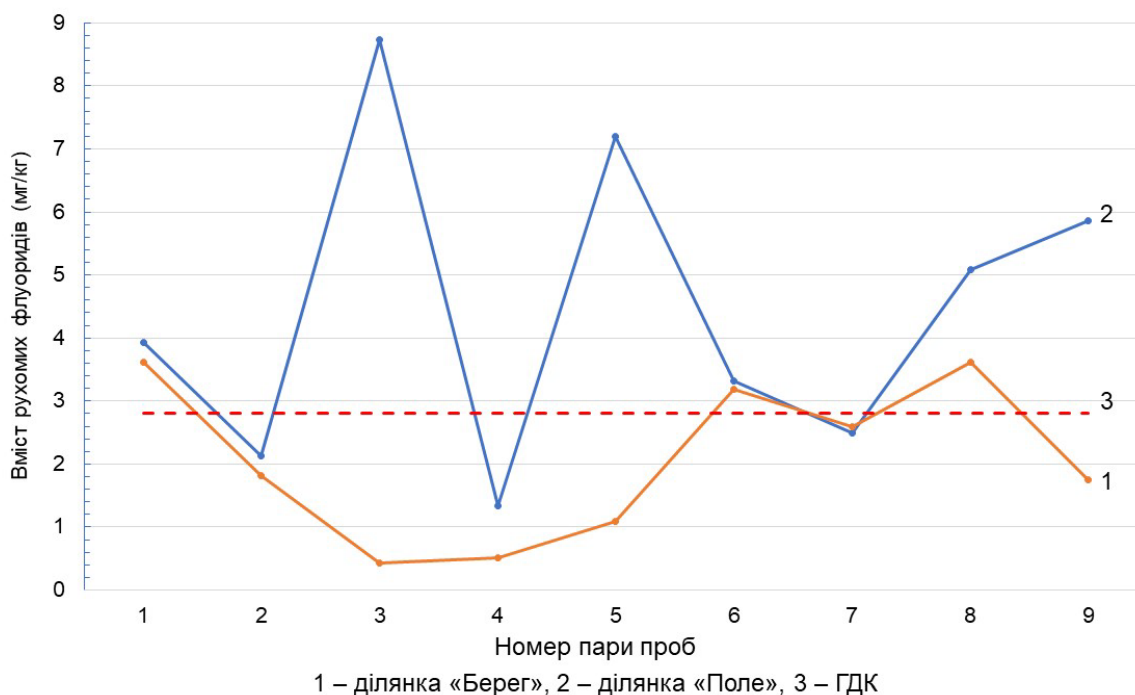


Рис. 3. Порівняння вмісту флуоридів на ділянках «Поле»/«Берег» у 2021 р.

У ході аналізу вмісту рухомих сполук Флуору в ґрунті з урахуванням особливостей їх відбору парами, встановлено, що у 8 із 9 пар зразків концентрація флуоридів на ділянці «поле» вище, ніж на ділянці «берег» (в парі 14-13 значення є дуже близькими), при цьому в 3-х парах проб значення ГДК є перевищенням на обох складових ділянках пари. Ці дані свідчать про можливість забруднення рухомими сполуками Флуору тих територій, на які безпосередньо добрива не вносились, що ймовірно спричинено явищем міграції цих сполук. Найбільшою мірою явище міграції прослідковується в парах проб

№ 1, 2, 4, 6, 7, 8. При цьому в парах проб № 3, 5, 9 помітна значна розбіжність у значеннях вмісту флуоридів на ділянці «поле» та «берег». Це свідчить про меншу інтенсивність процесу міграції на цих ділянках, а подекуди майже повну відсутність цього явища (пара проб № 3). Ймовірними причинами цього може бути менша швидкість міграції на зазначених ділянках, через особливості рельєфу, або неспівпадіння напрямів міграції рухомих флуоридів з поля на конкретних ділянках з точкою відбору на березі.

Відбір проб для дослідження явища міграції рухомих сполук Флуору

в 2022 р. було здійснено за схемою подібною до минулого року. Відповідно проби ґрунту відбирались парами «поле» – «берег». Загалом у 2022 р. було відібрано 10 пар проб. У відібраних пробах було визначено вміст рухомих флуоридів і, спираючись на ці дані,

досліджено присутність явища міграції цих сполук.

Інформацію з порівнянням вмісту рухомих флуоридів у пробах в 2022 р., згрупованих парами («поле» – «берег»), наведено на рис. 4.

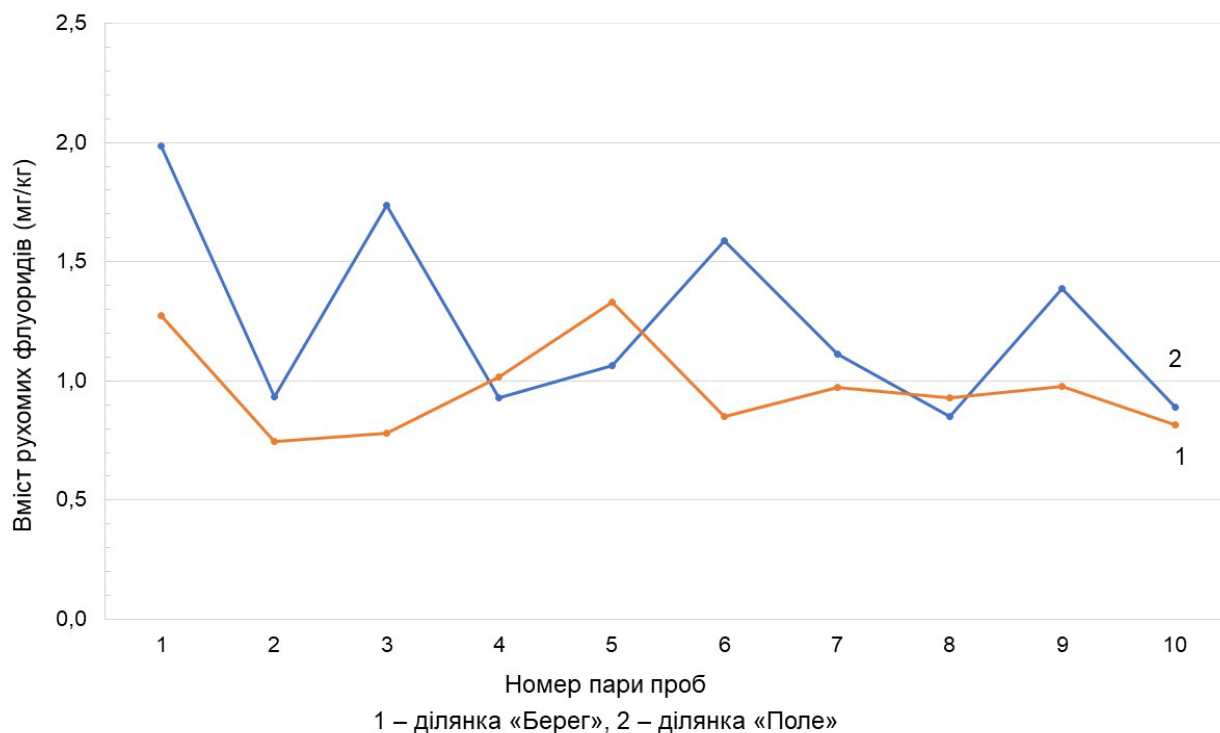


Рис. 4. Порівняння вмісту флуоридів на ділянках "Поле"/"Берег" у 2022 р.

У 2022 р. було відібрано 10 пар проб ґрунту («поле» – «берег»). Порівняння вмісту флуоридів у цих пробах показало, що у 7 із 10 пар проб вміст флуоридів на ділянках «поле» перевищує вміст на ділянках «берег», при цьому інші 3 пари мають наближені значення, з переважанням вмісту флуоридів на ділянці «берег». У цілому значення вмісту флуоридів на ділянках «поле» та «берег» є близькими в усіх парах проб, що свідчить про наявність міграції цих сполук. Проте варто зазначити, що в 2022 р. в жодній з проб ґрунту не було перевищено значення ГДК для флуоридів (Гігієнічні ..., 2020). Відповідно до цього, хоч явище міграції флуоридів із території поля в 2022 р. прослідковується значною мірою, воно не призводить до

забруднення прилеглих територій, а відповідно не чинить суттєвого впливу на стан довкілля досліджуваної місцевості.

Висновки.

Отже, на основі одержаних даних можна зробити висновок про наявність явища міграції рухомих сполук Флуору в ґрунтах на досліджуваних територіях. Одним із факторів, що сприяє цьому є рельєф досліджуваної зони, річка та її берегові, цілинні території знаходяться в заглибленні, через це рухомий Флуор, що потрапив у ґрунт на полі, внаслідок внесення фосфатних добрив, разом із ґрунтовими водами може легко переміщуватись схилами до прибережної території та забруднювати її. Особливу небезпеку явище міграції становить на ділянках

із перевищенням ГДК флуоридів, оскільки в таких випадках існує ризик значного забруднення прилеглих територій.

У 2021 р. виявлено значний рівень міграції рухомих сполук Флуору. Зокрема у 3 із 9 пар проб спостерігається перевищення ГДК як на території ділянки «поле», так і на ділянці «берег». Це свідчить про певний вклад явища міграції в забруднення довкілля рухомими сполуками Флуору. При цьому слід зазначити, що в деяких парах проб явище міграції майже не

прослідковується, попри високий вміст флуоридів на ділянці «поле». Вірогідно, це обумовлено відмінністю напрямку міграції від точки відбору на ділянці «берег» у цій парі, або ж перепонами міграції, що обумовлені рельєфом території відбору цієї пари проб.

У 2022 р. також прослідковується явище міграції рухомих флуоридів. При цьому перевищення ГДК у пробах ґрунту відсутні. Відповідно міграція, в цьому випадку, не призводить до забруднення територій прилеглих до точки внесення фосфатних добрив.

Список використаних джерел

Відомчі нормативні документи. Інструкція з відбору проб води та ґрунту для проведення вимірювань в лабораторіях Держводгоспу України: ВНД 33-1.1-17-2001. Київ: Державний комітет України по водному господарству, 2001. 22 с.

Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. Офіційний вісник України від 18.08.2020 р., №64, С.107.

Касьяненко Г. Я., Мацак С. В. Проблеми потенціометричного визначення рухливих форм флуору в ґрунті. *Природничі науки*. 2021. Вип. 18. С.74-78. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5736349>

Касьяненко Г. Я., Росенко Д. В. Вміст флуорид-йонів у довкіллі м. Суми. Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми дослідження довкілля». 2019. С. 260.

Якість ґрунту. Відбір проб частина 1: ДСТУ ISO 10381-1:2004. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 68 с.

Banerjee A., Roychoudhury A. Fluorine: a biohazardous agent for plants and phytoremediation strategies for its removal from the environment. *Biol Plant*. 2019. 63(1). P. 104-112. doi: <https://doi.org/10.32615/bp.2019.013>

Cui S. F., Fu Y. Z., Zhou B. Q., Li J. X., He W. Y., Yu Y. Q., Yang J. Y. Transfer characteristic of fluorine from atmospheric dry deposition, fertilizers, pesticides, and phosphogypsum into the soil. *Chemosphere*. 2021. 278. 130432. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130432>

Fordyce F. M. Fluorine: human health risks. *Encyclopedia of environmental health*. 2011. Vol. 2. P. 776-785.

Fuge R. Fluorine in the environment, a review of its sources and geochemistry. *Applied Geochemistry*. 2019. 100. P. 393-406. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.12.016>

Gao Z., Shi M., Zhang H., Feng J., Fang Sh., Cui Y. Formation and In Situ Treatment of High Fluoride Concentrations in Shallow Groundwater of a Semi-Arid Region: Jiaolai Basin, China. *International Journal of environmental research and public health*. 2020. 17(21). 8075. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218075>

Hong B. D., Joo R. N., Lee K. S., Lee D. S., Rhie J. H., Min S. W., Chung D. Y. Fluoride in soil and plant. *Korean Journal of Agricultural Science*, 43(4). 2016. P. 522-536. doi: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20160054>

Huang B., Li J., Wu Z., Xiong R., Wang B., Xie Y. Migration and Transformation of Phosphorus from Phosphogypsum Leachate with High Fluorine Concentration in Soils with Different pH Values. *Journal of environmental engineering*. 2023. Vol. 149(5). 4023013. <https://doi.org/10.1061/JOEEDU.EEENG-7108>

- Loganathan P., Hedley M. J., Wallace G. C., Roberts A. H. C. Fluoride accumulation in pasture forages and soils following long-term applications of phosphorus fertilisers. *Environmental pollution*. 2001. 115(2). P. 275-282. doi: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00102-6)
- Pickering W. F. The mobility of soluble fluoride in soils. *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical*. 1985. 9(4). P. 281-308. doi: [https://doi.org/10.1016/0143-148X\(85\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0143-148X(85)90004-7)
- Prabhu S. M., Yusuf M., Ahn Y., Park H. B., Choi J., Amin M. A., Jeon B. H. Fluoride occurrence in environment, regulations, and remediation methods for soil: A comprehensive review. *Chemosphere*. 2023. 324. 138334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138334>
- Schlesinger W. H., Klein E. M., Vengosh A. Global biogeochemical cycle of fluorine. *Global Biogeochemical Cycles*. 2020. 34(12). e2020GB006722. doi: <https://doi.org/10.1029/2020GB006722>
- Wehr J. B., Dalzell S. A., Menzies N. W. (2023). Predicting and modelling the availability of fluoride in soil from sorption properties. *Soil Use and Management*. 2023. 39(1). P. 521-534. doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12854>
- Xu P., Bian J., Li Y., Wu J., Sun X., Wang Yu. Characteristics of fluoride migration and enrichment in groundwater under the influence of natural background and anthropogenic activities. *Environmental pollution*. 2022. Vol. 314. 120208. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120208>

References (translated & transliterated)

- Vidomchi normatyvni dokumenty. Instrukcija z vidboru prob vody ta gruntu dlja provedennja vymirjuvanj v laboratorijakh Derzhvodghospu Ukrainy: VND 33-1.1-17-2001. [Official regulatory documents. Instructions for taking water and soil samples for measurements in the laboratories of the State Water and Agricultural Service of Ukraine: VND 33-1.1-17-2001.] (2001). Kyiv: Derzhavnyj komitet Ukrainy po vodnomu ghospodarstvu, 22. [in Ukrainian].
- Hihienichni rehlymenty dopustymoho vmistu khimichnykh rehovyn u grunti. [Hygienic regulations on the permissible content of chemical substances in the soil] (2020). Ofitsiyni visnyk Ukrainy vid 18.08.2020 r. [Official Gazette of Ukraine dated August 18], №64, 107. [in Ukrainian]
- Kasianenko, H. Ya., & Matsak, S. V. (2021). Problemy potentsiometrychnoho vyznachennia rukhlyvykh form fluoru v grunti [Problems of potentiometric determination of mobile forms of fluorine in soil]. *Pryrodnychi nauky* [Natural sciences], 18, 74-78. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5736349> [in Ukrainian]
- Kasianenko, H. Ya. & Roienko, D. V. (2019). Vmist fluoryd-yoniv u dovkilli m. Sumy [The content of fluoride ions in the environment of the city of Sumy]. *Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia»* [Materials of the VIII International Scientific Conference "Actual Problems of Environmental Research"], 260. [in Ukrainian]
- Yakist gruntu. Vidbir prob chastyna 1: DSTU ISO 10381-1:2004. [Yarist' hruntu. Vidbr prob chastyna 1: DSTU ISO 10381-1:2004.] (2006). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 68. [in Ukrainian]
- Banerjee, A. & Roychoudhury, A. (2019) Fluorine: a biohazardous agent for plants and phytoremediation strategies for its removal from the environment. *Biol Plant.* 63(1). P. 104-112. <https://doi.org/10.32615/bp.2019.013> [in English]
- Cui, S. F., Fu, Y. Z., Zhou, B. Q., Li, J. X., He, W. Y., Yu, Y. Q. & Yang, J. Y. (2021) Transfer characteristic of fluorine from atmospheric dry deposition, fertilizers, pesticides, and phosphogypsum into the soil. *Chemosphere.* 278. 130432.: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130432> [in English]

- Fordyce, F. M. (2011) Fluorine: human health risks. *Encyclopedia of environmental health*.. 2. 776-785. [in English]
- Fuge, R. (2019) Fluorine in the environment, a review of its sources and geochemistry. *Applied Geochemistry*.. 100. 393-406. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.12.016> [in English]
- Gao, Z., Shi, M., Zhang, H., Feng, J., Fang, Sh. & Cui, Y. (2020) Formation and In Situ Treatment of High Fluoride Concentrations in Shallow Groundwater of a Semi-Arid Region: Jiaolai Basin, China. *International Journal of environmental research and public health*.. 17(21). 8075. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218075> [in English]
- Hong, B. D., Joo, R. N., Lee, K. S., Lee, D. S., Rhie, J. H., Min, S. W. & Chung, D. Y. (2016) Fluoride in soil and plant. *Korean Journal of Agricultural Science*, 43(4). . P. 522-536. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20160054> [in English]
- Huang, B., Li, J., Wu, Z., Xiong, R., Wang, B. & Xie, Y. (2023) Migration and Transformation of Phosphorus from Phosphogypsum Leachate with High Fluorine Concentration in Soils with Different pH Values. *Journal of environmental engineering*.. Vol. 149(5). 4023013. <https://doi.org/10.1061/JOEEDU.EEENG-7108> [in English]
- Loganathan, P., Hedley, M. J., Wallace, G. C. & Roberts, A. H. C. (2001) Fluoride accumulation in pasture forages and soils following long-term applications of phosphorus fertilisers. *Environmental pollution*.. 115(2). 275-282. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00102-6) [in English]
- Pickering, W. F. (1985) The mobility of soluble fluoride in soils. *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical*.. 9(4). 281-308. [https://doi.org/10.1016/0143-148X\(85\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0143-148X(85)90004-7) [in English]
- Prabhu, S. M., Yusuf, M., Ahn, Y., Park, H. B., Choi, J., Amin, M. A. & Jeon, B. H. (2023) Fluoride occurrence in environment, regulations, and remediation methods for soil: comprehensive review. *Chemosphere*. 324. 138334. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138334> [in English]
- Schlesinger, W. H., Klein, E. M. & Vengosh, A. (2020) Global biogeochemical cycle of fluorine. *Global Biogeochemical Cycles*.. 34(12). e2020GB006722. <https://doi.org/10.1029/2020GB006722> [in English]
- Wehr, J. B., Dalzell, S. A. & Menzies, N. W. (2023). Predicting and modelling the availability of fluoride in soil from sorption properties. *Soil Use and Management*. 2023. 39(1). 521-534. <https://doi.org/10.1111/sum.12854> [in English]
- Xu, P., Bian, J., Li, Y., Wu, J., Sun, X., & Wang, Yu. (2022) Characteristics of fluoride migration and enrichment in groundwater under the influence of natural background and anthropogenic activities. *Environmental pollution*. 314. 120208. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120208> [in English]



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 621.794.4:546.47/49'24

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.155-166

ХІМІЧНЕ ТРАВЛЕННЯ МОНОКРИСТАЛІВ CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ РОЗЧИНАМИ HNO_3 – KI – ДИМЕТИЛФОРМАМІД

**Р. О. Денисюк¹, В. М. Томашик², О. М. Камінський³, І. О. Шелюк⁴,
С. В. Писаренко⁵, О. В. Марценюк⁶**

У відтворюваних гідродинамічних умовах уперше досліджено хімічне розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ у розчинах HNO_3 – KI – диметилформамід.

Показано, що травильні композиції даної системи дешевші, створюють менш агресивне середовище, стійкіші у часі та є екологічно безпечніші. Побудовано діаграми «склад розчину – швидкість розчинення» та визначено концентраційні межі поліруючих травників. Хіміко-динамічне полірування досліджуваними розчинами може проводитись при об'ємному вмісті

¹ кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: denisuknet@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-3077-3795

² доктор хімічних наук, професор,
провідний науковий співробітник відділу хімії і технології напівпровідників
(Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України. Київ)
e-mail: tomashyk@isp.kiev.ua
ORCID: 0000-0002-5698-7903

³ кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: alexkamin@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1971-8437

⁴ кандидат хімічних наук,
голова циклової комісії хімічних дисциплін
(Житомирський базовий фармацевтичний фаховий коледж Житомирської обласної ради)
e-mail: irusik_shel@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6808-9676

⁵ асистент кафедри хімії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: snezhunka1107@gmail.com ,
ORCID: 0000-0002-5978-487X

⁶ здобувачка другого (магістерського рівня) вищої освіти
за ОПП «Хімія з основами викладання» спеціальності 102 Хімія
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: martsenyuk_aliona@ukr.net
ORCID: 0009-0000-9981-4300

HNO_3 9-15 % при цьому швидкість полірування поверхні монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ знаходиться у межах 1,6-2,5 мкм/хв. Встановлено залежність концентрації йонів, які перейшли у розчин після взаємодії твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ з досліджуваними травниками, від вмісту окисника у травнику та показано, що вміст йонів у розчині відповідає мольному співвідношенню у напівпровіднику і свідчить про рівномірне розчинення поверхні. За даними кінетичних досліджень розраховано уявну енергію активації процесу полірування для розчину складу (в об. %): 12 HNO_3 + 88 KI (ДМФА), яка не перевищує 15,1 кДж/моль для CdTe і 7,7 кДж/моль для твердих розчинів на його основі, що вказує на лімітування процесу дифузійними стадіями. Визначено вплив лактатної кислоти та природи напівпровідника на кінетику хіміко-механічного полірування досліджуваних монокристалів. При розведенні поліруючого розчину органічною кислотою до 40 об. % швидкість хіміко-механічного полірування зменшується від 3,5 до 0,5 мкм/хв. Розроблено склади травильних сумішей та режими реалізації хіміко-динамічного полірування, яке рекомендується проводити у відповідній установці при температурі 293 К і швидкістю обертання диску 82 хв⁻¹ та хіміко-механічного полірування вказаних монокристалів з додаванням лактатної кислоти і швидкостями розчинення 3,5-0,5 мкм/хв.

Ключові слова: хімічне розчинення, кадмій телурид, монокристали, швидкість розчинення, травник, хіміко-динамічне полірування, хіміко-механічне полірування.

THE CHEMICAL ETCHING OF CdTe, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ SINGLE CRYSTALS WITH HNO_3 – KI – DIMETHYLFORMAMIDE SOLUTIONS

R. O. Denysiuk, V. M. Tomashyk, O. M. Kaminskiy, I. O. Shelyuk, S. V. Pysarenko, O. V. Martsenyuk

The chemical dissolution of CdTe single crystals, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ solid solutions in HNO_3 – KI – dimethylformamide solutions has been investigated under reproducible hydrodynamic conditions for the first time. It is shown that the etching compositions of this system are cheaper, create a less aggressive environment, are more stable over time and are more ecologically safe. The diagrams «solution composition versus dissolution rate» has been plotted and the concentration limits of polishing etchant have been determined. Chemical-dynamic polishing with the investigated solutions can be carried out with a volume content of HNO_3 9-15 %, while the polishing speed the surface of CdTe single crystals, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ solid solutions is within 1.6-2.5 $\mu\text{m}/\text{min}$. The dependence of the ions concentration that passed into the solution after the interaction of solid solutions $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ with the investigated etchants, versus the content of the oxidant in the etchant has been determined, and it was shown that the content of ions in the solution corresponds to the molar ratio in the semiconductor and indicates uniform dissolution of the surface. Based on the results of kinetic study, the apparent activation energy of the polishing was calculated for a solution of the composition (in vol. %): 12 HNO_3 + 88 KI (DMF), which does not exceed 15.1 kJ/mol for CdTe and 7.7 kJ/mol for solid solutions on its basis, which indicates the limitation of the process by diffusion stages. The effect of the lactic acid and the nature of the semiconductors on the kinetics of chemical-mechanical polishing of the studied single crystals were determined. When the polishing solution is diluted with organic acid to 40 vol. %, the speed of chemical and mechanical polishing decreases from 3.5 to 0.5 $\mu\text{m}/\text{min}$. The compositions of etching mixtures and modes of implementation of chemical-dynamic polishing, which is recommended to be carried out in a suitable installation at the temperature 293 K and the disk rotation speed 82 min^{-1} , and chemical-mechanical polishing of the mention above semiconductor single crystals with the addition of lactic acid and polishing rates of 3.5-0.5 $\mu\text{m}/\text{min}$.

Keywords: chemical dissolution, cadmium telluride, single crystals, dissolution rate, etching, chemical-dynamic polishing, chemical-mechanical polishing.

Вступ.

Напівпровідникові матеріали типу $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{VI}}$, а зокрема кадмій телурид і тверді розчини на його основі широко застосовуються для виготовлення

фотоприймачів, чутливих в інфрачервоній (ІЧ) області спектра, детекторів радіаційного (γ) і рентгенівського (X) випромінювання, сонячних елементів та інших

напівпровідникових приладів і пристроїв. Виготовлені на основі CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ напівпровідникові детектори X - та γ -випромінювання мають ряд переваг у порівнянні з аналогічними приладами, що використовують як активні елементи в кремнієвих p - і n -діодах. Тверді розчини

$\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ використовуються у вигляді епітаксійних шарів для отримання фотоприймачів у ІЧ області спектру, включаючи багатоеlementні лінійки та матриці (Чайка та ін., 2018; Chayka et al., 2022). Однак, при широкому практичному використанні вказаних матеріалів, існують значні технологічні проблеми, пов'язані з їх нестабільністю, складністю технології вирощування, недосконалою обробкою та складними умовами роботи в різних режимах.

Сучасні технології виробництва електронних пристроїв, напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем передбачають використання хімічної обробки поверхні матеріалів на фінішних етапах підготовки монокристалічних підкладок, із метою видалення порушеного шару монокристалу, що утворився під час попередніх механічних впливів, а також одержання полірованої, структурно досконалої та бездефектної поверхні. Якість, довговічність та надійність роботи приладів залежить від структури полірованої поверхні, тому формуванню якісної поверхні таких напівпровідникових матеріалів надається особливе значення (Nelson et al., 2009; Crocco et al., 2012). Хімічне травлення напівпровідників є одним із найпоширеніших операцій при хімічній обробці у виробництві, що забезпечує надійність одержаних результатів, швидке проведення, простоту та відтворюваність при незначних економічних затратах та врахуванні екологічної складової процесу, що робить його універсальним для обробки поверхні матеріалів.

Для видалення дефектного шару з поверхні монокристалу пропонуються різні методи травлення, з яких

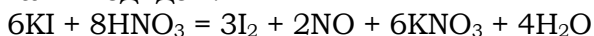
перспективними є хіміко-динамічне (ХДП) (Чайка та ін., 2018; Denysyuk et al., 2009; Гвоздієвський та ін., 2013) та хіміко-механічне полірування (ХМП) (Денисюк, 2014). Як травник рекомендовано використовувати галогенвиділяючі травильні композиції. З метою одержання таких розчинів використовують бромідну (Chayka et al., 2019; Чайка та ін., 2020; Chayka et al., 2022) або йодидну кислоти (Denysyuk, 2014; Денисюк і ін., 2016; Hvozdiyevskiy et al., 2018) та різні окисники (HNO_3 , H_2O_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) (Денисюк та ін., 2012; Гвоздієвський і ін., 2016; Чайка та ін., 2018). При взаємодії окисника з бромідною кислотою виділяється вільний бром, що розчиняється у надлишку бромідної кислоти. Запропоновані бромвиділяючі суміші мають низькі швидкості полірування поверхні CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ в межах 1-10 мкм/хв. (Чайка та ін., 2018; Чайка та ін., 2020; Chayka et al., 2022), проте реагенти, що утворюються в результаті приготування травильної композиції є досить агресивними щодо матеріалів з яких виготовлено обладнання, мають шкідливий вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, тому процес полірування потребує додаткових заходів безпеки. Безпечніші у цьому плані є йодвиділяючі розчини, які містять розчинений у надлишку йодидної кислоти вільний йод (Denysyuk, 2014; Гвоздієвський та ін., 2017; Hvozdiyevskiy et al., 2018). Різне співвідношення йоду в йодидній кислоті забезпечує формування полірованої поверхні CdTe та твердих розчинів на його основі, включаючи магніторозчинені напівпровідники складу $\text{Mn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ із швидкостями полірування 3-15 мкм/хв. (Денисюк та ін., 2013; Денисюк та ін., 2016). Окисником НІ використано HNO_3 та H_2O_2 (Denysyuk, 2014; Hvozdiyevskiy et al., 2018), в результаті чого в травильній суміші утворюють продукти, які є безпечнішими в порівнянні з бромвиділяючими, але такі травники мають вищі швидкості полірування, а

йодидна кислота є порівняно дорогою та не стійкою при тривалому зберіганні, що знижує економічну привабливість такого способу обробки напівпровідників.

У запропонованих травильних сумішах, що володіють поліруючими властивостями щодо поверхні монокристалів CdTe та твердих розчинів на його основі, використано розчинники утворених у ході реакції вільних галогенів та створено кисле рН середовище, метою якого є розчинення продуктів взаємодії напівпровідника у цьому травнику.

Матеріал і методи.

З метою розробки активного хімічного реагенту, який є відносно недорогим, безпечним для людини та навколишнього середовища, а також володіє поліруючими властивостями з низькими швидкостями розчинення щодо поверхні монокристалів CdTe та твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$ і $Cd_xHg_{1-x}Te$ запропоновано використовувати реакцію взаємодії нітратної кислоти з калій йодидом:



Надлишок нітратної кислоти дозволяє забезпечити виділення йоду та створювати необхідне кисле середовище. Попередні дослідження показали, що використання водних розчинів KI не дозволяє досягнути полірованої поверхні напівпровідників і процес розчинення супроводжується утворенням нальоту на зразку, що може бути пов'язано з гідролізом продуктів взаємодії та їх осадженням на поверхні монокристалу. Використання диметилформаміду (ДМФА) як неводного середовища взаємодії дозволяє уникнути небажаних побічних реакцій, крім того він добре розчиняє в собі виділений у ході приготування травника йод.

Для експерименту використано вирощені методом Бріджмена нелеговані монокристали CdTe, $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ і $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ та вирощений із газової фази $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$. Досліджувані зразки площею $0,5\text{ см}^2$ та товщиною 1,5-2,0 мм вирізано з

монокристалічних зливків струнною різкою з алмазним напиленням, при цьому струна постійно змочувалась дистильованою водою. Для видалення приповерхневих структурно-дефектних шарів, що утворюються при різанні та шліфуванні, здійснювали механічне полірування зразків. Товщина порушеного шару механічно полірованих поверхонь близька до товщини такого ж шару травлених поверхонь, а його структура подібна до структури порушеного шару при шліфуванні (Чайка та ін., 2018; Chayka et al., 2022). Перед здійсненням ХДП із поверхні монокристалів видаляли порушений при різанні та шліфуванні шар товщиною 40-100 мкм травником на основі I_2 в диметилформаміді.

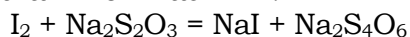
Закономірності розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$ і $Cd_xHg_{1-x}Te$ у травильних композиціях HNO_3 – KI – ДМФА досліджували у відтворюваних гідродинамічних умовах із використанням методу диску, що обертається на установці для ХДП при $T = 283\text{-}300\text{ K}$ та швидкості обертання диску $\gamma = 24\text{-}103\text{ хв}^{-1}$. Одночасно розчиняли 4 зразки, які були закріплені у фторопластовий тримач та утримувались у ньому зовнішнім кільцем. Така конструкція забезпечувала розташування всіх зразків в одній площині, уникнення турбулентних потоків та рівномірний доступ травника до поверхні пластин.

Хіміко-механічне полірування здійснювали на скляному полірувальнику, що був обтягнутий батистом та просочений травильним розчином, який подавали із швидкістю 1-2 мл/хвилину. Швидкість травлення визначали за зменшенням товщини монокристалу до і після розчинення за допомогою годинникового індикатора 1-МИГП з точністю $\pm 0,5\text{ мкм}$ (Чайка та ін., 2020).

Травильні суміші готували з 21%-вого розчину KI в ДМФА $[(CH_3)_2NCOH]$ та 70%-вої HNO_3 , з метою розведення базового розчину в'язким органічним розчинником використано 80%-ву

лактатну кислоту ($C_3H_6O_3$), а для міжопераційної обробки поверхні монокристалів використано 0,1 М розчин $Na_2S_2O_3$ та дистильовану воду (Чайка та ін., 2018) (всі реактиви марки «х.ч.»).

Після закінчення процесу травлення зразки промивали спочатку 0,1 М водним розчином $Na_2S_2O_3$ з метою усунення активного йоду з поверхні монокристалічної пластини:



Мікроструктуру поверхні зразків після травлення досліджували в білому світлі за допомогою металографічного мікроскопу МИМ-7 з цифровою відеокамерою eTREK DCM800 (8Mpix).

Концентрацію йонів Cd^{2+} , Zn^{2+} та Te^{4+} у розчині після процесу хімічного розчинення визначали атомно-абсорбційним методом на полум'яному атомно-абсорбційному спектрометрі С-115-ПК у полум'ї суміші ацетилен-повітря.

Результати та обговорення.

Швидкість травлення є однією з основних кількісних характеристик процесу розчинення. Вибір концентраційного інтервалу досліджуваних травильних композицій здійснювався з урахуванням виключення із досліджень складів

розчинів, що пасивують поверхню та супроводжуються утворенням осаду під час їх приготування. Встановлено, що при використанні розчинів, які містять більше 15 об. % HNO_3 , спостерігається випадіння осаду у вигляді білих кристалів, що частково адсорбують на своїй поверхні утворений у ході реакції вільний йод. Це може бути пов'язано з меншою розчинністю калій нітрату в ДМФА в порівнянні з калій йодидом.

Залежності швидкості розчинення $CdTe$ (1), $Cd_{0,96}Zn_{0,04}Te$ (2), $Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$ (3), $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ (4) від концентрації HNO_3 в 21%-вому розчині КІ в ДМФА (рис. 1) досліджували з використанням установки для ХДП при $T = 293 \pm 0,5$ К і швидкості обертання диску 82 хв $^{-1}$. Із даної залежності видно, що швидкість травлення монокристалів зростає зі збільшенням концентрації HNO_3 в даній системі від 0,4 до 2,5 мкм/хв. Від вмісту HNO_3 в КІ – ДМФА залежить також і якість поверхні напівпровідника, що обробляється. Розчини з 3-6 об. % HNO_3 розчиняють напівпровідники, але поверхня при цьому вкривається сірим нальотом. Концентрованіші розчини з вмістом 9-15 об. % HNO_3 мають поліруючі властивості з швидкостями травлення 1,6-2,5 мкм/хв.

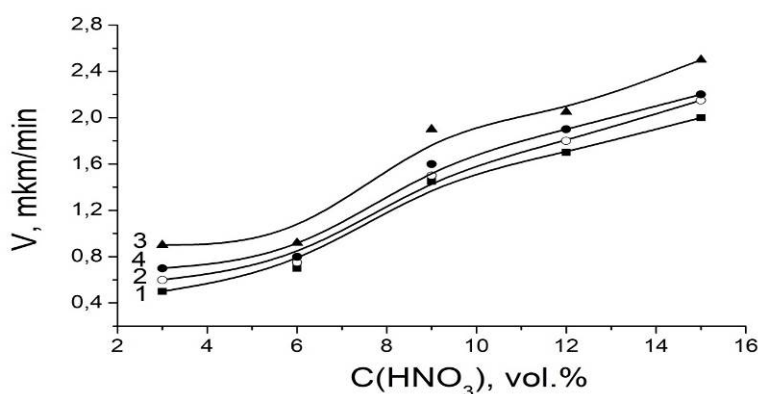
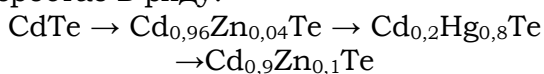


Рис. 1. Концентраційні залежності швидкості травлення (мкм/хв) $CdTe$ (1), $Cd_{0,96}Zn_{0,04}Te$ (2), $Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$ (3), $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ (4) від концентрації окисника в розчинах HNO_3 – КІ – ДМФА ($T = 293$ К, $\gamma = 82$ хв $^{-1}$).

Із рис. 1 видно, що концентраційні залежності швидкості травлення для всіх

досліджуваних напівпровідникових пластин є однотипні і мають досить близькі значення швидкостей

розчинення. Порівнюючи представлені залежності, можна зробити висновок, що CdTe має менші швидкості розчинення, ніж тверді розчини на його основі, а швидкість травлення зростає зі збільшенням вмісту Zn у твердому розчині $Zn_xCd_{1-x}Te$, що може бути пов'язано із розупорядкуванням структури кристалічної ґратки CdTe за рахунок послаблення зв'язків в кристалі. На основі одержаних експериментальних даних встановлено, що швидкість ХДП зростає в ряду:



Провівши розрахунки кількісного співвідношення HNO_3 та KI у травильних сумішах, можна зробити висновок, що поліруючі властивості розчин набуває у випадку присутності надлишку нітратної кислоти як окисника, який створює кисле рН-середовища травника.

Концентрацію йонів Zn(II), Cd(II) і Te(IV), що перейшли в розчин з поверхонь напівпровідникових матеріалів у процесі розчинення протягом однієї хвилини, визначали атомно-абсорбційним методом залежно від концентрації HNO_3 у травильній композиції (рис. 2).

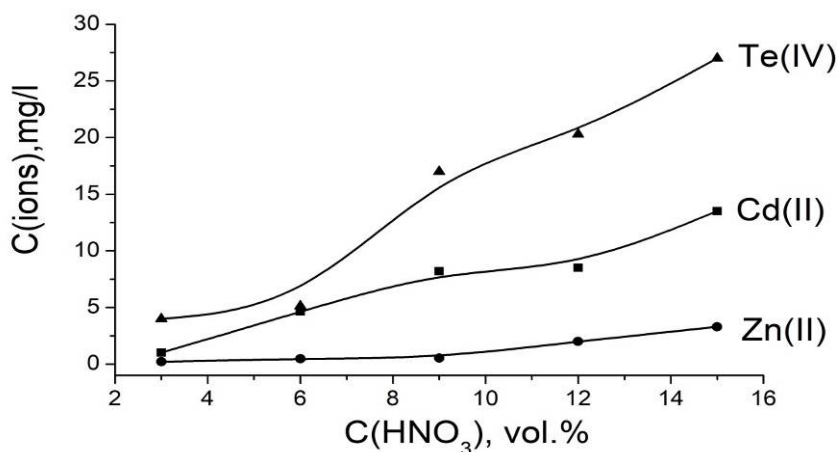


Рис. 2. Залежність концентрації йонів у травильному розчині після хімічної взаємодії ($t = 1$ хв) з досліджуваними монокристалами $Zn_xCd_{1-x}Te$ ($x = 0,04, 0,1$) від концентрації HNO_3 у розчинах системи $HNO_3 - KI - ДМФА$.

Розраховано, що масові та мольні співвідношення між йонами, які перейшли в травильні суміші, зберігаються такими як у вихідних монокристалах, що свідчить про рівномірне розчинення поверхні напівпровідникових матеріалів. Така залежність спостерігається лише для розчинів, що мають поліруючі властивості по відношенню до поверхонь твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$.

Для вивчення процесів, які відбуваються під час полірування зазначених монокристалів у йодвиділяючих сумішах $HNO_3 - KI -$

ДМФА проведено температурні дослідження кінетики розчинення і побудовано залежності швидкості розчинення від температури в інтервалі $T = 283-300$ К при $\gamma = 82$ хв⁻¹ в координатах $\ln v \sim 1/T$ у поліруючому розчині складу (в об. %) 12 $HNO_3 + 88$ KI (ДМФА), які представлені на рис. 3. Методом графічної екстраполяції розраховано уявну енергію активації (E_a) і логарифм передекспоненціального множника ($\ln C_E$) процесу розчинення монокристалів (табл. 1).

Як видно з розрахованих значень, E_a не перевищує 30 кДж/моль, що згідно з прийнятою класифікацією обмежуючих стадій процесу хімічного травлення, вказує на дифузійний механізм розчинення (Чайка та ін., 2018) CdTe та твердих розчинів Zn_xCd_{1-x} .

$_xTe$ і $Cd_xHg_{1-x}Te$ в травильних композиціях $HNO_3 - KI - ДМФА$. Це означає, що швидкість полірування залежатиме від створюваних гідродинамічних умов проведення процесу.

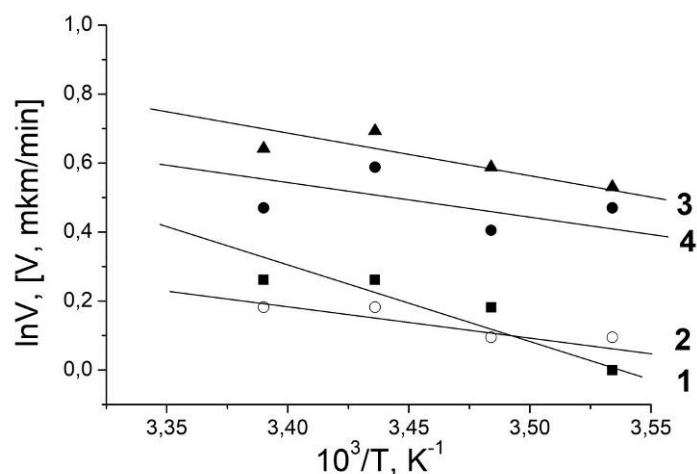


Рис. 3. Залежність швидкості розчинення CdTe (1), $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ (2), $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ (3) та $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ (4) від температури ($\gamma = 82 \text{ хв}^{-1}$) у поліруючому розчині з об. %: 12 HNO_3 + 88 KI (ДМФА).

Таблиця 1. Розрахована уявна енергія активації (E_a) та передекспоненціальний множник ($\ln C_E$) процесу розчинення у поліруючому розчині складу (в об. %): 12 HNO_3 + 88 KI (ДМФА)

Твердий розчин	CdTe	$Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$	$Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$	$Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$
E_a , кДж/моль	15,1	6,0	7,7	3,2
$\ln C_E$	1,868	0,973	1,336	0,598

Для дослідження процесу хіміко-механічного полірування поверхні CdTe та твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$ і $Cd_xHg_{1-x}Te$ обрано базовий розчин складу (в об. %): 12 HNO_3 + 88 KI (ДМФА). Швидкості розчинення монокристалічних пластин під час ХМП є більшими, ніж при ХДП, оскільки крім хімічної дії на кристал чиниться механічний вплив на поверхню. З метою контролю концентрації виділеного йоду у травильній суміші та покращення умов проходження дифузійних процесів у

ході ХМП базовий травник розводили в'язким органічним розчинником – 80%-вою лактатною кислотою (Денисюк, 2014). Встановлено, що швидкості розчинення досліджуваних монокристалів при розведенні базового травника на 40 % лактатною кислотою сповільнюються внаслідок зменшення концентрації окисника у травильній суміші і досягають 0,5 мкм/хв (рис. 4). При цьому поверхня пластин залишається якісною та полірованою. Найповільніше відбувається полірування $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$.

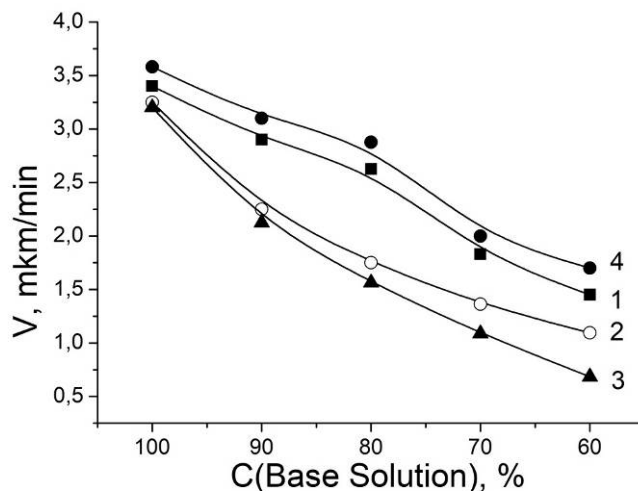


Рис. 4. Залежність швидкості хіміко-механічного полірування CdTe (1), $\text{Zn}_{0,04}\text{Cd}_{0,96}\text{Te}$ (2), $\text{Zn}_{0,1}\text{Cd}_{0,9}\text{Te}$ (3) та $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ (4) від розведення базового розчину [в об. %: 12 % HNO_3 + 88 % KI (ДМФА)] лактатною кислотою.

Розробленими травильними композиціями на основі сумішей HNO_3 – KI – ДМФА можна проводити фінішне ХДП та ХМП з метою одержання полірованої поверхні монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ з необхідною мікроструктурою, шорсткістю та рельєфом.

ХДП необхідно проводити у відтворюваних гідродинамічних умовах з використанням методики диску, що обертається при $T = 293 \text{ K}$ і швидкості обертання диску $\gamma = 82 \text{ хв}^{-1}$. Після хімічного травлення поверхню монокристалу потрібно нейтралізувати від залишків травника у 0,1 М водному розчині $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та промити дистильованою водою.

ХМП тонких плівок зазначених напівпровідникових матеріалів із швидкістю розчинення 3,5-0,5 мкм/хв та високою якістю отриманої поверхні можна проводити з використанням розчину складу (в об. %): 12 HNO_3 + 88 KI (ДМФА), який за необхідності можна розводити лактатною кислотою з метою отримання заданих швидкостей полірування монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$.

Висновки.

Досліджено процес хімічного розчинення монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ у травильних композиціях HNO_3 – KI – ДМФА із використанням методу диску, що обертається. Хіміко-динамічне полірування досліджуваними розчинами рекомендовано проводити при об'ємному вмісті HNO_3 9-15 %, при цьому швидкість полірування поверхні монокристалів CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ знаходиться в межах 1,6-2,5 мкм/хв. Показано збільшення швидкості розчинення досліджуваних напівпровідників від концентрації нітратної кислоти у травильному розчині при хіміко-динамічному поліруванні від 0,5 до 2,5 мкм/хв. Визначено, що при збільшенні вмісту цинку у твердому розчині $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ швидкість розчинення монокристалу зростає за однакових умов хіміко-динамічного травлення. Встановлено залежність концентрації йонів, які перейшли в розчин після взаємодії твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ із досліджуваними травниками, від вмісту окисника в травнику та показано, що вміст йонів у розчині відповідає мольному співвідношенню у напівпровіднику і

свідчить про рівномірне розчинення поверхні. З температурних залежностей розраховано уявну енергію активації процесу полірування для розчину складу (в об. %) $12 \text{ HNO}_3 + 88 \text{ KI}$ (ДМФА), яка не перевищує 15,1 кДж/моль для CdTe і 7,7 кДж/моль для твердих розчинів на його основі, що вказує на лімітування процесу дифузійними стадіями. Визначено вплив лактатної кислоти та природи напівпровідника на кінетику хіміко-механічного полірування досліджуваних монокристалів. Показано, що при розведенні базового поліруючого травника лактатною кислотою утворюються поліруючі

травники з швидкостями взаємодії 0,5–3,5 мкм/хв, які формують поверхню високої якості. Розроблено методику та режими хіміко-динамічного полірування, яке рекомендується проводити у відповідній установці для ХДП за температури 293 К і швидкості обертання диску 82 хв⁻¹, та хіміко-механічного полірування поверхні досліджуваних напівпровідників із додаванням лактатної кислоти, які мають швидкості розчинення 3,5–0,5 мкм/хв під час фінішного травлення та міжопераційної обробки монокристалів.

Список використаних джерел

Гвоздієвський Є. Є., Денисюк Р. О., Томашик В. М., Томашик З. Ф., Гриців В. І. Хімічне полірування CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$ водними розчинами HNO_3 – HI – тартратна кислота. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2013. Вип. 658.: Хімія. С. 136–140.

Гвоздієвський Є. Є., Денисюк Р. О., Томашик В. М., Томашик З. Ф. Хімічна обробка CdTe та твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ водними розчинами HNO_3 – HI – лактатна кислота. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2016. Т. 17. № 2. С. 247–250. <https://doi.org/10.15330/pcss.17.2.247-250>

Гвоздієвський Є. Є., Денисюк Р. О., Томашик В. М., Томашик З. Ф. Травлення монокристалів CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ і $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ водними розчинами HNO_3 – HI – гліцерин. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2017. Т. 18. № 1. С. 117–121. <https://doi.org/10.15330/pcss.18.1.117-121>

Денисюк Р. О., Томашик В. М., Томашик З. Ф., Гриців В. І. Хімічна взаємодія $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ з травильними композиціями H_2O_2 – HI – лактатна кислота. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2012. Т. 13. № 2. С. 410–414.

Денисюк Р. О. Хіміко-механічне полірування $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ розчинами на основі H_2O_2 – HI – цитратна кислота. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2014. Т. 15. № 1. С. 214–218.

Денисюк Р. О., Томашик В. М., Гвоздієвський Є. Є. Взаємодія монокристалів твердих розчинів $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ з травильними композиціями I_2 – HI . *Вопросы химии и химической технологии*. 2016. Т. 2. № 106. С. 51–55.

Чайка М. В., Денисюк Р. О., Томашик З. Ф., Томашик В. М. Хімічна взаємодія CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ з водними розчинами $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr (HCl). *Вопросы химии и химической технологии*. 2018. № 1. С. 51–56.

Чайка М. В., Томашик З. Ф., Маланич Г. П., Томашик В. М., Панасюк Д. Ю., Камінський О. М. Фізико-хімічна взаємодія монокристалів CdTe та $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ з водними розчинами $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – оксалатна кислота. *Вопросы химии и химической технологии*. 2020. № 4. С. 187–193. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2020-131-4-187-193>

Чайка М. В., Томашик З. Ф., Томашик В. М., Маланич Г. П., Денисюк Р. О. Хімічне травлення монокристалів CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ водними розчинами $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – ацетатна кислота. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2018. Вип. 805: Хімія. С. 46–52.

- Чайка М. В., Томашик З. Ф., Томашик В. М., Маланич Г. П., Корчовий А. А. Особливості хімічного розчинення монокристалів CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ у водних розчинах $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$. *Вопросы химии и химической технологии*. 2018. № 6. С. 99–106. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2018-121-6-99-106>
- Chayka M. V., Tomashyk Z. F., Tomashyk V. M., Malanych G. P., Korchovyi A. A. Optimization of bromine-emerging etching compositions $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – ethylene glycol for forming a polished surface of CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. *Functional Materials*. 2019. V. 26. № 1. P. 189–196. <https://doi.org/10.15407/fm26.01.189>
- Chayka M. V., Tomashyk Z. F., Tomashyk V. M., Malanych G. P., Korchovyi A. A. Chemical-mechanical polishing of CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystal surfaces by $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – solvent etchants. *Functional Materials*. 2019. V. 26. № 2. P. 412–418. <https://doi.org/10.15407/fm26.02.412>
- Chayka M. V., Tomashyk Z. F., Tomashyk V. M., Malanych G. P., Korchovyi A. A. Peculiarities of nanosized relief formation on the $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystals surface using $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – solvent etchants. *Functional Materials*. 2022. V. 29. № 2. P. 305–313. <https://doi.org/10.15407/fm29.02.305>
- Chayka M., Tomashyk Z., Tomashyk V., Malanych G., Korchovyi A. Formation of nanosized relief on the CdTe single crystals surface by bromine-emerging etchants. *Applied Nanoscience*. 2022. V. 12. № 3. P. 603–609. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01716-8>
- Crocco J., Zheng Q., Bensalah H., Dieguez E. Detector surface preparation of $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ for electrode patterning. *Applied Surface Science*. 2012. V. 258. P. 2948–2952. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.11.014>
- Denysyuk R. O. Chemical treatment of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ single crystals with H_2O_2 – HI – citric acid aqueous solutions. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2014. V. 17. № 1. P. 21–24.
- Denysyuk R. O., Tomashik V. M., Tomashik Z. F., Chernyuk O. S., Grytsiv V. I. Chemical treatment of monocrystalline cadmium telluride and $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ solid solutions by H_2O_2 – HI – citric acid etchant compositions. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2009. V. 12. № 2. P. 125–128.
- Hvozdiyevskiy Ye. Ye., Denysyuk R. O., Tomashyk V. M., Malanych G. P., Tomashyk Z. F. Interaction of HNO_3 – HI – citric acid aqueous solutions with CdTe , $\text{Zn}_{0.04}\text{Cd}_{0.96}\text{Te}$, $\text{Zn}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ semiconductors. *Functional Materials*. 2018. V. 25. № 3. P. 471–476. <https://doi.org/10.15407/fm25.03.471>
- Nelson A. J., Conway A. M., Reinhardt C. E., Ferreira J. L., Nikolic R. J., Payne S. A. X-ray photoemission analysis of passivated $\text{Cd}_{(1-x)}\text{Zn}_x\text{Te}$ surfaces for improved radiation detectors. *Materials Letters*. 2009. V. 63. P. 180–181. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.09.051>

References (translated & transliterated)

- Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Korchovyi, A. A. (2019). Optimization of bromine-emerging etching compositions $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – ethylene glycol for forming a polished surface of CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. *Functional Materials*, 26 (1), 189–196. <https://doi.org/10.15407/fm26.01.189> [in English].
- Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Korchovyi, A. A. (2019). Chemical-mechanical polishing of CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystal surfaces by $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – solvent etchants. *Functional Materials*, 26 (2), 412–418. <https://doi.org/10.15407/fm26.02.412> [in English].
- Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Korchovyi, A. A. (2022). Peculiarities of nanosized relief formation. on the $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystals surface using $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – HBr – solvent etchants. *Functional Materials*, 29 (2), 305–313. <https://doi.org/10.15407/fm29.02.305> [in English].

Chayka, M., Tomashyk, Z., Tomashyk, V., Malanych, G. & Korchovyi, A. (2022). Formation of nanosized relief on the CdTe single crystals surface by bromine-emerging etchants. *Applied Nanoscience*, 12 (3), 603–609. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01716-8> [in English].

Crocco, J., Zheng, Q., Bensalah, H. & Dieguez, E. (2012). Detector surface preparation of $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ for electrode patterning. *Applied Surface Science*, 258, 2948–2952. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.11.014> [in English].

Denysyuk, R. O. (2014). Chemical treatment of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ single crystals with H_2O_2 – HI – citric acid aqueous solutions. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 17 (1), 21–24. http://journal-spqeo.org.ua/n1_2014/v17n1-2014-p021-024.pdf [in English].

Denysyuk, R. O., Tomashik, V. M., Tomashik, Z. F., Chernyuk, O. S. & Grytsiv, V. I. (2009). Chemical treatment of monocrystalline cadmium telluride and $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ solid solutions by H_2O_2 – HI – citric acid etchant compositions. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 12 (2), 125–128. http://journal-spqeo.org.ua/n2_2009/v12n2-2009-p125-128.pdf [in English].

Hvozdiyevskiy, Ye. Ye., Denysyuk, R. O., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Tomashyk, Z. F. (2018). Interaction of HNO_3 – HI – citric acid aqueous solutions with CdTe, $\text{Zn}_{0.04}\text{Cd}_{0.96}\text{Te}$, $\text{Zn}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ semiconductors. *Functional Materials*, 25 (3), 471–476. <https://doi.org/10.15407/fm25.03.471> [in English].

Nelson, A. J., Conway, A. M., Reinhardt, C. E., Ferreira, J. L., Nikolic, R. J. & Payne, S. A. (2009). X-ray photoemission analysis of passivated $\text{Cd}_{(1-x)}\text{Zn}_x\text{Te}$ surfaces for improved radiation detectors. *Materials Letters*, 63, 180–181. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.09.051> [in English].

Hvozdiyevskiy, Ye. Ye., Denysyuk, R. O., Tomashyk, V. M., Tomashyk, Z. F. & Grytsiv, V. I. (2013). Khimichne poliruvannya SdTe ta tverdykh rozchyniv $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ i $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$ vodnymi rozchynamy HNO_3 – HI – tartratna kyslota [Chemical Polishig of CdTe and Solid Solution $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{1-x}\text{Hg}_x\text{Te}$ be the HNO_3 – HI – Tartaric Acid Aqueous Solutions]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu.: Khimiia*. [Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Chemistry], (658), 136–140. <http://eprints.zu.edu.ua/14526/1/Gvozdiyevskiy.pdf> [in Ukrainian].

Hvozdiyevskiy, Ye. Ye., Denysyuk, R. O., Tomashyk, V. M. & Tomashyk, Z. F. (2016). Khimichna obrobka CdTe ta tverdykh rozchyniv $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ i $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ vodnymi rozchynamy HNO_3 – HI – laktatna kyslota [Chemical Treatment of CdTe and Solid Solution $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ by the HNO_3 –HI–Lactate Acid Aqueous Solutions]. *Fizyka i khimiia tverdoho tila* [Physics and Chemistry of Solid State], 17 (2), 247–250. <https://doi.org/10.15330/pcss.17.2.247-250> [in Ukrainian].

Hvozdiyevskiy, Ye. Ye., Denysyuk, R. O., Tomashyk, V. M. & Tomashyk, Z. F. (2017). Travlennia monokrystaliv CdTe, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ i $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ vodnymi rozchynamy HNO_3 – HI – hlitseryn [Chemical Polishig of CdTe and Solid Solution $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ by the HNO_3 – HI – Glycerin Acid Aqueous Solutions]. *Fizyka i khimiia tverdoho tila* [Physics and Chemistry of Solid State], 18 (1), 117–121. <https://doi.org/10.15330/pcss.18.1.117-121> [in Ukrainian].

Denysyuk, R. O., Tomashik, V. M., Tomashik, Z. F. & Grytsiv V. I. (2012). Khimichna vzaємodiia $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ z travylnymy kompozytsiamy H_2O_2 – HI – laktatna kyslota [Chemical Interaction of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ with H_2O_2 –HI–Lactic Acid ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) Etchant Compositions]. *Fizyka i khimiia tverdoho tila* [Physics and Chemistry of Solid State], 13 (2), 410–414. <http://page.if.ua/uploads/pcss/vol13/11302-19.pdf> [in Ukrainian].

Denysyuk, R. O. (2014). Khimiko-mekhanichne poliruvannya $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ rozchynamy na osnovi H_2O_2 – HI – tsytratna kyslota [Chemical and Mechanical Polishing of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ by Solutions Based on H_2O_2 –HI–Citric Acid]. *Fizyka i khimiia tverdoho tila* [Physics and Chemistry of Solid State], 15 (1), 214–218. <http://page.if.ua/uploads/pcss/vol15/11501-33.pdf> [in Ukrainian].

Denysyuk, R. O., Tomashik, V. M. & Hvozdiyevskyi, Ye. Ye. (2016). Vzaiemodiia monokrystaliv tverdykh rozchyniv $Zn_xCd_{1-x}Te$ ta $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$ z travylnymy kompozytsiamy $I_2 - HI$ [The Interactions of $Zn_xCd_{1-x}Te$ and $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$ Solid Solutions Single Crystals With $I_2 - HI$ Etching Compositions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii* [Questions of chemistry and chemical technology], 2 (106), 51–55. <http://vhht.dp.ua/wp-content/uploads/pdf/2016/2/Denysyuk.pdf> [in Ukrainian].

Chayka, M. V., Denysyuk, R. O., Tomashyk, Z. F. & Tomashyk, V. M. (2018). Khimichna vzaiemodiia $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ ta $Cd_xHg_{1-x}Te$ z vodnymy rozchynamy $K_2Cr_2O_7 - HBr$ (HCl) [Chemical interaction of $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ and $Cd_xHg_{1-x}Te$ with $K_2Cr_2O_7 - HBr$ (HCl) aqueous solutions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii* [Questions of chemistry and chemical technology], (1), 51–56. <http://vhht.dp.ua/wp-content/uploads/pdf/2018/1/Chayka.pdf> [in Ukrainian].

Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Malanych, G. P., Tomashyk, V. M., Panasyuk, D. Yu. & Kaminskiy, O. M. (2020). Fyzyko-khimichna vzaiemodiia monokrystaliv $CdTe$ ta $Zn_xCd_{1-x}Te$ z vodnymy rozchynamy $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – oksalatna kyslota [Physicochemical Interaction of $CdTe$ and $Zn_xCd_{1-x}Te$ Single Crystals With $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – Oxalic Acid Aqueous Solutions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii* [Questions of chemistry and chemical technology], (4), 187–193. <http://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2020-131-4-187-193> [in Ukrainian].

Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Denysyuk, R. O. (2018). Khimichne travlennia monokrystaliv $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ ta $Cd_xHg_{1-x}Te$ vodnymy rozchynamy $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – atsetatna kyslota [The Chemical Etching of the $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ and $Cd_xHg_{1-x}Te$ Single Crystals With the $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – Acetic Acid Aqueous Solutions]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu.: Khimii*. [Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Chemistry], (805), 46–52. http://eprints.zu.edu.ua/28229/1/NV805_046-052_Chayka.pdf [in Ukrainian].

Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P. & Korchovi, A. A. (2018). Osoblyvosti khimichnoho rozchynennia monokrystaliv $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ ta $Cd_xHg_{1-x}Te$ u vodnykh rozchynakh $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_4H_6O_6$ [Features of the chemical dissolution of $CdTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ and $Cd_xHg_{1-x}Te$ single crystals in $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_4H_6O_6$ aqueous solutions]. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii* [Questions of chemistry and chemical technology], (6), 99–106. <http://doi.org/10.32434/0321-4095-2018-121-6-99-106> [in Ukrainian].

Отримано: 6 квітня 2023
Прийнято: 20 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

АГРОНОМІЯ

УДК 631.47:631.512:633.11"324"

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.167-175

ЩІЛЬНІСТЬ БУДОВИ І ТВЕРДІСТЬ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Б. В. Матвійчук¹, Н. Г. Матвійчук², Н. І. Корево³

У статті висвітлено результати досліджень стосовно переуцільнення орного шару ґрунту за вирощування пшениці озимої. При догляді за посівами озимини, більша частка досліджуваних полів починає зазнавати впливу різних технічних засобів восени, коли на початку вересня місяця відбувається підготовка відповідних ділянок до посіву культури після збирання того чи іншого попередника. Унаслідок цього суттєво знижується агрономічна цінність полів, де вирощується провідна культура сучасного землеробства нашої держави, а також значно погіршується продуктивна здатність кореневої системи пшениці озимої, що зумовлює відповідний негативний вплив на якісні ознаки рослин та врожаю.

У дослідженнях, які відбувалися протягом 2018-2021 років, встановлено, що спосіб основного обробітку ґрунту, а саме його глибина і строки визначення в орному шарі досить суттєво впливали на підсумкову об'ємну масу його прошарків. Значне погіршення структурного агрофізичного стану ґрунту та збільшення твердості останнього у варіантах із мілким дисковим обробітком на 10-12 см пояснюється перш за все утворенням великої розпорошеності посівного його шару (0-10 см) та уцільненості прошарків 10-20 см у порівнянні з безпліцевою оранкою.

За результатами досліджень встановлено, що в усіх шарах ґрунту, за обробітку останнього дисковими боронами типу БДТ-3, у середньому відбувалося збільшення об'ємної його маси у таких параметрах до безпліцевого обробітку: 0-10 см – на 0,13 г/см³; 10-20 см на 0,09 г/см³; 20-30 см – на 0,01 г/см³ та 0-30 см, відповідно, на 0,09 г/см³.

¹ 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

² кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри технологій у рослинництві
(Поліський національний університет, м Житомир)
e-mail: natamatviychuk400@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2226-814X

³ асистент кафедри ботаніки,
біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка)
e-mail: ninakorevo@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3744-1382

Таким чином, нашими дослідженнями доведено збереження закономірності більшої об'ємної маси ґрунту при проведенні мілкого дискового обробітку ґрунту на 10-12 см у порівнянні з безпліцевою оранкою на 14-16 см.

Ключові слова: пшениця озима, ґрунт, щільність будови, твердість, дисковий обробіток, безпліцева оранка

DENSITY OF THE STRUCTURE AND HARDNESS OF THE SOIL FOR GROWING WINTER WHEAT

B. V. Matviichuk, N. G. Matviichuk, N. I. Korevo

The article highlights the results of research on over-compaction of the arable layer of the soil during the cultivation of winter wheat. When taking care of winter crops, the greater part of the researched fields begins to be affected by various technical measures in the fall, when at the beginning of September, the corresponding areas are prepared for sowing the crop after harvesting one or another predecessor. As a result, the agronomic value of the fields where the leading culture of modern agriculture of our country is grown is significantly reduced, as well as the productive capacity of the root system of winter wheat significantly deteriorates, which is reflected in a correspondingly negative way on the quality characteristics of plants and harvest.

In the studies that took place during 2018-2021, it was established that the method of the main tillage of the soil, namely its depth and the terms of determination in the arable layer, significantly influenced the final bulk mass of its layers. A rather significant deterioration of the structural agrophysical state of the soil and an increase in the hardness of the latter in variants with shallow disc tillage by 10-12 cm is explained, first of all, by the formation of a large dispersion of its seed layer (0-10 cm) and compaction of layers of 10-20 cm in comparison with shelfless plowing.

According to the research results, it was established that in all layers of the soil, when the latter was worked with disc harrows of the BDT-3 type, on average, its volume mass increased in the following parameters compared to tillage: 0-10 cm - by 0.13 g/cm³; 10-20 cm - by 0.09 g/cm³; 20-30 cm - by 0.01 g/cm³ and 0-30 cm, respectively, by 0.09 g/cm³.

Thus, our research has proven the preservation of the regularity of a larger volumetric mass of the soil when performing a shallow disc tillage of 10-12 cm in comparison with plowing without a shelf of 14-16 cm.

Key words: winter wheat, soil, structure density, hardness, disc tillage, plowing without a shelf

Вступ.

Суттєве навантаження на ґрунт, що відбувається щорічно, завдяки великому впливу на нього масою сільськогосподарських машин і знарядь, призводить в підсумку до дуже нагальної проблеми, а саме – переуцільненню останнього. У випадку з вирощуванням озимини, більша частка досліджуваних полів починає зазнавати 8-12 кратного впливу різних технічних засобів восени, коли на початку вересня місяця відбувається підготовка відповідних ділянок до посіву культури після збирання того чи іншого попередника.

Зрозуміло, що під впливом важкої техніки ґрунт зазнає в період його

підготовки до посіву пшениці і до збиральних робіт великого перенавантаження (після проходження колісного трактору, наприклад МТЗ 80/82 шпаруватість аерації знижується до 12-13%, а іноді до 9-10%), а залишкова деформація вертикалей становить при цьому 1,1-1,2 м глибини (Медведєв, 2018). Внаслідок цього, як правило, суттєво знижується агрономічна цінність полів, де вирощується провідна культура сучасного землеробства України, якою є пшениця озима, а також значно погіршується продуктивна здатність кореневої системи культури, що відбивається відповідним негативним чином на якісних ознаках, а іноді – й на

кількісні, підсумкового збирання урожаю зерна (Медведев, 2002; Ryaberg, 1987).

Матеріал та методи.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий, малогумусний із вмістом в орному шарі гумусу 3,1%; валового азоту 0,18-0,19%; фосфору 0,13-0,14% і калію 2,0-2,1%.

Пшеницю висівали (сорт «Кришталева») зерновою сівалкою «СЗ-3,6» 10-15 вересня з нормою 5,0 млн. шт./га зерен – 250 кг/га кондиційного насіння.

Із фізичних та водно-фізичних властивостей визначалися гранулометричний склад методом піпетування з підготовкою ґрунту за Качинським (ДСТУ 4730:2007, 2007), щільність ґрунту буровим методом за Качинським (ДСТУ ISO 112 72:2001, 2002) за об'єму циліндра 109,23 см³.

Твердість ґрунту визначали твердоміром Качинського револьверного типу – плунжер занурюється в ґрунт силою розтискання пружини. При роботі використовуються два плунжера: циліндричний (на здавлювання) і конічний (на розклинення). Розрахунок твердості ґрунту у кілограмах на 1 см²

проводиться таким чином: по прикладенню до приладу тарувальним таблицям знаходять, на підставі отриманих при визначенні показань за шкалою твердоміра, величину зусилля, витраченого на впровадження в ґрунт плунжера, і відносять його до площі поперечного перерізу плунжера, яка рівна 0,2 см².

Досліди були виконані не менш як у трьох повтореннях за методиками (Чернілевський та ін., 2004; Стрельченко, 1990). Отримані результати було опрацьовано статистично за допомогою стандартних комп'ютерних програм Excel. Достовірність різниці між варіантами оцінювали за критерієм Ст'юдента, використовуючи при цьому 5% рівень значущості (Чепур, 2015).

Результати та обговорення.

Проведенням відповідних дослідів, які відбувалися протягом 2018-2021 років, встановлено, що спосіб основного обробітку ґрунту, а саме його глибина і строки визначення у шарі до 30 см, досить суттєво впливали на підсумкову об'ємну масу орного шару та його прошарків (рис. 1 і 2).

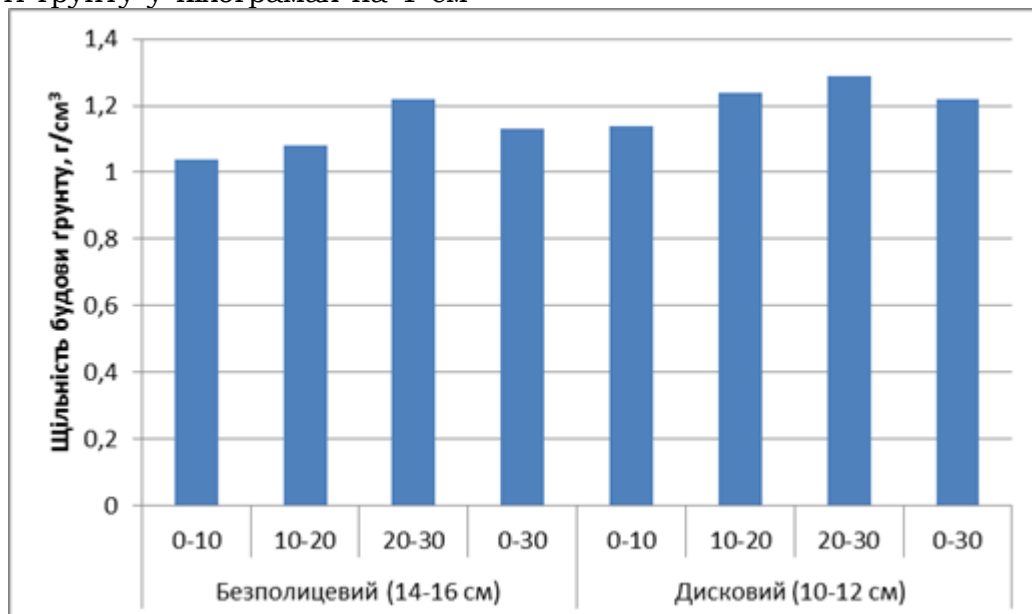


Рис. 1. Щільність будови ґрунту перед сівбою пшениці, г/см³ (2018-2019 рр.)

Як видно з даних рис. 1, щільність будови ґрунту перед сівбою культури у 2018-2019 роках постановки дослідів, завжди була меншою за проведення безполицевого обробітку ґрунту у порівняльному розрізі з проведенням мілкового дискового обробітку лушпильниками типу АДГ-10. При проведенні останнього, об'ємна маса ґрунту у його шарах 10-20 та 20-30 см в 2019 році помітно зростала і сягала позначок 1,28-1,34 г/см³, що у порівнянні з безполицевим обробітком становило на 0,2-0,11 г/см³ більше.

При проведенні безполицевого обробітку ґрунту, як видно з даних, представлених на рис. 1, спостерігали доволі вагомі розходження у щільності ґрунту між шарами 10-20 та 20-30 см (у середньому 1,08 та 1,22 г/см³), які свідчать про те, що у цих варіантах досліду утворюється так звана «пужна колія», а у випадку заглиблення лушпильників до цих шарів ґрунту формуються ущільнені його прошарки вже на глибинах 10-20 см (1,24 та 1,29 г/см³).

На рис. 2 представлені дані, що відображають щільність будови ґрунту

перед сівбою пшениці озимої у різних шарах ґрунту в 2020–2021 роках.

Із цих даних видно, що за мілкового дискового обробітку ґрунту на глибину 10-12 см, щільність його будови була завжди більшою порівняно з тими ділянками досліду, де запроваджували безполицевий (на 14-16 см) обробіток.

Порівнюючи ці спостереження з попередніми роками досліджень (2018-2019 рр.), ми констатуємо факт збереження тенденції збільшення показників щільності ґрунту у його шарах 10-20, 20-30 та 0-30 см при застосуванні мілкового дискового обробітку на 10-12 см. Так, у середньому у шарі ґрунту 10-20 см щільність його будови становила у цьому варіанті досліду 1,22 г/см³; 20-30 см – 1,25 г/см³; 0-30 см – 1,25 г/см³. Що стосується даних на ділянках, де було впроваджено безполицевий обробіток (на 14-16 см), то тут у середньому щільність ґрунту в усіх шарах була завжди помітно меншою у порівнянні з дисковим (на 10-12 см) обробітком: шар ґрунту 10-20 см 1,12 г/см³; 20-30 см 1,21 г/см³; 0-30 – 1,09 г/см³.

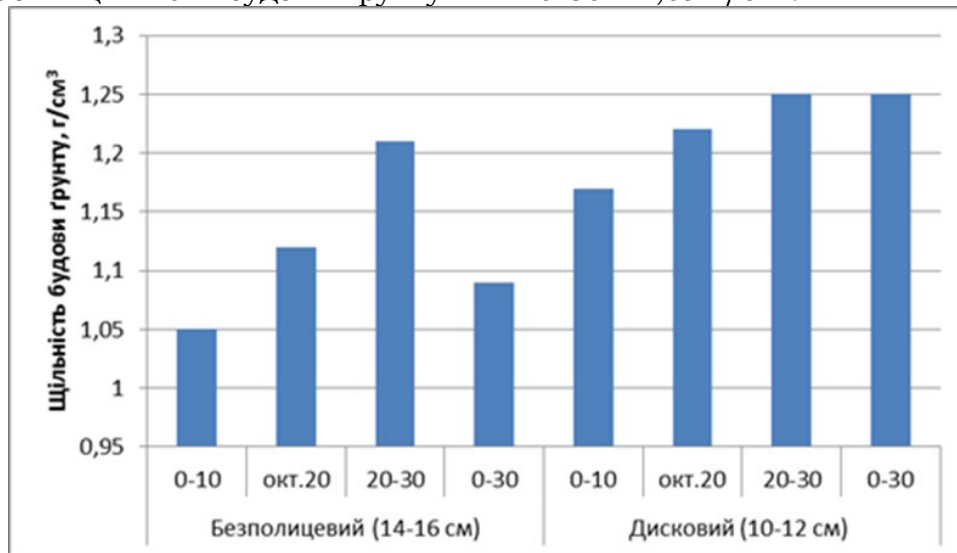


Рис. 2. Щільність будови ґрунту перед сівбою пшениці, г/см³ (2020-2021 рр.)

За даними вітчизняних дослідників (Медведєв, 2002; Кравченко та ін., 2002; Грабак та ін., 2006; Танчик, 2009; Камінський, 2012) в осінній період (перед та після сівби пшениці озимої) чорноземи в нашій

державі можуть мати твердість до 40 кг/см², а в окремих випадках до 45-47 кг/см². Що стосується відповідних спостережень у наших дослідах (2018-2019 рр.), то впродовж вегетаційного періоду пшениці озимої, із кінця

вересня до кінця червня місяців, на глибинах 10-30 см твердість ґрунту помітно зростала (рис. 3)

Дані, що відображають вплив

використаних нами основних обробітків ґрунту (безполицевого та мілкового дискового) на твердість ґрунту у 2018-2019 роках, наведено на рис. 3.

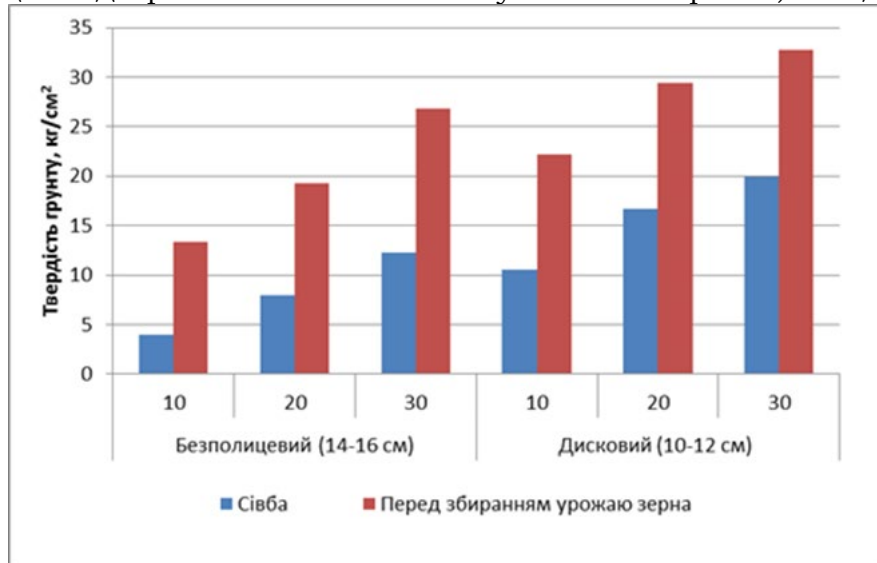


Рис. 3. Вплив безполицевого та дискового обробітків ґрунту на його твердість, кг/см², 2018-2019 рр.

Звідси видно, що у середньому на усіх шарах заглиблення агрегатів (від 10 до 30 см), твердість ґрунту виявилася набагато вищою на ділянках, де застосовували мілкий дисковий обробіток (10-12 см) у порівнянні з безполицевою оранкою на 14-16 см. Так, на глибині 10 см за трирічними спостереженнями, твердість ґрунту була на 8,9 кг/см² вищою у варіантах з дисковою обробкою посівів пшениці, ніж на безполицевій оранці. На глибині 20 см ці відмінності становили вже 10,1 кг/см², а на 30 см, відповідно, 6 кг/см².

Доволі суттєве погіршення структурного агрофізичного стану ґрунту та відоме збільшення твердості останнього у варіантах з мілким дисковим обробітком на 10-12 см, пояснюється, на наш погляд, перш за все, утворенням великої розпорошеності посівного його шару та ущільненості прошарків 10-20 см у порівнянні з безполицевою оранкою.

На ділянках, де запроваджували, безполицевий обробіток ґрунту на 14-16 см, у певній мірі зростала кількість брилуватих часток (фракції були більше ніж 10 мм), а також спостерігали наявність плужної колії, що також (але в меншій мірі) зумовлювало тут деякий «дискомфортний» ґрунтовий стан.

На рис. 4 показано вплив безполицевого та дискового обробітків ґрунту на його твердість у 2020-2021 роках проведення досліджень. Їх аналіз чітко засвідчує стабільне зростання твердості ґрунту в обох варіантах використаних знарядь перед збиранням урожаю зерна пшениці у порівняльному розрізі з даними, що фіксувалися одразу після сівби культури. Так, при запровадженні безполицевого обробітку ґрунту на 14-16 см, при сівбі на глибині 10 см відмічений показник твердості у 7,1 кг/см², а при збиранні врожаю на цій же глибині – вже у 11,5 кг/см².

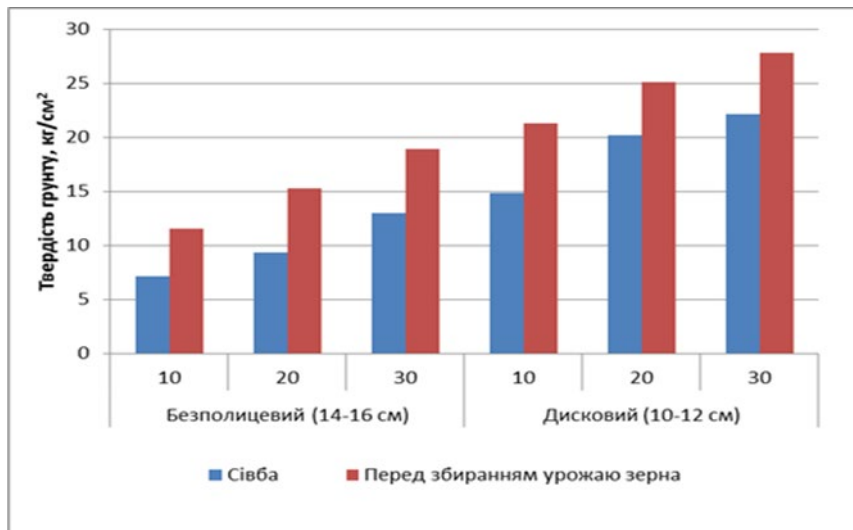


Рис. 4. Вплив безполицевого та дискового обробітків ґрунту на його твердість, кг/см², 2020-2021 рр.

При використанні цього основного обробітку ґрунту на глибині 20 см твердість складала при сівбі культури 9,3 кг/см², а перед збиранням урожаю на початку липня – 15,3 кг/см². Нарешті, ці ж показники при заглибленні знарядь до 30 см, становили відповідно: 13,0 та 18,9 кг/см².

При застосуванні мілкового дискового обробітку на 10-12 см, на різних глибинах (від 10 до 30 см), як перед сівбою пшениці, так і під час збирання врожаю її зерна, твердість ґрунту завжди була більшою у порівнянні з ділянками, де відбувався безполицевий обробіток останніх на 14-

16 см. Так на глибині 10 см твердість ґрунту сягала 14,8 та 21,3 кг/см² (більше на 7,7 та 7,4 кг/см²); на глибині 20 см – 20,2 та 25,1 кг/см² (більше на 10,9 та 9,8 кг/см²) і, нарешті на глибині 30 см – 22,1 та 27,8 кг/см² (відповідно, більше на 9,1 та 8,9 кг/см²) у порівнянні з безполицевою оранкою.

На рис. 5 та 6 наведено дані, що відображають об'ємну масу ґрунту за проведення безполицевого (на 14-16 см) та дискового (на 10-12 см) основних обробітків ґрунту у фазі повної стиглості зерна пшениці озимої протягом 2018-2021 років спостережень.

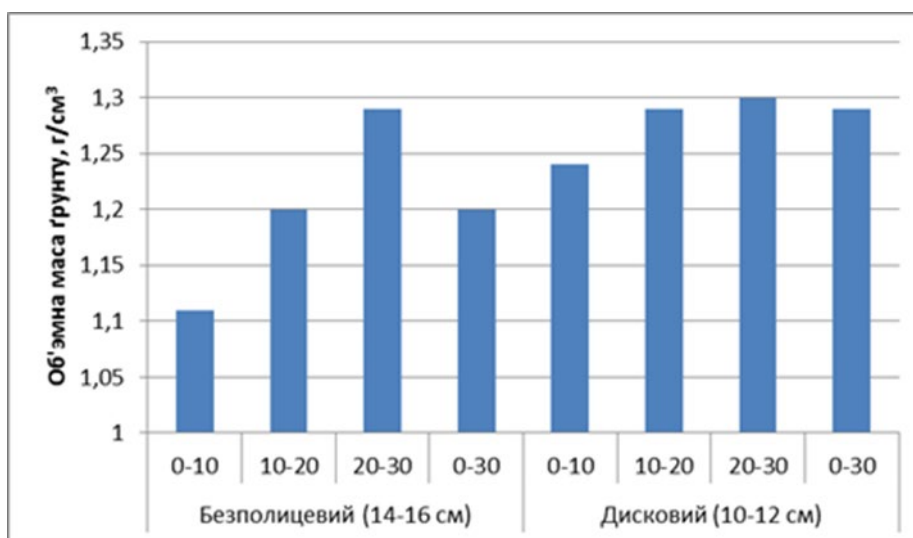


Рис. 5. Об'ємна маса ґрунту за проведення безполицевого та дискового обробітків, г/см³ (2018-2019 рр.)

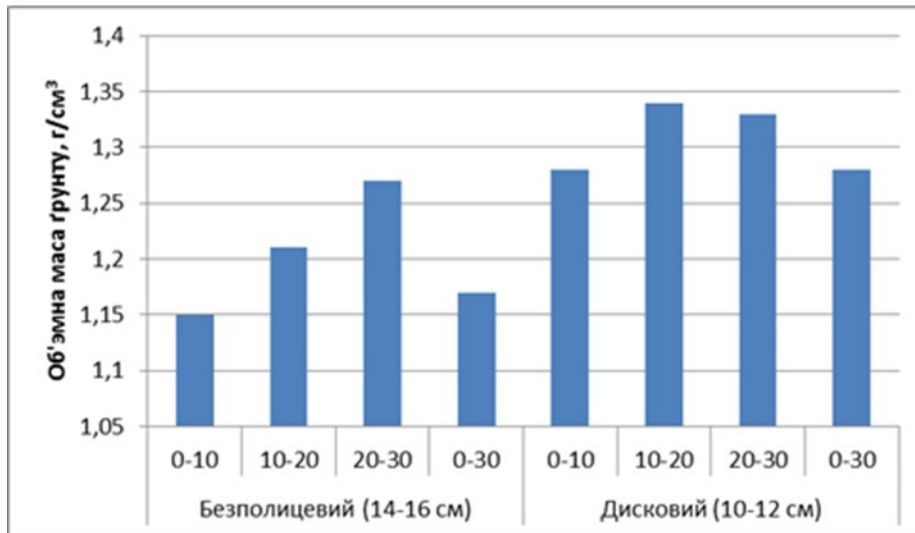


Рис. 6. Об'ємна маса ґрунту за проведення безполицевого та дискового обробітків, г/см³ (2020-2021 рр.)

Як видно з їх аналізу, принципова залежність, що свідчить про те, що показники щільності, твердості та об'ємної маси ґрунту при проведенні мілкового дискового обробітку у дослідях з пшеницею озимою, завжди виявлялися більшими у порівнянні з залученням на ділянках безполицевої оранки (на 14-16 см).

Висновки.

Протягом 2018-2019 років в усіх шарах ґрунту, при обробітку останнього дисковими боронами типу БДТ-3, у середньому відбувалося збільшення об'ємної його маси у таких параметрах до безполицевого обробітку: 0-10 см – на 0,13 г/см³; 10-20 см – на 0,09 г/см³; 20-30 см – на 0,01 г/см³ та 0-30 см, відповідно, на 0,09 г/см³.

Подібна тенденція відмічалася і впродовж 2020-2021 років досліджень. В усіх шарах ґрунту при запровадженні мілкового дискового обробітку ґрунту, показники об'ємної

маси у середньому збільшувалися у розрізі з безполицевою оранкою до таких параметрів: 0-10 см – на 0,13 г/см³; 10-20 см на 0,13 г/см³; 20-30 см на 0,06 г/см³ і, нарешті, у шарі ґрунту 0-30 см таке збільшення становило тут 0,11 г/см³. Найменшою ця різниця виявилася у шарі ґрунту 20-30 см (відповідно, за 2018-2019 роки вона становила лише 0,01 г/см³, а впродовж 2020-2021 років 0,06 г/см³).

Отже, при проведенні мілкового дискового обробітку ґрунту на 10-12 см спостерігається тенденція до збільшення об'ємної маси ґрунту у порівнянні із безполицевою оранкою на 14-16 см.

Збереження закономірності більшої об'ємної маси ґрунту при проведенні мілкового дискового обробітку ґрунту на 10-12 см у порівнянні з безполицевою оранкою на 14-16 см.

Список використаних джерел

Агротехнічна оцінка якості прийомів обробітку ґрунту : навч. посіб. / М. С. Чернілевський та ін., Житомир : Державний агроєкологічний університет, 2004. 80 с.

ДСТУ ISO 112 72:2001 Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT), чинний від 2002-02-01. Вид. офіц. Київ : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2002. 18 с.

ДСТУ 4730:2007 Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н. А. Качинського, чинний від 2007-29-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

Кравченко М. С., Злобін Ю. А., Царенко О. М. Землеробство : підручник / за ред. М.С. Кравченка, Київ : Либідь, 2002. 496 с.

Медведев В. В. Взаємозв'язки між антропогенним навантаженням, деградацією та сталістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 8. С. 49-55.

Медведев В. В., Лактіонова Т. М., Ліндіна Т. Є. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур в Україні від переущільнення ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 3. С. 52-57.

Основи ведення сільського господарства та охорона земель : навч. посіб. 2-е вид. / Грабак Н. Х., Топіха І. Н., Давиденко В. М., Шевель І. В. Київ : Професіонал, 2006. 496 с.

Стрельченко В. П. Методичні поради по освоєнню ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах Волинського Полісся. Луцьк, 1990. 27 с.

Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур : монографія / за ред. В. Ф. Камінського, Київ : В. П. «Едельвейс», 2012. 196 с.

Танчик С. П. No-tillі не тільки. Сучасні системи землеробства. Київ : Юнівест Media, 2009. 160 с.

Чепур С. С. Біометрія: методичний посібник. Ужгород: УжНУ «Говерла», 2015. 40 с.

Ryaberg T. Srudier i plogningfri odlirgi Sverige 1975-1986. Urrsala, 1987. 60 p.

References (translated & transliterated)

Chernilevskyi, M. S., Strelchenko, V. P. & Biliavskyi, Yu. A. (2004). Ahrotekhnichna otsinka yakosti pryiomiv obrobitku gruntu : navch. Posib [Agrotechnical assessment of the quality of methods of soil cultivation: training. manual]. Zhytomyr : Derzhavnyi ahroekolohichnyi universytet. [in Ukrainian] Medvediev, V. V. (2007). Vzaiemozviazky mizh antropohennym navantazhenniam, dehradatsiieiu ta stalistiu gruntiv [Interrelationships between anthropogenic loading, soil degradation and sustainability]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. 8. 49-55. [in Ukrainian].

Чепур, С. С. (2015). Biometriia: metodychnyi posibnyk [Biometrics: methodological guide]. Uzhhorod: UzhNU «Hoverla» [in Ukrainian].

DSTU ISO 112 72:2001. (2002). Yakist gruntu. Vyznachannia shchilnosti skladennia na sukhu masu [Soil quality. Determination of bulk density per dry mass], (ISO 11272:1998, IDT), chynnyi vid 2002-02-01. Vyd. ofits. Kyiv : Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho Ukrainskoi Akademii ahrarnykh nauk [Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences]. [in Ukrainian].

DSTU 4730:2007. (2007). Yakist gruntu. Vyznachannia hranulometrychnoho skladu metodom pipetky v modyfikatsii N.A. Kachynskoho [Soil quality. Determination of the granulometric composition by the pipette method in the modification of N.A. Kaczynski], chynnyi vid 2007-29-01. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy [State consumer standard of Ukraine]. [in Ukrainian].

Hrabak, N. Kh., Topikha, I. N., Davydenko, V. M. & Shevel, I. V. (2006). Osnovy vedennia silskoho hospodarstva ta okhrona zemel : navch. posib. 2-e vyd [Basics of agriculture and land protection: teaching. manual 2nd edition]. Kyiv : Profesional [in Ukrainian].

Kaminskoho, V. F. (2012). Suchasni systemy zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur : monohrafiia [Modern farming systems and crop cultivation technologies: monograph]. Kyiv : V.P. «Edelveis» [in Ukrainian].

Kravchenko, M. S., Zlobin Yu. A. & Tsarenko O. M. (2002). Zemlerobstvo : pidruchnyk [Agriculture: a textbook]. Kyiv : Lybid [in Ukrainian].

Medvediev, V. V., Laktionova, T. M. & Lyndina, T. Ye. (2002). Otsinka vtrat urozhaiu silskohospodarskykh kultur v Ukraini vid pereushchilnennia gruntiv [Assessment of crop yield losses in Ukraine due to soil compaction]. *Visnyk ahraryoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. 3. 52-57. [in Ukrainian].

Ryaberg, T. (1987). Srudier I plojningfri odlirgi Sverige 1975-1986. Urrsala [in English].

Strelchenko, V. P. (1990). Metodychni porady po osvoienniu gruntozakhysnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh Volynskoho Polissia [Methodical advice on the development of soil protection technologies for growing agricultural crops in the conditions of the Volyn Polissia]. Lutsk [in Ukrainian].

Strelchenko, V. P. (1990). Metodychni porady po osvoienniu gruntozakhysnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh Volynskoho Polissia [Methodical advice on the development of soil protection technologies for growing agricultural crops in the conditions of the Volyn Polissia]. Lutsk [in Ukrainian].

Tanchyk, S. P. (2009). No-tilli ne tilky. Suchasni systemy zemlerobstva. [No-till and not only. Modern farming systems]. Kyiv : Yunivest Media [in Ukrainian].

Отримано: 16 квітня 2023

Прийнято: 30 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 631.811.98:631.11"324" (477.7)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.176-185

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО (ФОЛІАРНОГО) ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА УРОЖАЙ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА

Т. М. Коткова¹, А. А. Довбиш²

У статті наведені результати експериментальних досліджень щодо впливу позакореневого (фоліарного) підживлення рослин озимої пшениці сорту Амандус комплексними водорозчинними добривами «НАЙС зернові» та «Акселератор Мікро» на фоні $N_{100}P_{58}K_{100}$ на урожай і якість зерна. Дослідження проводились у ТОВ «Нормагро» Бердичівського району Житомирської області. Експеримент включав підживлення рослин озимої пшениці на IV-V етапах органогенезу культури. Дослідження проводились на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. Використання даних добрив виявилось досить ефективним. Порівняно з фоном доповнення звичайного удобрення досліджуваними добривами сприяло збільшенню довжини колоса та зростанню кількості колосків у колосі. Особливо помітним був ефект від використання фоліарного добрива «Акселератор Мікро». Доповнення фонових доз добрив досліджуваними фоліарними добривами у нашому експерименті вплинуло на масову частку врожаю, про що свідчать дані. При удобренні $N_{100}P_{58}K_{100}$ – отримали урожай – 6,08 т/га, при $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «НАЙС Зернові» – 1,5 л/га – урожайність була 6,56 т/га, при $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «Акселератор Мікро» 1,5 кг/га – 6,78 т/га. Крім того вивчали вплив поєднання звичних доз добрив із позакореневим підживленням на формування структури колосу пшениці. Серед досліджуваних параметрів вага одного колоса, маса 1000 зерен, натура зерна. Вага колоса при удобренні $N_{100}P_{58}K_{100}$ становила – 1,12 г, при $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «НАЙС Зернові» – 1,5 л/га – 1,17 г, і при $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «Акселератор Мікро» 1,5 кг/га – 1,21 г, маса 1000 зерен, – 42,3 г, 45,6 г, 48,9 г та натура зерна, 735 г/л, 745 г/л, 751 г/л – відповідно. Позитивним виявився ефект від використання даних добрив і на якісні показники самого зерна, зокрема на вміст білку, клейковини, золи та скловидності зерна. Суттєвіший приріст отримали при застосуванні «Акселератор Мікро», порівняно з «НАЙС Зернові».

Ключові слова: удобрення, фоліарне удобрення, озима пшениця, «Акселератор Мікро», «НАЙС Зернові».

¹ кандидат сільськогосподарських наук, доцент
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail. tetjana.kotkova@gmail.com
ORCID 0000-0002-1785-7620

² кандидат сільськогосподарських наук, доцент
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail. lldov@ukr.net
ORCID 0000-0002-0528-145X

INFLUENCE OF WINTER WHEAT PLANTS' FOLIAR FERTILIZATION ON CROP'S YIELD AND QUALITY**T. M. Kotkova, L. L. Dovbish**

The article presents the results of experimental studies on the effect of foliar fertilization of winter wheat plants of sort Amandus with complex water-soluble fertilizers NAIS grain and Accelerator Micro on the background of $N_{100}P_{58}K_{100}$ on grain yield and quality. The research was conducted at Normagro LLC, Berdychiv district, Zhitomir region. The experiment included fertilizing winter wheat plants at the IV-V stages of crop organogenesis. The research was conducted on gray forest loamy soils. The use of these fertilizers proved to be quite effective. Compared with the background, the addition of conventional fertilizer with the studied fertilizers contributed to the increase in ear length and increase in the number of ears in the ear. The effect of using Акселератор Мікро was especially noticeable. The addition of background doses of fertilizers to the studied foliar fertilizers in our experiment affected the mass fraction of the crop, as evidenced by the data. At fertilizer $N_{100}P_{58}K_{100}$ – received a crop – 6,08 t/ha, at $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «NAIS grain», 1,5 l/ha – productivity was 6,56 t/ha, at $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «Accelerator Micro» 1,5 kg/ha – 6,78 t/ha. In addition, the effect of combining the usual doses of fertilizers with foliar fertilization on the formation of the structure of the ear of wheat was studied. Among the studied parameters were the weight of one ear, the weight of 1000 grains, the nature of the grain. The weight of the ear with fertilizer $N_{100}P_{58}K_{100}$ was –1,12 g, with $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «NAIS grain» (1,5 l/ha) – 1,17 g, and with $N_{100}P_{58}K_{100}$ + «Accelerator Micro» (1,5 kg/ha) – 1,21 g, weight of 1000 grains – 42,3 g, 45,6 g, 48,9 g and nature of grain – 735 g/l, 745 g/l, 751 g/l respectively. The effect of the use of these fertilizers on the quality of the grain seed, in particular on the content of protein, gluten, ash and glassiness of the grain, was positive. A significant increase was obtained with the use of «Accelerator Micro», compared with «NAIS grain».

Keywords: fertilization, foliar fertilization, winter wheat, «NAIS grain», «Accelerator Micro».

Вступ.

Пшениця озима є зерновою культурою, яка завдяки сталим врожаюм та валовим зборам високоякісного зерна забезпечує національну продовольчу безпеку в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу правобережного, так і в Україні загалом. Тому розробка ефективних еколого-безпечних заходів підвищення урожайності та суттєвого поліпшення якості зерна озимої пшениці є важливим державним завданням, як для науковців, так і для спеціалістів АПК.

Добрива є одним із найефективніших засобів впливу на продуктивність і якість рослин. Їх ефективність доведена часом та агрономічною практикою. Однак, у зв'язку з високою вартістю добрив перед сільськогосподарськими виробниками постає завдання мінімізації їх втрат та раціонального використання (Смірнова, 2015).

Сучасні сорти пшениці озимої інтенсивного типу вимагають

оптимізації системи удобрення. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває застосування у сільськогосподарському виробництві нових високоефективних добрив для позакореневого живлення, роль якого значно ефективніша, ніж звичного кореневого. Крім того, це сприяє оптимізації перебігу фізіологічних процесів у рослинах, підвищення урожайності й поліпшення якості сільськогосподарської продукції. Тому комплексне поєднання звичного та позакореневого живлення стимулює продуктивний ріст рослини. На сьогодні науковими установами було створено цілу низку речовин, які можуть суттєво вплинути на ріст та розвиток рослин, посилюючи їх стійкість до стресових ситуацій на різних фонах удобрення та ґрунтово-кліматичних умов (Оничко, 2013; Шакалій, 2017; Ямковий, 2021).

Нестача будь-якого елемента може бути лімітуючим фактором, що довів ще у 1840 р ст. Ю. Лібіх. Відомо, що коефіцієнт використання

поживних речовин із ґрунту є невисоким. Так, для азотних та калійних добрив він складає від 30 до 60 %, для фосфорних на різних ґрунтах від 15 до 40 %, а що стосується мікроелементів, то цей коефіцієнт складає менше, ніж 1 % від рухомих форм мікроелементів у ґрунті. Ці факти дозволяють зробити певні висновки щодо ефективної організації живлення рослин.

Проведення позакоренових підживлень є ефективним способом удобрення, який дозволяє збільшити доступність поживних речовин для рослини і стимулювати краще їх засвоєння з ґрунту, і як наслідок, зекономити як самі добрива, так і кошти (Бомба, 2003; Гангур, 2021).

Роль оптимізації живлення та удобрення пшениці озимої у підвищенні якості зерна, і, відповідно, борошна й хліба шляхом позакоренового підживлення на фоні твердих добрив, в умовах правобережного Лісостепу України доведена науковцями (Бикін, 2010; Чабан, 2012).

Слід зазначити, що такий спосіб живлення рослин відомий давно, але поширення набув в останні роки. Особливо ефективним є листове (позакореневе) внесення мікроелементів.

Мікроелементам треба приділяти особливу увагу при організації живлення рослин. Незважаючи на невелику кількість споживання рослинами мікроелементів (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, Ni та ін.) (Крамарев, 2004), вони відіграють не менш

суттєву роль у формуванні врожаю, ніж макроеlementи (N, P, K, S, Mg, Ca).

Мета дослідження полягала у вивченні впливу позакоренового підживлення пшениці озимої сорту Амандус добривами «НАЙС Зернові», «Акселератор Мікро» на фоні $N_{100}P_{58}K_{100}$ на урожай і якість зерна пшениці.

Матеріал і методи.

Вплив позакоренового підживлення комплексними добривами на продуктивність пшениці озимої вивчали у виробничому досліді, який проводили в 2019–2021 рр. у ТОВ «Нормагро» Бердичівського району Житомирської області.

Із метою з'ясування питання впливу нових сучасних добрив, що застосовуються для позакоренового підживлення, нами було проведено експеримент із підживлення рослин озимої пшениці на IV-V етапах органогенезу культури. Дослідження проводились на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах, які характеризується такими показниками:

- вміст в орному шарі ґрунту (0-20 см) лужногідролізованого азоту – 67,2-81,2 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом);
- рухомого фосфору – 167-226 мг/кг г ґрунту (за Кірсановим);
- обмінного калію – 130-225 мг/кг г ґрунту (за Кірсановим);
- рН – 5,8-6,8 (потенціометрично),
- вміст гумусу 1,52-1,95 (за Тюрніним).

Експеримент проводився за наступною схемою (табл. 1).

Таблиця 1

Схема дослідів

№ з/п	Варіанти дослідів	Строки внесення добрив
1	$N_{100}P_{56}K_{100}$ - фон	контроль, де $N_{16}P_{56}K_{100}$ з осені + N_{84} весною в підживлення
2	Фон + НАЙС Зернові – 1,5 л/га	де $N_{16}P_{56}K_{100}$ з осені + N_{84} весною в підживлення + НАЙС Зернові” (позакореневе підживлення на початку IV етапу органогенезу + V етап органогенезу)
3	Фон + Акселератор Мікро– 1,5 кг/га	де $N_{16}P_{56}K_{100}$ з осені + N_{84} весною в підживлення + Акселератор Мікро (позакореневе підживлення на початку IV етапу органогенезу + V етап органогенезу)

Така схема досліду дозволила «вирівняти» умови і вивчити вплив саме добрив «НАЙС Зернові» та «Акселератор Мікро» без зниження доз основних добрив у найкритичніші фази росту та розвитку рослин, що

запобігало їх голодуванню саме у ці періоди.

Досліджувані добрива мали певні характеристики, що відповідають потребам рослин саме у найкритичніші фази. Хімічний склад добрив наведений у таблицях 2 та 3.

Таблиця 2

Характеристика добрива «НАЙС Зернові»

	N	SO ₃	MgO	B	Fe	Zn	Mn	Cu	Mo	Щільність, г/см ³	pH, 1%	ЕС, См/см 0,1%
%	10,0	8,0	3,5	0,07	0,3	0,75	1,0	1,0	0,002	1,29	4,1	0,29
г/л	129	103	45	1	4	10	13	13	0,03			

Зрозуміло, що потреби у поживних речовинах у кожних конкретних умовах різні. Однак, поряд із цим, є певний набір елементів, які необхідні для існування живого організму, а в даному випадку рослин пшениці. Дане добриво, як свідчить

таблиця, має необхідний набір мікроелементів, що підвищують її стійкість проти несприятливих факторів довкілля.

Дещо інший вміст мікроелементів у добриві «Акселератор Мікро».

Таблиця 3

Характеристика добрива «Акселератор Мікро»

Вміст, %										
	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
	11	38	1,5	9	0,15	0,55	0,35	0,17	0,07	0,01

Результати та обговорення.

Потреба застосовувати позакореневе підживлення зростає через зміни клімату, особливо підвищення його аридності. За екстремальніших умов коренева система рослин не завжди спроможна поглинути ту кількість елементів, яка потрібна для формування вегетативної маси та продуктивних органів (Генгало, 2010; Панфілова, 2018).

Наразі фоліарні (позакореневі) підживлення стали обов'язковою складовою системи живлення високопродуктивних сортів. Враховуючи той факт, що звичне засвоєння поживних речовин відбувається лише за умов оптимального зволоження та аерації ґрунту, а через зміни клімату аграріям вдається добитись

найкращих ґрунтових факторів вкрай рідко. Тому саме позакореневі підживлення якщо не цілком, то хоча б частково компенсують нагальну потребу в елементах живлення в критичні періоди (Довбиш, 2019).

Не є виключенням досліджувані нами добрива «НАЙС зернові» та «Акселератор Мікро». Доцільність їх застосування проявляється навіть у так званому «грінфекті», який спостерігається навіть візуально. Що ж стосується біометричних показників, то вони теж відчутні (табл. 4).

Порівняно з фоном доповнення звичайного удобрення досліджуваними добривами сприяло збільшенню довжини колоса та зростанню кількості колосків у колосі. Особливо помітним був ефект від використання фоліарного добрива «Акселератор

Мікро» хоча перед початком отримати більший приріст від «НАЙС експерименту ми сподівалися зернові».

Таблиця 4

Вплив позакореневого підживлення на основні елементи структури врожаю зерна пшениці озимої, (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти дослідів	Схема дослідів	Довжина, см		Кількість колосків у колосі, шт.
		Стебла	Колоса	
1	N ₁₀₀ P ₅₈ K ₁₀₀ - фон	86,3	6,84	16,10
2	Фон + НАЙС зернові – 1,5 л/га	79,4	6,86	16,90
3	Фон + Акселератор Мікро– 1,5 кг/га	77,6	7,25	17,53

Проте, з використанням добрива «Акселератор Мікро» отримали зменшення довжини стебла, але на сьогодні ця характеристика не така вагома через фактичну відсутність основного споживача соломи – галузі тваринництва.

Однак, найсуттєвішим показником при вирощуванні будь-якої культури є її урожайність. Урожайність сільськогосподарських культур визначає ефективність технології вирощування та економічну доцільність виробництва (Чабан, 2012; Смірнова, 2015). Відомо, що одержати максимальний, генетично обумовлений рівень врожаю, навіть на високо окультурених ґрунтах, можна лише за

спрямованого регулювання живленням рослин із урахуванням екологічних та землеробських законів.

Використання самих лише фоліарних добрив не є панацеєю подолання дефіциту поживних речовин протягом вегетації. Воно слугує лише чудовим доповненням до основного звичного удобрення. З його допомогою можна коригувати нестачу елементів у критичні фази розвитку рослин (Шакалій, 2017; Ямковий, 2021). Доповнення фонових доз добрив досліджуваними фоліарними добривами у нашому експерименті вплинуло на масову частку врожаю, про що свідчать дані (табл. 5).

Таблиця 5

Вплив позакореневого підживлення на врожай зерна пшениці озимої, (середнє за 2019–2021 рр.).

Схема дослідів	Урожайність, т/га				Приріст до контролю	
	2019	2020	2021	Середнє	т/га	%
N ₁₀₀ P ₅₈ K ₁₀₀ - фон	6,02	6,07	6,15	6,08		
Фон + НАЙС зернові – 1,5 л/га	6,48	6,55	6,65	6,56	0,48	7,89
Фон + Акселератор Мікро– 1,5 кг/га	6,61	6,72	7,01	6,78	0,7	11,51
НІР ₀₅				0,17		

Порівняно з фоновими дозами частка приросту була дуже відчутною. Подібні тенденції відмічали і інші автори з використанням інших добрив для позакореневого підживлення (Радченко, 2017).

Дієвий ефект від незначних доз новітніх добрив, порівняно з високими фоновими дозами обумовлюється тим, що при поглинанні речовин із ґрунтового розчину бере участь тільки та частина кореня, що росте, тобто меристема, зона розтягнення і

кореневих волосків, доля яких на певних етапах життя рослин є мізерно малою частиною кореня, а решта ділянок виконує лише транспортну та механічну функцію.

Вагомими показниками вирощування зернових культур є не лише маса врожаю, а й виповненість

зерна та щільність його укладання в певному об'ємі (натура), тому в нашому дослідженні ми вивчали вплив поєднання звичних доз добрив із позакореневим підживленням на формування структури колосу пшениці (табл. 6).

Таблиця 6

Вплив позакореневого підживлення на основні елементи структури колосу пшениці озимої, (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіанти дослідів	Схема дослідів	Вага одного колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
1	N ₁₀₀ P ₅₈ K ₁₀₀ - фон	1,12	42,3	735
2	Фон + НАЙС зернові – 1,5 л/га	1,17	45,6	745
3	Фон + Акселератор Мікро– 1,5 кг/га	1,21	48,9	751

Як свідчать дані, фоліарне живлення має позитивний ефект на формування маси 1000 зерен і натури зерна, порівняно зі звичним удобренням при використанні обох досліджуваних засобів. Це в свою чергу в подальшому відображатиметься на посівних характеристиках насіннєвого матеріалу і якості борошна.

Суттєвіший приріст отримали при застосуванні «Акселератор Мікро», порівняно з «НАЙС зернові».

Саме якість зерна є тією характеристикою, над якою працювали і працюють ціла армія селекціонерів, агрономів і простих

господарів землі. Якість зерна залежить від безлічі показників: типу та родючості ґрунту, водного режиму ґрунту, вмісту макро- та мікроелементів, сортів та ін. Однак, мають місце і доступність макро- та мікроелементів живлення саме у критичні фази (Шакалій, 2017; Ямковий, 2021). Не лише знівелювати показники засвоєння елементів рослинами озимої пшениці, а й покращити якість майбутнього зерна у період формування врожаю можна завдяки використанню фоліарного підживлення (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив позакореневого підживлення на якість зерна пшениці озимої, (середнє за 2019–2021 рр.).

Варіанти дослідів	Схема дослідів	Вміст, %			
		Білок	Клейковина	Зола	Скловидність
1	N ₁₀₀ P ₅₈ K ₁₀₀ - фон	12,4	21,5	1,19	42,6
2	Фон + НАЙС зернові – 1,5 л/га	13,6	24,6	1,41	45,8
3	Фон + Акселератор Мікро– 1,5 кг/га	14,4	26,0	1,49	48,1

Аналіз даних таблиці свідчить про видиму користь поєднання звичного удобрення з позакореневим як підживленням при застосуванні обох досліджуваних препаратів. Від застосування як «НАЙС зернові», так і

«Акселератор Мікро» отримали збільшення вмісту білку, клейковини та покращили скловидність зерна, однак більш якісні показники отримали при доповненні удобрення препаратом

«Акселератор Мікро», порівняно з «НАЙС зернові».

Узагальнюючи результати досліджень, можна стверджувати, що використання препаратів «Акселератор Мікро» та «НАЙС зернові» є вагомим доповненням до звичного удобрення озимої пшениці, особливо в несприятливі роки.

Висновки.

1. Позакореневе підживлення пшениці озимої досліджуваними комплексними добривами позитивно вплинуло на показники структури врожаю. Отримані дані свідчать, що кількісні та якісні характеристики врожаю пшениці озимої, зокрема довжина стебла та колоса, кількість колосків у колосі, вага одного колоса, маса 1000 насінин та натура зерна, сформувалися кращі за внесення у ґрунт $N_{100}P_{58}K_{100}$ та позакореневого підживлення посівів комплексним добривом «Акселератор Мікро» у дозі

1,5 кг/га на початку IV етапу органогенезу та V етап органогенезу.

2. На фоні внесення $N_{100}P_{58}K_{100}$ при підживленні препаратами «НАЙС зернові» та «Акселератор Мікро» спостерігалось зростання врожаю порівняно з контролем відповідно на 7,89 % та 11,51 %;

3. Елементи структури врожаю зерна пшениці озимої сорту Amandus були найкращими на варіанті із використанням «Акселератор Мікро», так маса 1000 зерен становила – 48,9 г, а натура 751 г/л, що на 15,6 % та 2,2 % відповідно вище від контролю;

4. Вміст білка у зернішках при внесенні «Акселератор Мікро» становив у середньому за три роки 14,1 %, в той час, як на контролі – 12,4 %, при внесенні «НАЙС зернові» – 13,6 %, вміст клейковини зріс при використанні досліджуваних препаратів на 20,9 % та 14,4 % відповідно.

Список використаних джерел

Акселератор Мікро. Хімагромаркетинг. [Електронний ресурс]. URL: <http://himagro.com.ua/product/dobryva/akselerator-mikro> (дата звернення: 16.04.2023).

Бомба М. Я., Періг Г. Т., Рижук С. М. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології : навч. посіб. Київ : Урожай, 2003. 400 с.

Гангур В. В., Кочерга А. А., Пипк О. С., Лень О. І. Ефективність мікродобрив за умови обробки насіння та листового підживлення посівів пшениці озимої *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 46–51.

Генгало О. М., Павлюк С. Д., Чумак А. А., Кіщак В. М. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої. *Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 149. С. 65–73.

Довбиш Л. А., Кравчук М. М., Архипюк Є. В. Оцінка ефективності удобрення пшениці озимої комплексними добривами на основі результатів листової діагностики. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2019. Вип. 12. С. 13–17.

НАЙС Зернові. ALFA Smart Agro. [Електронний ресурс]. URL: https://alfasmartagro.com/catalog/Nice/Nice_Zernovi/ (дата звернення: 16.04.2023).

Крамарев С. М., Красненков С. В. Эффективность использования микроудобений в агроценозах зерновых культур. Проблемы мікробіологічної мобілізації : наук. доп. Міжнар. наук.–практ. конф. (м. Чернігів, 12–14 лип. 2004 р.). Чернігів ; Харків : Друкарня № 13, 2004. С. 56–65.

Оничко В. І., Бердін С. І., Коваленко О. А. Ефективність застосування комплексних водорозчинних добрив на посівах пшениці озимої. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Сер. Агрономія і біологія. 2013. Вип. 3. С. 110–114.

Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця : Данилюк, 2011. 432 с.

Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Формування надземної маси сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Сер. Агрономія. 2018. № 22(1). С. 332–339.

Радченко М. В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Сер. Агрономія і біологія. 2017. Вип. 2(33). С. 52–57.

Роль оптимізації живлення та удобрення пшениці озимої шляхом позакореневого підживлення на фоні твердих добрив у підвищенні якості зерна, борошна і хліба в умовах правобережного Лісостепу України / А. В. Бикін та ін. *Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2010. Вип. 149. С. 96–108.

Смірнова І. В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від умов мінерального живлення. *Наукові праці МНАУ. Екологія*. 2015. Вип. 244, т. 256. С. 81–84.

Чабан В. І., Крамарьов С. М., Подобед О. Ю. Урожай і якість зерна пшениці озимої при використанні мікродобрив у північному Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 2. С. 7–80.

Шакалій С. М. Якість зерна пшениці м'якої озимої за використання позакореневого підживлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 1. С. 76–84.

Ямковий В. Ю., Буняк О. І., Ящук Н. О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 101–107.

References (translated & transliterated)

Accelerator Micro. Chimagromarketing. (n.d.). Retrieved from <http://himagro.com.ua/product/dobryva/akselerator-mikro>.

ALFA Smart Agro. NICE Cereals. (n.d.). Retrieved from https://alfasmartagro.com/catalog/Nice/Nice_Zernovi/Bomba, M. Ya., Perig, G. T. & Ryzhuk, S. M. (2003). *Zemlerobstvo z osnovamy gruntoznavstva, ahrokhimii ta ahroekolohii* [Agriculture with the basics of soil science, agrochemistry and agroecology]. Kyiv: Urozhay. [in Ukrainian].

Bikin, A. V., Bordyuzha, N. P., Yaresenko, V. I., Ivanitskaya, A. P. & Badyaka, O. O. (2010). Rol optymizatsii zhyvlennia ta udobrennia pshenytsi ozymoi shliakhom pozakorenevoho pidzhyvlennia na foni tverdykh dobryv u pidvyshchenni yakosti zerna, boroshna i khliba v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The role of optimization of nutrition and fertilization of winter wheat by foliar fertilization on the background of solid fertilizers in improving the quality of grain, flour and bread in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy* [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine] 149, 96–108. [in Ukrainian].

Chaban, V. I., Kramarov, S. M. & Podobied, O. Yu. (2012). Urozhai i yakist zerna pshenytsi ozymoi pry vykorystanni mikrodobryv u pivnichnomu Stepu Ukrainy [Yield and grain quality of winter wheat when using microfertilizers in the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnogo aharnoho universytetu* [Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian University], 2, 7–80. [in Ukrainian].

Dovbysh, L. L., Kravchuk, M. M. & Arkhypiuk, Ye. V. (2019). Otsinka efektyvnosti udobrennia pshenytsi ozymoi kompleksnymy dobryvamy na osnovi rezultativ lystkovoi diahnostryky [Evaluation of the effectiveness of winter wheat fertilization with complex fertilizers based on the results of foliar diagnostics].

Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissya [Agro-industrial production of Polissia], 12, 13–17. [in Ukrainian].

Hanhur, V. V., Kocherha, A. A., Pypk, O. S. & Len, O. I. (2021). Efektyvnist mikrodobryv za umovy obrobky nasinnia ta lystkovoho pidzhyvlennia posviv pshenytsi ozymoi [Effectiveness of microfertilizers under the conditions of seed treatment and foliar fertilization of winter wheat crops]. Visnyk Poltavs'koyi derzhavnoi ahrarnoyi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], 2, 46–51. [in Ukrainian].

Henhalo, O. M., Pavliuk, S. D., Chumak, A. A. & Kishchak, V. M. (2010). Pozakoreneve pidzhyvlennia vodorozchynnyimi dobryvami z mikroelementami yak sposib optymizatsii umov zhyvlennia pshenytsi ozymoi [Foliar fertilizing with water-soluble fertilizers with microelements as a way to optimize winter wheat nutritional conditions]. Naukovyy visnyk Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine], 149, 65–73. [in Ukrainian].

Kramarev, S. M. & Krasnenkov, S. V. (2004). Effektivnost ispolzovaniya mikroudobreniy v agrotsenozakh zernovykh kultur [Efficiency of using microfertilizers in agroecosystems of grain crops]. Problems of microbiological mobilization: scientific add. International scientific-practical conference. (pp. 56-65). Chernihiv;Kharkiv: Printing House 13.

Onychko, V. I., Berdin, S. I. & Kovalenko, O. A. (2013). Efektyvnist zastosuvannya kompleksnykh vodorozchynnykh dobryv na posivakh pshenytsi ozymoi [The effectiveness of the application of complex water-soluble fertilizers on winter wheat crops]. Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiya i biolohiya [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and biology], 3, 110–114. [in Ukrainian].

Palamarchuk, V. D., Polishchuk, I. S. & Venediktov, O. M. (2011). Systemy suchasnykh intensyvnnykh tekhnolohii u roslynnytstvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia: Danyliuk. [in Ukrainian].

Panfilova, A. V. & Hamaiunova, V. V. (2018). Formuvannya nadzemnoi masy sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid optymizatsii zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The formation of above-ground mass of winter wheat varieties depending on the optimization of nutrition in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Visnyk L'vivskoho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiya. [Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy], 22(1), 332–339. [in Ukrainian].

Radchenko, M. V. (2017). Produktivnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia [Productivity and grain quality of winter wheat depending on foliar feeding]. Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiya i biolohiya [Bulletin of Sumy National University Agrarian University. Agronomy and Biology], 2(33), 52–57. [in Ukrainian].

Smirnova, I. V. (2015). Urozhainist ta yakist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid umov mineralnoho zhyvlennia [Yield and quality of winter wheat varieties depending on the conditions of mineral nutrition]. Naukovi pratsi MNAU. Ekolohiya [Scientific works of MNAU. Ecology], 244, 256, 81–84. [in Ukrainian].

Shakalii, S. M. (2017). Yakist zerna pshenytsi miakoi ozymoi za vykorystannia pozakorenevoho pidzhyvlennia v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Grain quality of soft winter wheat with the use of foliar fertilization in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Naukovyy visnyk Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine], 1, 76–84. [in Ukrainian].

Yamkovyi, V. Yu., Buniak, O. I. & Yashchuk, N. O. (2021). Produktivnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia v livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Productivity and grain quality of winter wheat depending on foliar fertilization in the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Ahrarni innovatsiyi [Agrarian innovations], 5, 101–107. [in Ukrainian].

Отримано: 22 квітня 2023

Прийнято: 31 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

ЕКОЛОГІЯ

УДК: 574.6+574.5

DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.186-198

ECOLOGICAL STRATEGIES OF PLANTS IN THE PROCESS OF RESTORATION OF DISRUPTED NATURAL ECOSYSTEMS OF UKRAINIAN POLISSIA

Kotsiuba Iryna¹, Khomiak Ivan², Bren Angelina³, Shamonina Maria⁴

Tasks related to the restoration of disturbed natural ecosystems are of theoretical and practical importance. Traditional approaches to remediation are often utilitarian. We often observe that the natural processes of ecosystem restoration occur faster and with better quality than those carried out by humans under similar conditions. The purpose of our work is to investigate the role of plants that have different ecological strategies during the process of restoration of disturbed ecosystems. The following tasks were outlined to achieve this goal: to identify groups of plants with different ecological strategies involved in the restoration of natural vegetation; develop models of vegetation restoration using plants with different ecological strategies. The materials of our research are standard geobotanical descriptions made on the territory of Ukrainian Polissia in the period from 2004 to 2023. We consider environmental strategies more broadly than R. Whittaker, L. H. Ramensky, J. Grim and E. Pianki in their classic works. The ecological strategies of plants differ in the way of spreading and reproduction, as well as in the signs of fixation on the soil; by methods of energy reservation; changing the environment around itself. The rate of restoration of natural ecosystems, as well as their characteristics, depend on the configuration of the disturbed area, the substrate of its surface, and the adaptive strategies of the plants that fall on it. The classification of adaptive strategies of species that affect the process of restoration of natural ecosystems is formed on the basis of the variety of methods of reproduction and distribution of fruits and seeds of autotrophs, as well as the peculiarities of their energy distribution in the reproduction process. The change in ecological strategies of species is because ecosystems are dynamic systems,

¹ Candidate of biological Sciences (PhD in Biology),
senior lecturer at the Department of Ecology and Geography
(Zhytomyr Ivan Franko State University)
e-mail: is-p-ko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1875-4973

² Candidate of biological Sciences (PhD in Biology), docent,
Associate Professor at the Department of Ecology and Geography
(Zhytomyr Ivan Franko State University),
e-mail: khomyakivan@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0080-0019

³ student of higher education
(Zhytomyr Ivan Franko State University),
e-mail: angelina089brn@ukr.net
ORCID: 0009-0001-6999-394X

⁴ student of higher education
(Zhytomyr Ivan Franko State University)
e-mail: mb646224@gmail.com
ORCID: 0009-0008-7886-4112

therefore, during primary successions; disturbed ecotopes are most successfully populated by patient species, and during secondary ones by exsperient species and violent species. Plants penetrate the primary substrate with the help of seeds, spores, or vegetative organs (most often rhizomes). In the early stages of primary succession, the seeds and spores of patient species are the most successful – those with low competitiveness and can achieve reproductive and vegetative success outside the communities.

The balance of the amount of energy of Polissia pioneer patients is often shifted from supporting the vegetative part of the body to its seeds. Species that spread to pioneer substrates using rhizomes do not have such a limitation because they share a common distribution of matter and energy with the pioneer part of the community. Those species on the primary substrate, having no competitors, actively photosynthesize and share carbohydrates, while those on the formed substrate and have many competitors for solar energy share water and mineral nutrients. Global climate changes, which lead to xerophytization of Polissia and warm winters with little snow, are becoming an obstacle to the rapid natural restoration of pine forest ecosystems in large areas of disturbed areas.

Key words: adaptation, reclamation, succession, modelling of vegetation dynamics

ЕКОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ РОСЛИН У ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Коцюба І.Ю., Хом'як І.В.*, Брень А.А., Шамоніна М.І.

Завдання, пов'язані із відновленням порушених природних екосистем мають теоретичне та практичне значення. Традиційні підходи до відновлення порушень частіше за все проявляють утилітарний підхід. Часто доводиться спостерігати за природними процесами відновлення екосистем, які відбуваються швидше і якісніше ніж ті, що здійснюються людиною в аналогічних умовах. Метою роботи є дослідження ролі рослин із різними екологічними стратегіями в процесах відновлення порушених екосистем. Для досягнення поставленої мети були окреслені наступні завдання: визначити групи видів із різними екологічними стратегіями, які беруть участь у відновленні природної рослинності; розробити моделі відновлення рослинного покриву із використанням рослин із різними екологічними стратегіями. Матеріалами дослідження є стандартні геоботанічні описи, зроблені на території Українського Полісся в період із 2004 по 2023 роки. Ми розглядаємо екологічні стратегії ширше, ніж це подається в класичних роботах Р. Віттекера, А. Г. Раменського, Дж. Грайма та Е. Піанки. Вони відрізняються за способом поширення та розмноження, а також за ознаками фіксації на ґрунті; за способами резервування енергії; за зміною середовища в районі фітополя. Темпи відновлення природних екосистем, а також їхні характеристики залежать від конфігурації порушеної території, субстрату її поверхні та адаптивних стратегій рослин, які на неї потрапляють. Класифікація адаптивних стратегій видів, які впливають на процес відновлення природних екосистем, формується на основі різноманітності способів розмноження та поширення плодів і насіння автотрофів, а також особливостей їхнього розподілу енергії в процесі репродукції. Зміна екологічних стратегій видів обумовлена тим, що екосистеми є динамічними системами, тому під час первинних сукцесій порушені екотопи найбільш успішно заселяють види-патієнти, а під час вторинних види-експлеренти та види-віоленти. На первинний субстрат рослини проникають за допомогою насіння, спор або вегетативних органів (частіше за все кореневиць). На ранніх стадіях первинної сукцесії найбільший успіх має насіння та спори патієнтів – тих, які мають низьку конкурентоздатність та спроможні досягати репродуктивного і вегетативного успіху за межами угруповання. Баланс кількості енергії поліських піонерних патієнтів часто зміщений від підтримки вегетативної частини організму до його насіння. Види, які поширюються на піонерні субстрати за допомогою кореневиць, не мають такого зміщення, тому що мають спільний розподіл речовини та енергії із піонерною частиною спільноти. Види на первинному субстраті, не маючи конкурентів, активно фотосинтезують і діляться вуглеводами, а ті що знаходяться на сформованому субстраті і мають багато конкурентів за сонячну енергію діляться водою та мінеральними елементами живлення. Глобальні зміни клімату, які призводять до ксерофітизації Полісся та малосніжних теплих зим, стають на перешкоді швидкому природному відновленню екосистем соснових лісів на великих за площею порушених ділянках.

Ключові слова: адаптація, рекультивація, сукцесія, моделювання динаміки рослинності.

Introduction

The process of harmonizing relations between mankind and the environment is multifaceted and includes many different aspects. In some cases, we have theoretical problems that are related to the natural youth of the science of ecology. In other cases, we have application problems. Applied problems arise when we have not yet found algorithms the practical application for known theoretical propositions. However, there are such problems of human relations with the environment, during the solution of which we will receive new ecological theories and technologies. Tasks related to the restoration of disturbed natural ecosystems belong to this group of problems (Bell et al., 1997). Since violations occur both under the influence of human activity and without it, the comparison of these two processes is of great interest to science (Khomiak, 2022).

The restoration of ecosystems is a natural process that is present at all stages of the development of life on our planet and beyond. The spread of organisms on the surface of the planet began at the moment of their emergence. Thus, natural ecosystems were formed on lifeless landscapes. When, as a result of lithospheric, atmospheric, or cosmic factors, ecosystems were partially or completely destroyed, the settlement process began again. In addition, even established ecosystems that are close to each other are constantly competing for territory, trying to displace each other. Their struggle cannot be directly compared to the competition at the species level. The exception is cases when invasive transformers species are edifiers of newly formed ecosystems. And also, we observe several processes of dynamics, as a result of which one ecosystem replaces another. Thus, research and modeling of the processes of restoration of natural ecosystems after disturbances is an excellent tool for

developing a theory of their dynamics (Hobbs, 2004).

Anthropogenic impact on ecosystems often resembles catastrophic natural processes. Here we are talking, first of all, about activities that lead to the destruction of the soil cover, as well as to the destruction or reduction of living organisms in a certain area. The study of the mechanisms of the impact of human activity on the environment and the elimination of its consequences has not only been theoretical but also applied importance (Yu, 1999).

Traditional approaches to restoration of ecosystems after disturbances are most often utilitarian. We are talking about the use of reclamation to restore the fertility of the soil (arable land) or forest plantations (sources of commercial timber). In many cases, such a procedure is not only irrational but also impossible. For example, when it comes to long-term open mining of construction raw materials. It is mostly impossible to close such quarries with overburden and waste rock and soil from dumps and restore them as arable land or forests with commercial timber (Zhang et al., 2018). However, these artificially created landscapes have the potential to recreate quite rare and ecologically valuable habitats (Bren et al., 2022). In this case, restoration of natural ecosystems will have more promising advantages than classical reclamation, because they will correspond to the characteristics of landscapes (Khomiak et al., 2021).

The effectiveness of our restoration or reclamation efforts is another aspect of this problem (Cherniaieva et al., 2022). We often have to observe when the natural self-recovery of ecosystems occurs faster and better than what is done by humans (Asr et al., 2019). Consequently, our efforts often result in significant expenditure of resources and time, but have low reliability and efficiency (Cristea et al., 1990). We do not pay attention to this because of our

egocentrism and "earthly chauvinism". We hear enthusiastic stories about successful projects and never hear about the numerous failures of similar approaches in conversations with proponents of various ecosystem restoration methods (Baasc et al., 2012). Often imperfect methods of restoration and reclamation are successful because their success is made possible by the autonomous natural process of ecosystem formation that occurs simultaneously with human intervention (Leshchenko & Khomiak, 2021).

Nature compensates for imperfect methods when human actions prove ineffective or fail. This creates the illusion of successful human activity. In fact, it's wasted time, effort, and resources that could be used elsewhere (Zolenko & Khomiak, 2021). We need to create models of their settlement by autotrophs in order to increase the efficiency of the process of restoration and reclamation of disturbed ecosystems. A main characteristic of autotrophs for such models will be their ecological strategy (Guo et al., 2018; Bondar & Khomiak, 2021).

The purpose of the article: to investigate the role of plants with different ecological strategies in the processes of restoration of disturbed ecosystems.

In accordance with the goal, the following tasks were set:

- Identify groups of species with different ecological strategies involved in the restoration of natural ecosystems
- Develop ecosystem restoration models using plants with different ecological strategies.

Research material and methods.

The research materials are standard geobotanical descriptions made and the territory of the Ukrainian Polissia in the period from 2004 to 2023. We made geobotanical descriptions on abandoned fields, mines and quarries (Khomiak, 2022). The materials were

collected using route-expedition, semi-stationary and stationary methods.

Geobotanical descriptions were analyzed using Turboveg for Windows (Hennekens & Schaminée, 2001). After the transformation of the general array of data, we divided it into separate classes according to the deductive principle on the basis of defined blocks of diagnostic species. Each class resulting from this division is divided into phytocenones (Braun-Blanquet, 1964). Phytocenones are elementary homogeneous units of vegetation. For the development of the syntaxonomic scheme, we used the "Vegetation Prodrome of Ukraine" (2019). The synphytoindicative analysis was carried out according to the principles laid down by J.P. Didukh and P.G. Plyuta (Didukh & Pliuta, 1994; Didukh & Khomiak, 2007) using the Simargl 1.12 program (Khomiak, 2018). Synphytoindication was carried out using the "EcoDBase 5d" database of the "Theory of Ecosystems" laboratory of Zhytomyr State University named after I. Franko (Khomiak, 2018; Khomiak et al., 2020).

Research results.

We consider environmental strategies more broadly than Robert Whittaker, L.G. Ramensky, J. Grime, and Eric Pianki in their classic works (Pianka, 2011; Grime & Pierce, 2012). We consider not only the competition between species for the distribution of resources within a specific ecotope, but also the specific methods of their competitive struggle. One of the biggest problems with the classic strategic triad is that it ignores ecosystem dynamics. On the one hand, at different stages of succession, the species playing the roles of violent, exploiters and patients change. On the other hand, the same species, even the same individual, of different ages and in different places in the successional series of ecosystems, can play different strategic roles (Table 1).

Table 1.

Distribution of species with different ecological strategies on abandoned fields on loess substrates of well-lit gentle slopes of the Central Polissia.

A type of ecological strategy	Stages of overgrowth of abandoned fields						
	Primary seed	Primary rhizome	Meadows	Meadows - Chamaephytes	Bushes	Derivative forests	Native forests
Violents	-	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould.	<i>Agrostis capillaris</i> L.	<i>Genista tinctoria</i> L.	<i>Salix caprea</i> L.	<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Quercus robur</i> L.
Experients	-	<i>Scleranthus annuus</i>	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould. <i>Agrostis capillaris</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Scleranthus annuus</i>	<i>Agrostis capillaris</i> L. <i>Agrostis capillaris</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Elymus repens</i> (L.) Gould. <i>Scleranthus annuus</i>	<i>Agrostis capillaris</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Genista tinctoria</i> L. <i>Elymus repens</i> (L.) Gould. <i>Betula pendula</i> Roth. <i>Polytrichum commune</i> Hedw	<i>Agrostis capillaris</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Genista tinctoria</i> L. <i>Elymus repens</i> (L.) Gould. <i>Salix caprea</i> L. <i>Polytrichum commune</i> Hedw	<i>Betula pendula</i> Roth. <i>Polytrichum commune</i> Hedw
Patients	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould. <i>Polytrichum commune</i> Hedw. <i>Scleranthus annuus</i>	<i>Polytrichum commune</i> Hedw	-	-	<i>Parmelia</i> sp.	<i>Parmelia</i> sp.	<i>Parmelia</i> sp.

Since ecosystems are dynamic systems where syngensis and endoecogenesis are constantly taking place, this causes a change in the ecological strategies of species. These

environmental changes lead to changes in the roles of species in phytocenosis (Khomiak et al., 2023). There is one environment here before the plant species entered here and another

environment after the plant species entered here. For example, the characteristics of the edaphotope have a very strong influence on the environment. During secondary successions, the edaphotope is already formed and has a supply of the necessary seeds. During primary successions, the substrate lacks necessary elements, and not all environmental indicators (edaphic factors) are in the optimum zone. Therefore, patient species most successfully populate the territory during primary successions of disturbed ecotopes. Other species, the seeds or vegetative parts of which fall into such conditions, die or are in a depressed state until the moment before the environmental conditions change. Here, the monolith of the substrate and its exposure has the greatest influence on the direction of ecosystem restoration (Table 2). We can divide such substrates into several groups conditionally. Vertical

and well-lit monoliths are the least favorable for endoechogenesis. Ecosystems with an autotrophic block in the form of terrestrial algae and lichens form here (Kapets et al., 2019). Here, the restoration of the natural vegetation of the climactic type occurs so slowly that it is customary to consider the state of such ecosystems as a catastrophic climax. On the horizontal outcrops of loess, on the contrary, the restoration of ecosystems occurs very quickly. Seeds or vegetative parts of plants located in neighboring areas, penetrating the loes substrate, form natural ecosystems without waiting for the completion of the endoechogenesis process. As a rule, these are the first stages of overgrowth of fallows: meadows and meadow-shrubs with isolated sparse undergrowth of trees and shrubs. An exception is the rapid formation of native forests, if the disturbed area is located on the edges of forests and meadows within the phytocfield of ecosystem engineer species.

Table 2.

Examples of plant species adapted for living on different types of primary substrates.

Types of primary substrates	Examples of plant species	
	Slope 45-90°	Slope 0-45°
Monolith	<i>Candelariella vitellina</i> (Ehrh.) Müll.Arg.	<i>Polytrichum commune</i> Hedw
Gravel	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	<i>Carex hirta</i> L.
Sand	<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw	<i>Elytrigia intermedia</i> (Host) Nevski
Loes	<i>Asplenium trichomanes</i> L.	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould.
Clay	<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) W.P. Schimp	<i>Populus tremula</i> L.

Plants penetrate the primary substrate with the help of seeds or vegetative organs (most often rhizomes) (Table 3). These two methods use completely different strategic approaches. In the early stages of primary succession, the seeds of patients are the most successful – those plants that have low competitive indicators but are able to achieve reproductive and vegetative success outside the grouping. The seeds of these plants are able to germinate in conditions of limited resources. Outside Polissia, these can be

species that produce a small number of fruits and seeds with large reserves of nutrients. For example, coconut palms, whose fruits are able to germinate on disturbed sands of ocean beaches. No such cases were recorded in the studied area.

Fruits transferred zoochorically have few chances during primary successions. In the process of secondary successions, this transfer occurs constantly. We can observe in the early stages of abandoned fields the presence of individual trees from the later stages

of succession (for example, *Quercus robur* L.). Most of the species, the seeds of which penetrate the primary substrate, have small sizes of vegetative organs and numerous adaptations for extreme environmental conditions. They produce different numbers of seeds. When we talk about betting on the number of seeds, we mean not their number, but the balance between energies. It is the balance of the energy that the organism spends on maintaining its existence and the energy that the organism spends on producing and dispersing fruit.

Rhizome species have no such limitations. Rhizome species operate according to the corporate principle. Individuals of plants on the primary substrate, having no competitors, actively photosynthesize, transferring carbohydrates through the common rhizome system. Individuals of plants that are combined with them, but are in a formed group, have many competitors for solar energy. However, they have a better supply of water and mineral nutrients. They share them with the pioneering part of their superorganism (Cherniaieva & Khomiak, 2021; Khomiak & Shamonina, 2021).

Table 3.

The plant species examples with different ways of spreading to disturbed ecotopes.

Types of plant species by distribution method	Subtypes of plant species distribution	Examples of plant species
Rhizome species	Rhizome species	<i>Carex hirta</i> L., <i>Elytrigia intermedia</i> (Host) Nevski, <i>Elymus repens</i> (L.) Gould.
Seed species	Small-seeded species	<i>Populus alba</i> L., <i>Populus nigra</i> L., <i>Salix fragilis</i> L.
	A multi-seeded species	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill., <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.

Once a species enters an area devoid of vegetation and becomes part of a successional series, it uses various ways to adapt to environmental conditions and increase its reproductive success. These methods differ in the method of fixation on the soil (stem-rooted and taproot-rooted); by methods of energy reserve (rhizome, rhizome, bulb); by change of the environment in the phytocenter area (turf, allelopathic) (Table 4). Plants use two approaches for fixation on the soil surface: to sink with one powerful root as deep as possible into the substrate or to fix themselves on it with numerous small roots. This choice is influenced by a large number of other factors: from the hydration of the substrate to the size of the organism itself.

The manner in which stored energy is handled is an equally important influence on the ecological strategy of pioneer plants. Some species of plants try to immediately realize the energy accumulated during one vegetative season as much as possible in seeds. Other species of plants, with its help, strengthen their ability to resist environmental pressure. Some use an intermediate option - the first year they accumulate underground phytomass, and in the second year they turn it into numerous seeds. Some species of plants accumulate energy in bulbs and use it to generate the next season in conditions of sharp fluctuations in environmental indicators caused by seasonal dynamics. In temperate climates, this most often applies to spring ephemerals. Most of them try to store energy in early spring,

while competition for sunlight is low. At different stages of restoration of natural ecosystems, there is a change in the ratio of species with different approaches to energy use. In the earliest stages of ecosystem restoration, most plants located here channel energy into seeds. Later, the maximum number of species appears, which make its short-term reserves in the underground parts. Species that use energy for individual resilience dominate the final stages of recovery after disturbances.

Some plants actively change the environment for their needs when they adapt to it. In this case, we are talking not only about the classic competition for light using different biomorphs. Due to the release of special substances into the soil (allelopathy), plants suppress the growth of competitors, and due to the formation of sod, plants block the path for the penetration of seeds of other species of plants.

Table 4.
Examples of plant species with different types of adaptation strategies.

Survival strategies on a new substrate	Examples of plant species
Rhizomatous	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould.
Seminal	<i>Stenactis annua</i> Nees
Taproot	<i>Betula pendula</i> Roth.
Fibrous-root	<i>Festuca pratensis</i> Huds.
Bulbous	<i>Allium oleraceum</i> L.
Rhizomatous-stallion	<i>Daucus carota</i> L.
Allelopathic	<i>Solidago canadensis</i> L.
Sodden	<i>Dactylis glomerata</i> L.

In the early stages of the restoration of natural ecosystems, the pace of changes and the quality composition of the autotrophic block depends on the method of seed transfer. The transfer of seeds can occur through the air (anemochory), on the surface of the soil or snow, with the help of water (hydrochory), animals (zoochory), and gravity. Since the adaptations to spread in different species differ, we observe its annual transfer of seeds to different distances. If the disturbed site occupies a large area, then its settlement by such species occurs unevenly. Its periphery is populated much more densely and earlier than the parts remote from the edges. Some species spread their seeds exclusively within their phytocfield, while others are able to do so over considerable distances.

A special situation with the distribution of *Pinus sylvestris* L. on disturbed soils. There is a relationship between the presence of snow cover in the second half of winter and the spread

of pine seeds. In winters with little or no snow, pine seeds spread only a few meters from the mother tree. In other cases, several seeds spread a few hundred meters. Global climate changes, which lead to xerophytization of Polissia and warm winters with little snow, are becoming an obstacle to the rapid natural restoration of ecosystems on large areas. For example, according to the forecast of 2015, to the southeast of the village of Novoselytsia (Zhytomyr district, Central Polissia), multi-aged pine forests of association *Dicrano-Pinetum* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957 (class *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939) and mesoxerophytic meadows of the union *Agrostion vinealis* Sipaylova, Mirk., Shelyag et V.Sl. 1985 (class *Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx 1937) should have formed on the fallows.

However, during the survey in 2023, we observe a predominance of *Nardus* swards of the association *Calluno-Nardetum* Hrync 1959 (*Nardetea*

strictae Rivas Goday et Borja Carbonell in Rivas Goday et Mayor López.1966), between which there are islands of pine forests of the association *Cladonio-Pinetum* Juraszek 1927, with pine trees over 15 years old. This is due to xerophytization processes that have dominated this area for the past 12-15 years. The spread of pine has practically stopped, so we see 1-3 year old growth only near the mother trees. Since these are sod-podzolic soils with a well-drained sandy base, the irregularity of precipitation and high summer temperatures led to a decrease in the long-term moisture regime. That is why psammophytic patient plants prevail here instead of meso-xerophytic exsperants and violent.

Conclusions.

The rate of restoration of natural ecosystems, as well as their characteristics, depend on the configuration of the disturbed area, the substrate of its surface, and the adaptive strategies of the plants that fall on it.

The classification of adaptive strategies of species that affect the process of restoration of natural ecosystems is formed on the basis of the variety of methods of reproduction and distribution of fruits and seeds of autotrophs, as well as the peculiarities of their energy distribution in the reproduction process.

The change in ecological strategies of species is because ecosystems are

dynamic systems, therefore, during primary successions; disturbed ecotopes are most successfully populated by patient species, and during secondary ones by exsperant species and violent species.

Plants penetrate the primary substrate with the help of seeds, spores, or vegetative organs (most often rhizomes). In the early stages of primary succession, the seeds and spores of patient species are the most successful – those with low competitiveness and can achieve reproductive and vegetative success outside the communities. The balance of the amount of energy of *Polissia* pioneer patients is often shifted from supporting the vegetative part of the body to its seeds. Species that spread to pioneer substrates using rhizomes do not have such a limitation because they share a common distribution of matter and energy with the pioneer part of the community. Those species on the primary substrate, having no competitors, actively photosynthesize and share carbohydrates, while those on the formed substrate and have many competitors for solar energy share water and mineral nutrients.

Global climate changes, which lead to xerophytization of *Polissia* and warm winters with little snow, are becoming an obstacle to the rapid natural restoration of ecosystems in large areas of disturbed areas.

Список використаних джерел

Бондар С. С., Хом'як І. В. Тератрансформаційні стратегії освоєння незаселених субстратів. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених "Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції". Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 16.

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

Дідух Я. П., Хом'як І. В. Оцінка енергетичного потенціалу екотопів залежно від ступеня їх гоміогенності на прикладі Словчансько-Овруцького краю. *Укр. ботан. журн.* 2007. №1. С. 235–243.

Золенко І., Хом'як І. В. Перспективи використання *Tusilago farfara* L. з метою тератрансформації та рекультиваци. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених "Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції". Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 32.

Лещенко Д., Хом'як І. В. Рекультивацийний та тератрансформаційний потенціал *Carex hirta* L. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої

освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”. Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 54.

Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. І. В. Хом'як та ін. *Екологічні науки*. 2020. № 5 (32). Т.1. С. 136–141.

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

Хом'як І. В., Онищук І. П., Медвідь О. В. Зміна вектора динаміки автогенної сукцесії екосистем під впливом скиду зворотних вод. *Екологічні науки*. 2023. № 1(46). С. 49-52.

Хом'як І. В. Екосистемологія: навчальний посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 235 с.

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

Динаміка відновлюваної рослинності піщаних кар'єрів Житомирського Полісся. І. В. Хом'як та ін. *Екологічні науки*. 2021. № 6 (39). С. 204-207.

Хом'як І. В., Шапоніна М. І. Тератрансформаційний потенціал представників роду осокові (Carex). Тези *Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”*. Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 12.

Хом'як І. В. Синтаксономія відновлюваної рослинності кар'єрів Центрального Полісся. *Український ботанічний журнал*. 2022. 79(3). С. 142–153.

Черняєва О.П., Зеленко І.І., Лещенко Д.І., Хом'як І. В. Відновлення природної рослинності на порушених екотопах основа для тератрансформаційних моделей. Матеріали *II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку»*. Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 56-59.

Черняєва О. П., Хом'як І. В. Тератрансформаційний потенціал *Elytus repens* (L.) GOULD. Тези *Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”*. Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 18.

Asr E. T., Kakaie R., Ataei M., Mohammadi M. R. T. A review of studies on sustainable development in mining life cycle. *J. Clean. Prod.* 2019. 229. P. 213-231.

Baasc A., Kirmer A., Tischer S. Nine years of vegetation development in a postmining site: Effects of spontaneous and spontaneous and assisted site recovery. *Journal of Applied Ecology*. 2012. 49. P. 251 – 260.

Bell S. S., Fonseca M. S., Motten L. B. Linking Restoration and Landscape ecology. *Restoration Ecology*. 1997. V. 5(4). P. 318–323.

Braun-Blanquet J. Grundzüge der Vegetationskund. In: *Pflanzensoziologie*. Ed. J. Braun-Blanquet. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1964. 865 pp.

Bren A., Khomiak I., Khomiak O. Modern tendencies of changes of methodological approaches to studying of the restoration natural vegetation in post-mining areas. Матеріали *II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку»*. Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 10-12.

Cristea V., Hodisan I., Pop I., Bechis E., Groza G., Galan P. The ecological reconstruction of mining waste dumps. I. The development of spontaneous vegetation. *The Botanical Contributions, University of Cluj-Napoca Botanical Garden*. 1990. P. 33-38.

Eric R. Pianka. *Evolutionary Ecology* 7-th edition. 2011. eBook. 513 p. (available from Google) [Electronic resource]. <https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=giFL5bonGhQC&oi=fnd&pg=PA1&ots=NCcWyqCQGx&sig=u2W5X6yjbDcdXngzI-1Mc6NNXII#v=onepage&q&f=false> (Access date 06.04.2023)

Grime J. P. & Pierce S. *The Evolutionary Strategies that Shape Ecosystems*. UK: Wiley-Blackwell, 2012. 241 pp.

- Guo X. M., Zhang K. J., Yu H. Implementing the system of rural revitalization strategy and systematic understanding. *J. Rural Economy*. 2018. 01. P. 1-20.
- Hennekens S. M. TURBOVEG for Windows. Version 2. Ed. S.M. Hennekens. Wageningen: Inst. voor Bos en Natur, 2009. 96 pp.
- Hobbs R. J. Setting effective and realistic restoration goals: Key directions for research. *Restoration Ecology*. 2004. 15. P. 354–357.
- Khomiak I., Harbar O., Demchuk N., Kotsiuba I., Onyshchuk I. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. Vol. 25. 1 (57). P. 136–146.
- Kapets N. V., Barsukov O. O., Vynokurov D. S., Khomyak I. V. Pioneer lichen communities of the Teteriv River Basin (Ukraine). *Acta Botanica Hungarica*. 2018. 60(3–4). P. 331–355.
- Yu K. Landscape ecological security pattern in biological conservation. *Acta Ecol. Sin.* 1999. 19. P. 10-17.
- Zhang Q., Zhang T., Li X. Index system to evaluate the quarries ecological restoration. *Sustainability*. 2018. 10. P. 3–11.

References (translated & transliterated)

- Asr, E. T., Kakaie, R., Ataei, M. & Mohammadi, M. R. T. (2019). A review of studies on sustainable development in mining life cycle. *J. Clean. Prod.*, 229, 213-231. [in English].
- Bondar, S. S. & Khomiak, I. V. (2021). Teratransformatsiini stratehii osvoiennia nezaselenykh substrativ. [Teratransformation strategies for the development of uninhabited substrates]. Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh "Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehratsii" [Abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "Sustainable development of the country within the framework of European integration"], 16. [in Ukrainian].
- Cherniaieva, O. P., Zolenko, I. S., Leshchenko, D. I. & Khomiak, I. V. (2022). Vidnovlennia pryrodnoi roslynnosti na porushenykh ekotopakh – osnova dlia teratransformatsiinykh modelei [Restoration of natural vegetation on disturbed ecotopes is the basis for teratransformation models]. Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ukrainske Polissia: problemy ta trendy suchasnoho rozvytku» [Materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference "Ukrainian Polissia: problems and trends of modern development"], 56-59. [in Ukrainian].
- Cherniaieva, O. P. & Khomiak, I. V. (2021). Teratransformatsiinyi potentsial *Elymus repens* (L.) GOULD [Teratransformation potential of *Elymus repens* (L.) GOULD]. Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh "Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehratsii" [Abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "Sustainable development of the country within the framework of European integration"], 18. [in Ukrainian].
- Didukh, Ya. P. & Pliuta, P. H. (1994). Fitoindykatsiia ekolohichnykh faktoriv [Phytoindication of environmental factors]. Kyiv. [in Ukrainian].
- Didukh, Ya. P. & Khomiak, I. V. (2007). Otsinka enerhetychnoho potentsialu ekotopiv zalezhno vid stupenia yikh hemerobii na prykladi Slovechansko-Ovrutskoho kriazhu [Evaluation of the energy potential of ecotopes depending on the degree of their hemeroby on the example of the Slovechansk-Ovruch ridge]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal* [Ukrainian botanical journal], №1, 235–243. [in Ukrainian].
- Dubyna, D. V. ta in. (2019). Prodrumus roslynnosti Ukrainy [Prodrumus vegetation of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Zolenko, I. & Khomiak, I. V. (2021). Perspektyvy vykorystannia *Tusilago farfara* L. z metoiu teratransformatsii ta rekultyvatsii [Prospects for the use of *Tusilago farfara* L. for

the purpose of terra transformation and reclamation]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii здобувачів вищої освіти і молодих учених "Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehtatsii"* [Abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "Sustainable development of the country within the framework of European integration"], 32. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V., Onyshchuk, I. P. & Medvid, O. V. (2023). Zmina vektora dynamiky avtohennoi suktsepii ekosystem pid vplyvom skydu zvorotnykh vod [Change in the dynamics vector of autogenic succession of ecosystems under the influence of return water discharge]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], № 1(46), 49-52. [in Ukrainian].

Khomiak, I. V. (2022). *Ekosystemolohiia: navchalnyi posibnyk* [Ecosystemology: a study guide]. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka. [in Ukrainian].

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

Khomiak, I. V., Vasylenko, O. M., Harbar, D. A., Andriichuk, T. V., Kostyuk, 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 intehtrovanoho synfitoindykatsiinoho pokaznyka antropohennoi transformatsii [Methodological approaches to the creation of an integrated synphyto-indicative indicator of anthropogenic transformation.]. *Ekolohichni nauky* [Ecological sciences], 5(32), 1, 136–141. [in Ukrainian].

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

Khomiak, I. V. & Shamonina, M. I. (2021). Teratransformatsiyni potentsial predstavnykiv rodu osokovi (*Carex*) [Teratransformation potential of representatives of the genus *Carex*]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii здобувачів вищої освіти і молодих учених "Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehtatsii"* [Abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "Sustainable development of the country within the framework of European integration"], 12. [in Ukrainian].

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

Leshchenko, D. & Khomiak, I. V. (2021). Rekultyvatsiyni ta teratransformatsiyni potentsial *Carex hirta* L. [Reclamation and teratransformation potential of *Carex hirta* L.]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii здобувачів вищої освіти і молодих учених "Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehtatsii"* [Abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists "Sustainable development of the country within the framework of European integration"], 54. [in Ukrainian].

Baasc, A., Kirmer, A. & Tischer, S. (2012). Nine years of vegetation development in a postmining site: Effects of spontaneous and spontaneous and assisted site recovery. *Journal of Applied Ecology*, 49, 251–260. [in English].

Bell, S. S., Fonseca, M. S. & Motten, L. B. (1997). Linking Restoration and Landscape ecology. *Restoration Ecology*, 5(4), 318–323. [in English].

Braun-Blanquet, J. (1964). Grundzüge der Vegetationskund. In: *Pflanzensoziologie*. Ed. J. Braun-Blanquet. Berlin: Verlag von Julius Springer. [in English].

Bren, A., Khomiak, I. & Khomiak, O. (2022). Modern tendencies of changes of methodological approaches to studying of the restoration natural vegetation in post-mining areas. *Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ukrainske Polissia: problemy ta trendy suchasnoho rozvytku»* [Materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference "Ukrainian Polissia: problems and trends of modern development], 10-12. [in English].

Cristea, V., Hodisan, I., Pop, I., Bechis, E., Groza, G. & Galan, P. (1990). The ecological reconstruction of mining waste dumps. I. The development of spontaneous vegetation. *The Botanical Contributions, University of Cluj-Napoca Botanical Garden*, 33-38. [in English].

Eric, R. (2011). Pianka. Evolutionary Ecology. 7-th edition. eBook. [Electronic resource] URL: <https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=giFL5bonGhQC&oi=fnd&pg=PA1&ots=NCcWyqCQGx&sig=u2W5X6yjbDcdXngzI-lMc6NNXII#v=onepage&q&f=false> (Access date 20.05.2023) [in English].

Grime, J.P. & Pierce, S. (2012). The Evolutionary Strategies that Shape Ecosystems. UK: Wiley-Blackwell. [in English].

Guo, X. M., Zhang, K. J. & Yu, H. (2018). Implementing the system of rural revitalization strategy and systematic understanding. *J. Rural Economy*, 01, 1-20. [in English].

Hennekens, S. M. (2009). TURBOVEG for Windows. Version 2. Ed. S.M. Hennekens. Wageningen: Inst. voor Bos en Natur. [in English].

Hobbs, R. J. (2004). Setting effective and realistic restoration goals: Key directions for research. *Restoration Ecology*, 15, 354–357. [in English].

Kapets, N. V., Barsukov, O. O., Vynokurov, D. S. & Khomyak, I. V. (2018). Pioneer lichen communities of the Teteriv River Basin (Ukraine). *Acta Botanica Hungarica*, 60 (3–4), 331–355. [in English].

Yu, K. (1999). Landscape ecological security pattern in biological conservation. *Acta Ecol. Sin.*, 19, 10-17. [in English].

Zhang, Q., Zhang, T. & Li, X. (2018). Index system to evaluate the quarries ecological restoration. *Sustainability*, 10, 3–11. [in English].

Отримано: 14 квітня 2023

Прийнято: 24 квітня 2023



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№3
Український журнал природничих наук
№3

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

УДК 502/504-026.564(477.82-72)
DOI 10.32782/naturaljournal.3.2023.199-212

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО СТІЙКОГО РОЗВИТКУ КОВЕЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

В. О. Фесюк¹, З. К. Карпюк², С. В. Шуліковський³

Екологічно безпечний стійкий розвиток важливий для досягнення на глобальному, національному і локальному рівнях. В наш час екологічні проблеми стають одним з чинників, що гальмують економічний розвиток України та її рух в напрямку до європейської спільноти. Масштабні реформи в багатьох сферах та інтеграція до ЄС вимагають від України нових рішень та практичних кроків, спрямованих на формування екологічно безпечного довкілля. Наша держава активно приєдналася до глобального процесу сприяння сталому розвитку. На рівні місцевої громади виконання цілей сталого розвитку здійснюється шляхом розробки та фінансування відповідних місцевих програм. Метою статті є обґрунтування заходів стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської територіальної громади. Для досягнення мети необхідно оцінити особливості природних умов та господарське освоєння досліджуваної території, проаналізувати екологічні проблеми громади, обґрунтувати шляхи стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської територіальної громади. Застосовано методи: картографічний, конструктивно-географічний, математичного моделювання, геоінформаційного моделювання, дистанційного зондування Землі, SWOT-аналіз, експертних оцінок. Результатом дослідження є виділення екологічних проблем, що стоять перед громадою найгостріше. Наукова новизна полягає у обґрунтуванні шляхів стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської територіальної громади. Практична значущість дослідження передбачає можливість використання його результатів для розробки стратегій використання природних ресурсів, розробки місцевих екологічних програм, підготовки проектних пропозицій для участі в грантових конкурсах.

Ключові слова: об'єднана територіальна громада, стійкий екологічно безпечний розвиток, екологічний стан території екологічні проблеми, шляхи вирішення екологічних проблем.

¹ доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії
Волинський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)
e-mail: fesyuk@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3954-9917

² кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної географії
Волинський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)
e-mail: karpuyk.zk@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8073-3129

³ магістрант кафедри фізичної географії
Волинський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)
ORCID: 0009-0004-2521-8257

PROBLEMS AND PROSPECTS OF ENVIRONMENTALLY SAFE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE KOVEL TERRITORIAL COMMUNITY**V. O. Fesyuk, Z. K. Karpyuk, S. V. Shulikovsky**

Environmentally safe sustainable development is important to achieve at the global, national and local levels. Nowadays, environmental issues are becoming one of the factors hindering Ukraine's economic development and its movement towards the European community. Large-scale reforms in many areas and integration into the EU require Ukraine to take new decisions and practical steps to create an environmentally friendly environment. Our country has actively joined the global process of promoting sustainable development. At the local community level, the implementation of sustainable development goals is carried out through the development and financing of relevant local programs. The purpose of the article is to substantiate the measures of sustainable environmentally safe development of the Kovel territorial community. To achieve this goal, it is necessary to assess the peculiarities of natural conditions and economic development of the studied territory, to analyze the environmental problems of the community, to substantiate the ways of sustainable environmentally sound development of the Kovel territorial community. Methods used: cartographic, constructive-geographical, mathematical modeling, geoinformation modeling, remote sensing, SWOT analysis, expert evaluation. The result of the study is the identification of the most pressing environmental problems facing the community. The scientific novelty is to substantiate the ways of sustainable environmentally safe development of the Kovel territorial community. The practical significance of the study provides for the possibility of using its results to develop strategies for the use of natural resources, develop local environmental programs and prepare project proposals for participation in grant competitions.

Keywords: united territorial community, sustainable ecologically safe development, ecological state of the territory, ecological problems, ways of solving ecological problems.

Вступ.

Досягнення екологічно безпечного стійкого розвитку важливе на різних рівнях організації суспільства – від глобального і національного до локального (для місцевих громад). Інтенсивне використання природних ресурсів промисловістю, енергетикою і сільським господарством протягом десятиліть супроводжувалось значним техногенним впливом на довкілля. Він зумовив розвиток катастрофічних екологічних ситуацій і руйнування природних екосистем. Чітко простежується сучасна негативна тенденція: екологічні проблеми стають одним з чинників, що гальмують економічний розвиток України та її євроінтеграційний поступ. Масштабні реформи в багатьох сферах та інтеграція до ЄС вимагають від України нових рішень та практичних кроків, спрямованих на формування екологічно безпечного довкілля. Наша держава, так само як і інші члени ООН, активно приєдналася до глобального процесу сприяння сталому розвитку. На рівні місцевої громади

виконання цілей сталого розвитку здійснюється шляхом розробки та фінансування відповідних місцевих програм. Місцева влада, яка перебуває в безпосередньому контакті з громадою, володіє унікальним розумінням того, які саме розвиткові проблеми потребують негайного вирішення та в якому порядку. Ковельська ТГ, як одна із спроможних громад Волинської області, має гарні перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку. Водночас для неї властивий цілий ряд екологічних проблем.

Природні умови та екологічний стан досліджуваної території розглядається в багатьох наукових публікаціях. Зокрема, особливості природних умов описані в роботах (Шульгач, 2015; Сучасний ..., 2016). Гідроекологічний стан річок досліджено в монографіях (Мольчак і Мігас, 1999, Поверхневі..., 2019), природно-заповідний фонд території та локальна екомережа проаналізовані в монографії (Карпюк і Фесюк, 2023). Детальному дослідженню сучасного

екологічного стану та перспектив екологічного безпечного стійкого розвитку Волинської області, у т.ч. і Ковельської ТГ, присвячена монографія за ред. В. О. Фесюка (Сучасний ..., 2016). Вплив техногенної діяльності на стан довкілля м. Ковеля розглядається в статті (Волощинська, 2007), оцінка забруднення атмосферного повітря м. Ковель (Голуб і Голуб, 2017), забруднення р. Турія (Нетробчук і Миколюк, 2018), сучасний екологічний стан м. Ковель (Мольчак і Мисковець, 2020). За кордоном традиційно багато в науковій періодиці приділяють уваги питанням стійкого екологічно безпечного розвитку територіальних громад та його складових. Наприклад, у роботі (Herrera-Gutiérrez et al. 2023) розглядаються різноманітні аспекти сталого розвитку міст, виклики, цілі та дії в різних сферах політики, інтегровані міські ініціативи ЄС, що є також важливим в контексті євроінтеграційних прагнень України. Стаття (Morano et al. 2023) присвячена екологічній оцінці в плануванні міських проектів на прикладі м. Рим. Цікавою є й робота (Yan et al. 2023), в якій розглядається створення сталих сільських громад. До складу досліджуваної ТГ крім м. Ковель входять і приміські села. Якщо питання екологічного стану м. Ковель більш-менш досліджені, то екологічні проблеми сільської місцевості практично не вивчалися. У статті (Timsina & Weerahewa, 2023) піднімається важливе питання про відновлення старих меліоративних систем для сталого розвитку агроєкосистем. Це актуально й для Ковельської ТГ, тут функціонують 9 внутрішньогосподарських осушувальних систем загальною площею 7094,8 га.

При відносно непоганій вивченості території дослідження в контексті фізичної географії та екології, наукові праці, присвячені оцінці екологічного стану саме Ковельської ТГ (не м. Ковель) на

сьогодні відсутні. Частково цей факт пояснюється тим, що територіальна громада створена не так давно, вкінці 2020 р. Тому потребують подальшого дослідження питання перспектив екологічно безпечного стійкого розвитку Ковельської ТГ та розробки заходів для його досягнення.

Мета статті.

Метою статті є обґрунтування заходів стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської ТГ. Для цього необхідно виконати наступні завдання:

- оцінити особливості природних умов та господарське освоєння Ковельської ТГ;
- проаналізувати екологічні проблеми громади;
- обґрунтувати шляхи стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської ТГ.

Матеріал та методи.

Для дослідження використані матеріали Ковельської ТГ, Ковелької райдержадміністрації, управління екології та природних ресурсів Волинської ОДА, Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області, картографічні матеріали електронних картографічних сервісів (Google Map, OpenStreetMap, ArcGIS online), супутникові знімки території (Google Earth Pro). Застосовано методи: картографічний, конструктивно-географічний, математичного моделювання, геоінформаційного моделювання, дистанційного зондування Землі, SWOT-аналіз, експертних оцінок.

Результати.

Із метою детального аналізу проблем та перспектив екологічно безпечного стійкого розвитку обрано Ковельську територіальну громаду. Знаходиться вона в центрі Волинської області, складається із м. Ковель і приміських сіл (Білин, Колодниця, Доротище, Гішин, Зелена, Воля-Ковельська, Тойкут, Воля, Заріччя, Лапні, Любче, Ружин, Городилець, Клевецьк). Дата створення – 25.10.2020 р., площа громади

становить 316,7 км², чисельність населення – 74925 чол. (у т.ч. м. Ковель – 68919 чол.) (Паспорт ..., 2023).

Ковельська мТГ відрізняється від переважної більшості територіальних громад Волинської області тим, що є міською, формується навколо другого за величиною міста області. А тому для неї поєднані проблеми як міської так і сільської місцевості. Ковель – значний промисловий, транспортний та

інфраструктурний вузол. Це не тільки позитивно впливає на розвиток громади, але й спричиняє суттєвий антропогенний вплив, який погіршує екологічний стан. Для громади характерний високий рівень господарської освоєності та антропогенної трансформованості. Найвищий він, звісно ж, для самого м. Ковель. (рис. 1)

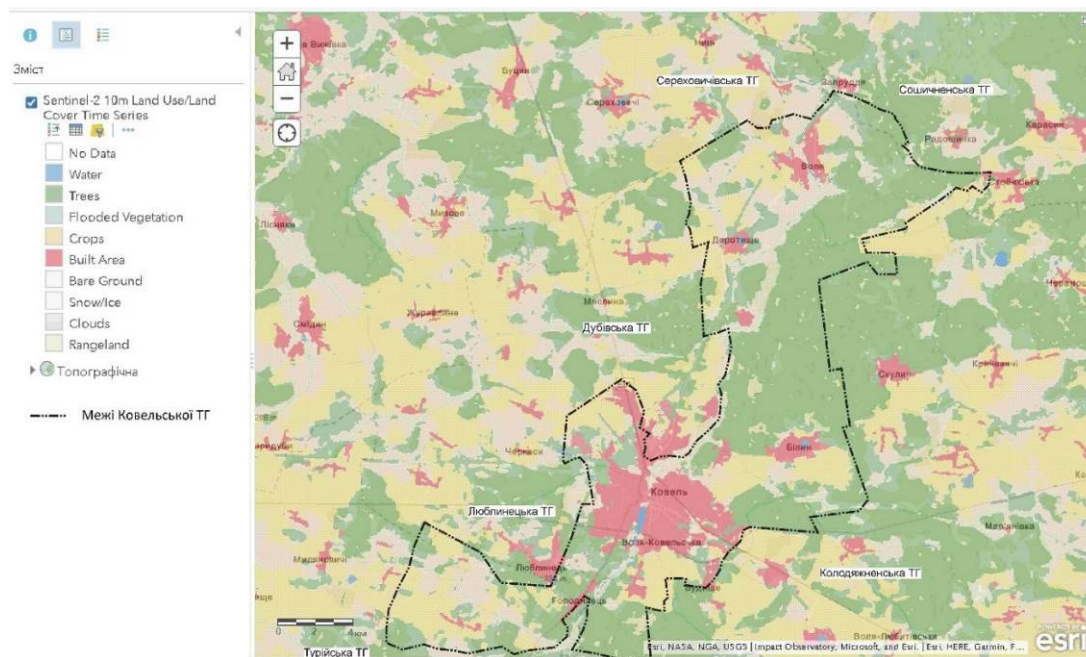


Рис. 1. Картосхема використання земель і структури земельного покриття (Land Use/ Land Cover) Ковельської ТГ, побудована в ArcGIS online (категорії земельного покриття табл. 1)

Таблиця 1.

Категорії використання земель і земельного покриття (Land Use/ Land Cover)

Категорії земель, виділені ArcGIS online	Відповідна категорія українською
No Data	Немає даних
Water	Водні об'єкти
Trees	Дерева (ліс)
Flooded Vegetation	Затоплена рослинність
Crops	С/г культури
Built Area	Забудовані ділянки
Bare Ground	Відкриті землі (без рослинного покриття)
Snow/Ice	Сніг/лід
Clouds	Хмари
Rangeland	Пасовища

У структурі земельного покриття (див. рис. 1) у північній частині ТГ

багато лісів, особливо на північному сході. В центральній частині

переважають забудовані землі м. Ковель та приміських сіл, меншою мірою поширені сільськогосподарські угіддя. В південній частині найбільша частка земель, що використовуються в сільському господарстві. Тобто характерне інтенсивне використання земельних угідь, значна частка екологічно нестабільних елементів ландшафту (промислових та селитебних зон, с.г. угідь), низька частка екологічно стабільних елементів (об'єктів і територій ПЗФ, лісів, боліт тощо). Це загострює ситуацію з використанням природних ресурсів і спричиняє формування цілої низки екологічних проблем.

За використанням природних ресурсів і впливом на довкілля в Ковельській ТГ виділяються дві частини, які відрізняються між собою: власне м. Ковель як урбанізована територія з усіма наслідками впливу урбанізації на довкілля; сільська частина ОТГ, де вплив урбанізації менш відчутний, проявляються екологічні проблеми, властиві сільській місцевості. Саме цій, сільській, частині також властивий високий рівень господарського освоєння. Перш за все сільськогосподарського, селитебного, меліоративного. Згідно схеми агроґрунтового районування Волинської області досліджувана територія відноситься до Ковельського агроґрунтового району, який займає найбільшу площу поліської частини області (Сучасний ..., 2016). Особливістю природних умов території району є близьке залягання карбонатних порід, які іноді виходять на поверхню. Ґрунтовий покрив мозаїчний. Рельєф – хвилястий, крейдяні горби чергуються з льодовиковими й еоловими формами рельєфу (озама, дюнами тощо). Підґрунтові води залягають тут на значних глибинах, розвантаження їх відбувається в пониженнях рельєфу і на заплавах рік. Характерний високий ступінь сільськогосподарської освоєності. Площа орних земель у розрізі територіальних громад становить 30-41%, іноді навіть 47-52%. Такі показники властиві, як правило, не для

північних поліських районів Волинської області, а для південних височинних. Ліси займають у розрізі окремих громад 15-34 % площі (Сучасний ..., 2016).

Тому особливості природних умов та історія розвитку спричинили інтенсивне землеробське освоєння території. Угіддя використовуються дуже інтенсивно, розораність перевищує екологічно допустимі нормативи. В структурі посівів переважає монокультура, що дуже виснажує ґрунти (ріпак, соняшник). У зв'язку зі зменшенням обсягів виробництва тваринництва невисока частка сінокосів і пасовищ. Всі ці чинники зумовлюють погіршення якості та деградацію ґрунтів (ерозії, дефляція), забруднення їх мінеральними добривами та отрутохімікатами.

Селитебна мережа досліджуваної території більш щільна порівняно з іншими громадами поліської частини Волинської області. Навколо м. Ковель сформувався потужний агропромисловий комплекс, про що свідчить наявність значної кількості земель сільськогосподарського призначення, діяльність потужних агровиробників. Аграрне виробництво є дуже важливим для рівня та якості життя населення громади, значна частка якого зайнята саме в сільському господарстві.

Території громади властивий високий рівень меліоративного освоєння. За даними Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області площа осушених земель громади становить 7094,8 га. Експлуатуються 9 внутрішньогосподарських осушувальних систем: Бобрівка, Воронка, Гончарний дренаж, Сорочий мох, Кричевичицька, Облапська, Грабівська, Гончарний дренаж Нива, Миляновичівська. Протяжність осушувальних каналів становить 189 км. Функціонують 180 гідротехнічних споруд. До осушення тут була поширена різноманітна багата рослинність, типова для Волинського Полісся, переважно луки та болота. Зараз на осушених землях переважає рілля, що використовується для

вирощування озимих зернових, зернобобових, картоплі, інших культур. Врожайність низька. На сінокосах і пасовищах переважають різнотравно-осоково-злакові та чагарникові асоціації. Площа сінокосів і пасовищ з року в рік скорочується через їх розорювання. Це є значною проблемою у використанні угідь меліоративних систем. Проектами осушувальних систем передбачено розорювання лише незначної частки осушених угідь, інші

землі – використовувати як сінокоси чи пасовища. Внаслідок розорювання посилюється деградація торфових ґрунтів, спрацювання торфу, зростає емісія парникових газів, виникають торфові та лісові пожежі. Окремі осушені ділянки не обробляються десятками років, канали замулились, зарослі, дренаж не ефективний, це зумовлює іноді підтоплення і вторинне заболочення території (рис2).

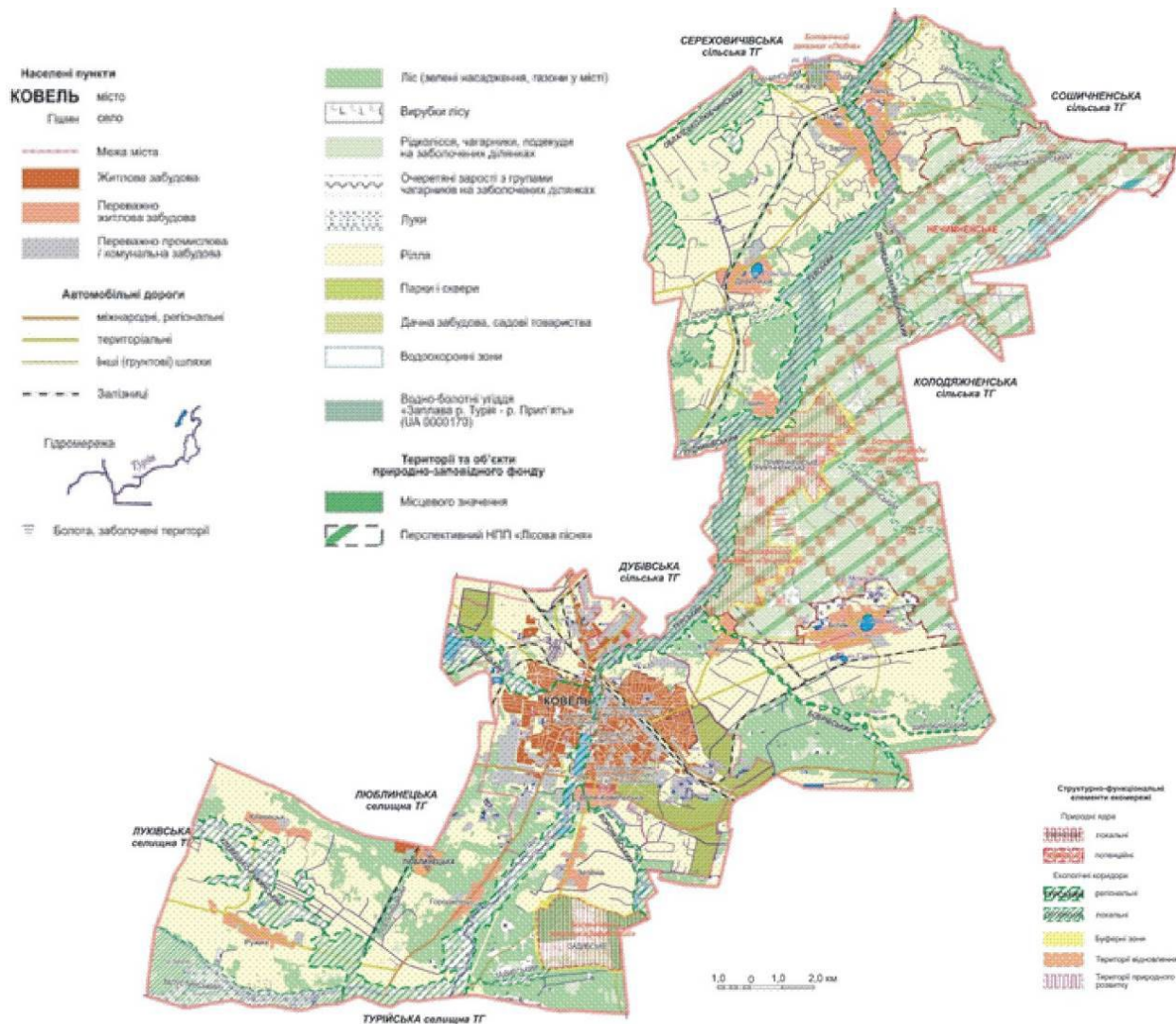


Рис. 2. Екологічна мережа Ковельської ТГ (Карпюк і Фесюк, 2023)

До складу природно-заповідного фонду громади входить лише 4 об'єкти місцевого значення: ландшафтний заказник «Прирічний» (площа 676 га, знаходиться у кв. 40-42, 67-69 Білинського лісництва), ботанічний заказник «Задібський» (площа 309 га,

знаходиться у кв. 22, 24, 30 Зеленівського лісництва), ботанічний заказник «Любче» (площа 43,7 га), ботанічна пам'ятка природи «Волога судіброва» (площа 1,2 га, знаходиться у кв. 51 Білинського лісництва) (Карпюк і Фесюк, 2023). Це дуже мало. Особливо з

врахуванням відносної збереженості ландшафтів території. Тому громаді властивий низький коефіцієнт заповідності території (3,25%). Для прикладу по Волинській області – 10,92%, Україні – 6,77%. Необхідно розширювати природно-заповідну мережу, збільшуючи площі існуючих та створюючи нові об'єкти і території ПЗФ.

У межах громади також знаходиться один із об'єктів Смарагдової мережі Волинської області – Заплава р. Турія – р. Прип'ять (UA0000170). Смарагдова мережа об'єднує цінніші території, де поширені види й оселища з переліку № 4 і № 6 додатків Бернської конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі.

Локальна екологічна мережа Ковельської ТГ (див. рис. 2) розроблена у роботі (Карпюк і Фесюк, 2023). Територією громади проходять Турський регіональний екологічний коридор і пов'язані з ним локальні екологічні коридори вздовж річок Воронки, Чорної, Рудки, Широкої, Дурниці. Екологічні коридори простягаються по заплавах згаданих рік, схилами, що до них прилягають, лісовими, болотними і лучними угіддями, чагарниковими зарослями. Також в межах громади знаходиться територія природного відновлення регіонального значення площею 18 га. Розміщується вона навколо Люблинецького родовища з видобутку крейди, яке розробляється трьома кар'єрами завглибшки до 7 м. На схід і північ від території громади розташовуються Волошківсько-Радощинське та Підріченське екологічні ядра регіонального значення, що представляють ландшафтне та біотичне різноманіття Любомльсько-Ковельського фізико-географічного району, на південній захід і південний схід – Мокрецько-Туричанське,

Соловичівсько-Радовичівське і Озерянське екологічні ядра Турійсько-Рожищенського фізико-географічного району. В межах самої Ковельської ТГ виділяється 3 вже існуючих природних ядра: «Прирічне», «Задібське», «Любче» і потенційне ядро «Нечимненське». Навколо них – смуги буферних зон (перехідних між природними і господарськими ландшафтів, з регульованим господарюванням) шириною 200-300 м. Призначені смуги для захисту ключових природних територій від негативного антропогенного впливу, їх можна використовувати для обмеженої рекреації, екологічного туризму, наукових досліджень. Екологічні проблеми Ковельської ТГ відображені на рис.3

Але найбільшого антропогенного впливу зазнає саме урбанізована частина громади. Забруднення атмосферного повітря відбувається внаслідок викидів забруднюючих речовин пересувними, стаціонарними організованими та неорганізованими джерелами м. Ковель. Статистичним обліком охоплені лише стаціонарні організовані джерела (промислові та комунальні підприємства). Найбільша кількість викидів здійснюється пересувними джерелами, на які припадає понад 90%. За даними Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2021 р. в атмосферне повітря в межах області викинуто 47,4 тис. т шкідливих речовин. Третина всіх викидів припадала на філію підприємства «Львівгазтранс», що знаходиться у м. Ковель. У розрахунку на одного мешканця Волинської області припадало по 36,6 кг викидів від пересувних джерел, у м. Ковелі – 49,8 кг.

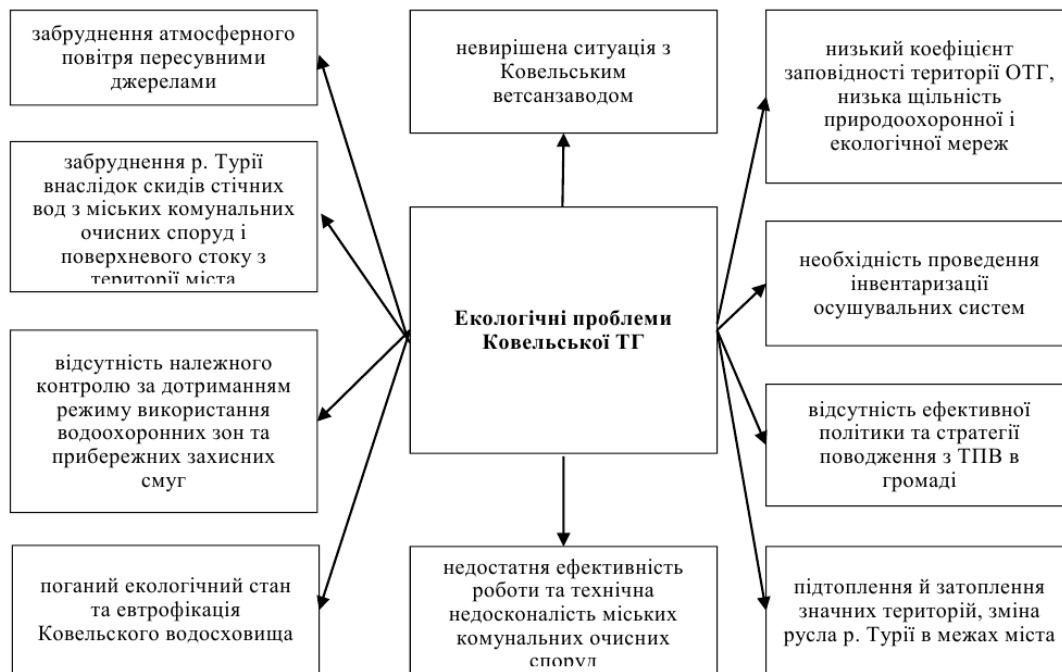


Рис. 3. Екологічні проблеми Ковельської ТГ

Також значними стаціонарними джерелами викидів є: ВАТ «Ковельський м'ясокомбінат (оксиди вуглецю), Ковельське залізничне депо (оксиди вуглецю і пила), Ковельська філія ДП «Укрветсанзавод», Ковельське УВКГ «Ковельводоканал», ПТМ «Ковельтепло», Полігон ТПВ КП «Добробут» (ур. Люблинець), ТзОВ «Західтепло», ДП «Ковельський лісгосп», СЛАТ «ТУР», Волинське ЛВУМГ, ПАТ «Укртрансгаз» (АГРС «Ковель»), Підстанція 330 кВт Ковель ДП НЕК «Укренерго» (Регіональна ..., 2021).

Протягом останнього десятиліття обсяги викидів зростають. За даними Регіональної доповіді у 2018 р. викиди в атмосферне повітря здійснювали 23 підприємства. Викинуто загалом 397,3 тис. т забруднюючих речовин, що на 12,2% більше, ніж у попередньому році. У структурі викидів: метану – 30,5%, сполук азоту 19,3%, неметанових летких органічних сполук – 15,1 %. Викиди CO₂, який чинить найбільший парниковий вплив, становили 46,7 тис. т (Регіональна ..., 2021).

Викиди від транспорту також зростають із року в рік. Вони спричиняють забруднення повітря

високотоксичними сполуками: бенз(а)піреном, чадним газом тощо. Погано впливають на здоров'я людини не тільки вихлопні гази транспорту, але й шум, що він генерує. Шум погіршує слух, сприяє розвитку гіпертонії, вегето-судинної дистонії, діабету, нервових захворювань. Основними джерелами шуму у місті є автомобільний транспорт, залізниця, промислові підприємства, майстерні. Тому найвище шумове забруднення характерно на вулицях з інтенсивним рухом транспорту, особливо на виїзді з міста та об'їзних трасах, де воно становить 75-85 дБ (Екологічний ..., 2021).

У статті (Волощинська, 2007) проаналізовано забруднення ґрунтів Ковельської урбоєкосистеми важкими металами. В усіх пробах ґрунту зафіксовано перевищення ГДК за вмістом Pb. Найбільший його вміст на території, що прилягає до залізниці (у 10,5 разів), найменший – на вул. Заводській (2,2 рази), але й тут перевищено фоновий рівень у 5,5 разів. Вміст Cu у ґрунтах також найбільший біля залізниці (у 4 рази), на вул. Т. Боровця (в 3,1 раза), уздовж автомагістралей (в 1,6 раза).

Концентрація Zn, Co, Cd і Mn в ґрунтовому покриві Ковеля не перевищує ГДК, але вміст Zn у ґрунтах перевищує геохімічний фон в 3-15 разів. Найбільше його в ґрунтах парку ім. Т. Г. Шевченка, біля залізниці (в 12,5 рази вище геохімічного фону). Вміст Co у 1,5-2,5 рази перевищує геохімічний фон, Cd – у 3,5 рази. Найзабрудненішими теж є ґрунти вздовж залізничних колій.

У 2018 р. у м. Ковель утворилося 8245,9 т відходів I-IV класів небезпеки, в т.ч. – 34,6 т відходів I-III класів небезпеки, 93,89 кг відходів усіх класів небезпеки утворилось на 1 особу. Простежується тенденція до зростання кількості відходів усіх класів небезпеки. Наприклад, у 2018 р. приріст у порівнянні із попереднім роком становив 4,6 %, у 2019 р. – 11,7 %, у 2020 р. – 43,9 % (Екологічний ..., 2021). Ріст відбувається переважно за рахунок відходів IV класу небезпеки, тобто, твердих побутових відходів. Можна зробити висновок, що у громаді відсутня ефективна політика поводження з ТПВ, не організований належним чином роздільний збір та переробка корисних компонентів відходів, особливо по селах.

Також нагальним є питання реконструкції діючого полігону ТПВ в урочищі Люблинець. На сьогодні на полігон надійшло на утилізацію 118,4 тис.т ТПВ. Проектна потужність полігону – 96,0 тис.т. Відтермінувати вирішення проблеми дозволив розроблений та погоджений проект реконструкції ділянки складування ТПВ із нарощуванням карт існуючого полігону. Але це тимчасовий захід, який проблему не вирішує. Слід розробити стратегію поводження з ТПВ у громаді, організувати роздільний збір та сортування сміття, зменшити кількість відходів, що потрапляють на полігон, будувати новий полігон захоронення або сміттєпереробний завод.

За результатами гідроекологічного моніторингу р. Турія встановлено, що у 2022 р. вміст окремих забруднюючих

речовин перевищував ГДК: заліза загального у 2,5-11,6 рази, амонію сольового у 1,15-6,6 рази протягом року. Крім того, у II-IV кварталах перевищено БСК на 6-73 %, у I-II кварталах – нітритів на 25-80 %.

Оцінка гідроекологічного стану р. Турія і геоекологічного стану її басейну ґрунтовніше виконана в статті (Нетробчук і Миколук, 2018) згідно Методичного керівництва по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейну малих річок України. Екологічний стан басейну р. Турія оцінено згаданими авторами як «поганий», а рівень антропогенного навантаження (ІКАН) становить -0,62. Така оцінка свідчить про порушення екологічних вимог під час використання земельних і водних ресурсів. Зокрема, рівень використання земель оцінено як «значний». У межах басейну суттєві масштаби меліоративного будівництва, нераціональна структура використання земель, частка осушених земель у межах окремих частин басейну становить 16-50%. Також оцінено як «високе» фактичне використання річкового стоку, скид забруднених стічних вод у річку – «дуже високий». Підтвердженням такої оцінки є неодноразові перевищення ГДК у місці скиду стічних вод із очисних споруд КП «Ковельводоканал» за ХСК, порушення водоохоронного режиму в межах м. Ковель. Міські каналізаційні очисні споруди працюють із 1964 р., термін експлуатації їх наразі перевищено. Часто виникають аварійні ситуації та скиди у річку забруднених вод. Дощовий стік із території міста скидається у р. Турія без попередньої очистки на локальних очисних спорудах (Нетробчук і Миколук, 2018).

Осушені землі в межах громади не завжди експлуатуються раціонально і ефективно. Наприклад, у межах осушувальної системи Воронка (рис. 4) окремі осушені ділянки обробляються і ефективно використовуються,

вирощуються сільськогосподарські культури. Інші ділянки не використовуються тривалий час, заростають самосівом, виводяться з обробітку. Треті ділянки перезволожуються, повторно

заболочуються, тут утворюються мочарі. Це знижує ефективність або унеможливає використання осушених земель. На пустирях, заплавах річок, іноді в лісосмугах, виникають стихійні сміттєзвалища.

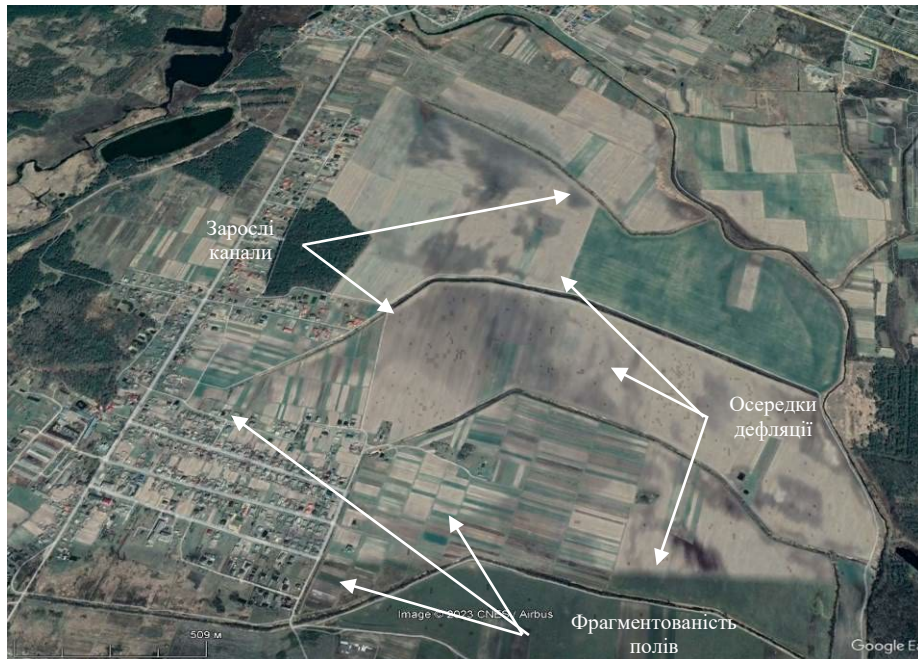


Рис. 4. Супутниковий знімок території осушувальної системи Воронка за 19.04.2019 р. із ресурсу Google Earth Pro (дата звертання 18.05.2023 р.)

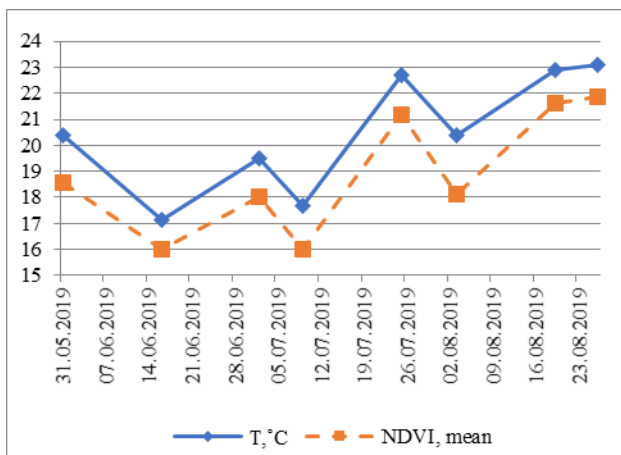
Осушувальні системи належним чином не обслуговувались протягом десятиліть, гідротехнічні споруди перебувають у поганому технічному стані і вимагають ремонту. Багато систем працюють неефективно: на окремих ділянках вода добре дренується, забезпечується сприятливий водно-повітряний режим ґрунтів. Це дозволяє ефективну експлуатацію системи. На інших – канали замулені і зарослі (див. рис. 4), вода не відводиться, формуються мочарі і територія зазнає повторного заболочення. Або, навпаки, дренаж занадто інтенсивний, торфові ґрунти переосушуються, розвиваються дефляційні процеси і пожежі торфових масивів.

Торфові пожежі є дуже небезпечними. Вони зумовлюють втрату значних площ родючих земель, зниження біорізноманіття,

трансформацію унікальних ландшафтів, погіршення умов життя та здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря, порушення циклу карбону, збільшення емісії парникових газів тощо. Клімат продовжуватиме змінюватись, температура повітря буде підвищуватись, кількість опадів і насиченість вологою елементів ландшафту – знижуватись. Ці чинники сприятимуть подальшому збільшенню кількості торфових пожеж та їх негативних наслідків. Тому попередження пожеж торфових масивів, зменшення їх негативних наслідків, рекультивація вигорілих торфовищ є надзвичайно важливими природоохоронними заходами (Fesyuk et al., 2020).

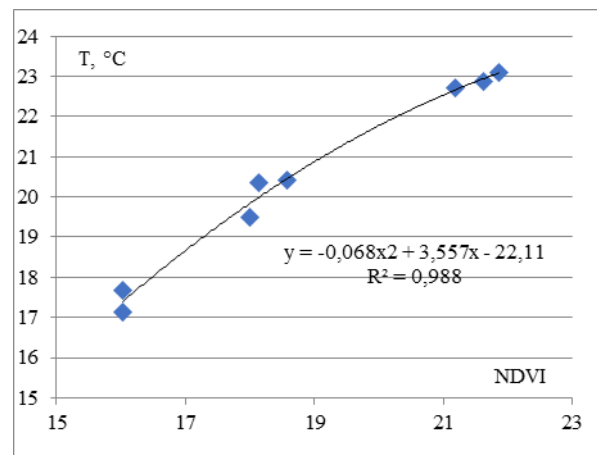
Також важливою проблемою є евтрофікація Ковельського водосховища. Воно споруджено на р.

Турії в південній частині міста, використовувалось для водопостачання ВАТ «Ковельсьільмаш». Побудоване в 60-х р.р. ХХ ст. Площа дзеркала – 5,55 км², об'єм повний – 1,27 млн м³, об'єм корисний – 0,45 млн м³, глибина 2-2,5 м. Стан гідроекосистеми водосховища – несприятливий. Фіксуються підвищені концентрації забруднюючих речовин (перш за все, біогенних), водосховище зазнає інтенсивної евтрофікації, регулярно виникають замори риби. На



Суміщена динаміка показників NDVI та температури

рис. 5 зображено динаміка показників NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) та температури, апроксимація емпіричної залежності між цими показниками поліноміальною функцією II порядку. Розраховані значення коефіцієнтів кореляції та детермінації становить майже 0,99. Це дуже висока щільність зв'язку. Такі високі значення коефіцієнтів кореляції характерні для мілких водойм, що добре прогріваються.



Апроксимація емпіричної залежності NDVI (T) поліноміальною функцією II порядку

Рис. 5. Залежність між індексом NDVI і температурою води для Ковельського водосховища за даними Landsat-8 за 2019 р.

Обговорення.

Для вирішення екологічних проблем та стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської ТГ необхідна реалізація комплексу заходів:

- зменшення викидів забруднюючих речовин стаціонарними, та, особливо, пересувними джерелами для зниження забруднення повітря;
- проведення берегоукріплювальних робіт, ремонт та реконструкція гідротехнічних споруд для захисту від шкідливої дії вод;
- реконструкція і модернізація міських комунальних очисних споруд та каналізаційних мереж

м. Ковель для зменшення забруднення р. Турії;

- організація поверхневого стоку (талих і дощових вод) з території м. Ковель та їх очистка перед скидом для запобігання забрудненню р. Турія;
- дотримання режиму прибережних захисних смуг р. Турія та малих річок території громади;
- поліпшення гідроекологічного стану Ковельського водосховища, зменшення евтрофікації води;
- інвентаризація осушувальних систем, ремонт гідротехнічних споруд на них, визначення ділянок, які доцільно

- ренатуралізовувати;
- організація роздільного збору ТПВ, вирішення проблеми Люблинецького полігону захоронення ТПВ та стихійних сміттєзвалищ;
- створення нових та розширення площі вже існуючих об'єктів і територій ПЗФ, розвиток локальної екологічної мережі;
- вирішення проблеми Ковельського ветсанзаводу.

Висновки й перспективи.

Розробка заходів стійкого екологічно безпечного розвитку Ковельської територіальної громади сприятиме досягненню численних позитивних наслідків. Зокрема, збереженню природних ресурсів та екосистем регіону шляхом впровадження енергоефективних технологій і використання відновлюваних джерел енергії, зменшенню негативного впливу на клімат завдяки зниженню викидів парникових газів і забезпеченню

екологічно стабільного середовища. Розвиток сталої інфраструктури та стимулювання екологічно чистих промислових процесів сприятиме підвищенню якості життя місцевих жителів і залученню інвестицій завдяки зменшенню витрат на енергію, матеріали, покращенню умов праці та зниженню ризику виникнення екологічних катастроф. Крім того, заходи стійкого розвитку сприятимуть розвитку зеленої економіки та створенню нових робочих місць у секторах, пов'язаних зі збереженням природи та сталим розвитком. Важливим аспектом стійкого екологічно безпечного розвитку є також соціальна справедливість, що передбачає забезпечення доступу до екологічно чистого середовища та ресурсів для всіх верств населення, зокрема уразливих груп. Це допоможе знизити нерівності, підвищити якість життя та забезпечити сталий соціально-економічний добробут.

Список використаних джерел

- Волощинська С. С. Вплив техногенної діяльності на стан природного середовища м. Ковеля Волинської області. *Науковий вісник Волинського державного університету ім. Лесі Українки. Біологічні науки*. 2007. № 5. С. 214–218.
- Голуб С. М., Голуб В. О. Оцінка забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій міста Ковеля. *Екологічні проблеми Волині: оцінка, перспективи, управління*. 2017. С. 91–94.
- Екологічний паспорт Ковельського району. [Електронний ресурс]. URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-kovelskogo-rayonu> (дата звернення 18.04.2023)
- Карпюк З. К., Фесюк В. О. Локальна екологічна мережа Ковельської територіальної громади. Луцьк: Терен, 2023. 120 с.
- Мольчак Я. О., Мігас Р. В. Річки Волині. Луцьк: Надстир'я, 1999. 176 с.
- Мольчак Я. О., Мисковець І. Я. Сучасний екологічний стан міста Ковеля. *Наукові записки СумДПУ імені А.С.Макаренка. Географічні науки*. 2020. Том 2. Вип. 1. С. 18–27.
- Нетробчук І. М., Миколук А. М. Екологічна оцінка та динаміка змін якості води річки Турія у Волинській області. *Наукові записки СумДПУ імені А. С. Макаренка. Географічні науки*. 2018. Вип. 9. С. 69–77.
- Поверхневі води Волині: колективна монографія / за ред. Я. О. Мольчака. Луцьк: Терен, 2019. 344 с.
- Паспорт Ковельської територіальної громади. [Електронний ресурс]. URL: <https://kowelrada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/pasport.pdf> (дата звернення 26.04.2023)
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2022 рік. URL:

http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Dopovid_pro_stan_NPS (дата звернення 26.03.2023) Ekologichniy_kontrol/

Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія. / за ред. В. О. Фесюка. К.: ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей», 2016. 316 ст.

Шульгач А. С. Ландшафтне різноманіття перспективного національного природного парку „Лісова пісня”. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. № 6. С. 165-168.

Fesyuk, V. O., Moroz, I. A., Chyzhevska, L. T., Karpiuk, Z. K., Polianskyi, S. V. (2020). Burned peatlands within the Volyn region: state, dynamics, threats, ways of further use. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 29 (3). P. 483-494. <https://doi.org/10.15421/112043>

Herrera-Gutiérrez, M. R., Muñoz-García, L., Pastor-Seller, E. (2023). The agenda of urban sustainable development initiatives: Challenges, goals, and actions across policy areas. *EU Integrated Urban Initiatives: Policy Learning and Quality of Life Impacts in Spain*, pp. 63-76. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20885-0_4

Morano, P., Tajani, F., Di Liddo, F., La Spina, I. (2023). The Evaluation in the Urban Projects Planning: A Logical-Deductive Model for the Definition of “Warning Areas” in the Esquilino District in the City of Rome (Italy). *Smart Cities*, 6 (1), pp. 469 - 490. <https://doi.org/10.3390/smartcities6010022>

Timsina, J., Weerahewa, J. (2023). Restoring ancient irrigation systems for sustainable agro-ecosystems development. *Reflections on the special issue Agricultural Systems*, 209, art. no. 103668. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023.103668>

Yan, J., Huang, Y., Tan, S., Lang, W., Chen, T. (2023). Jointly Creating Sustainable Rural Communities through Participatory Planning: A Case Study of Fengqing County, China. *Land*, 12 (1), art. no. 187. <https://doi.org/10.3390/land12010187>

References (translated & transliterated)

Voloshhynsjka, S. S. (2007). Vplyv tekhnoghennoji dijalnosti na stan pryrodnogho seredovyshha m. Kovelja Volynskoji oblasti [The impact of anthropogenic activity on the state of the natural environment in Kovel Volyn region]. *Naukovyj visnyk Volynskogho derzhavnogho universytetu im. Lesi Ukrainky. Biologichni nauky* [Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Volyn State University. Biological sciences]. 5. 214-218 [in Ukrainian].

Gholub, S. M. & Gholub, V. O. (2017). Ocinka zabrudnennja atmosfernogho povitrja urbanizovanykh terytorij mista Kovelja [Assessment of air pollution in urbanized areas of Kovel.]. *Ekologichni problemy Volyni: ocinka, perspektyvy, upravlinnja* [Environmental problems of Volyn: assessment, prospects, management]. 91-94 [in Ukrainian].

Ekologichniy pasport Koveljskogho rajonu (2021). [Environmental passport of Kovel district.]. (Accessed: 26 May 2023). URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-kovelskogo-rayonu> [in Ukrainian].

Karpjuk, Z. K. & Fesjuk, V. O. (2023). Lokaljna ekologichna merezha Koveljskoi terytorialnoji ghromady [Local Environmental Network of Kovel Territorial Community]. Luck: Teren. [in Ukrainian].

Molchak, Ya. O. & Mihas, R. V. (1999). Richky Volyni [Rivers of Volyn]. Luts'k: Nadstyria. [in Ukrainian].

Molchak, Ja. O. & Myskovec, I. Ja. (2020). Suchasnyj ekologichniy stan mista Kovelja [The current ecological state of the city of Kovel]. *Naukovi zapysky SumDPU imeni A.S. Makarenka. Gheografichni nauky* [Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko. Geographical sciences]. 2(1). 18-27. [in Ukrainian].

Netrobchuk, I. M. & Mykoljuk, L. M. (2018). Ekologichna ocinka ta dynamika zmin yakosti vody richky Turija u Volynskij oblasti [Ecological assessment and dynamics of changes in water quality of the Turia River in Volyn region]. *Naukovi zapysky SumDPU*

imeni A.S. Makarenka. Gheoghrafichni nauky [Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko. Geographical sciences]. 9. 69-77. [in Ukrainian].

Poverkhnevi vody Volyni: kolektyvna monohrafiya [Surface waters of Volyn: a collective monograph] (2019). / ed. Ja. O. Moljchak. Luck: Teren. 344 p. [in Ukrainian].

Pasport Koveljskoho terytorialnoho ghromady [Passport of the Kovel Territorial Community]. (Accessed: 26 May 2023). [Electronic resource] URL: <https://kowlrada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/pasport.pdf>. (Access date 30.03.2023) [in Ukrainian].

Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Volynskii oblasti za 2022 rik. (Accessed: 26 May 2023). URL: http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Ekologichniy_kontrol/Dopovidi_pro_stan_NPS [in Ukrainian].

Suchasnyi ekolohichniy stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti: kolektyvna monohrafiia [Current ecological state and prospects for environmentally safe sustainable development of Volyn region: a collective monograph] (2016). / Ed. V.O. Fesiuk. Kyiv: TOV «Pidpriemstvo «Vi En Ei». [in Ukrainian].

Shuljghach, A.S. (2015). Landshaftne riznomanittja perspektyvnogho nacionalnogho pryrodnogho parku „Lisova pisnja” [Landscape diversity of the promising national nature park Forest Song]. Fizychna gheoghrafiya ta gheomorfologhiya [Physical geography and geomorphology]. 6. P. 165-168. [in Ukrainian].

Fesyuk, V.O., Moroz, I.A, Chyzhevska, L.T., Karpiuk, Z.K. & Polianskyi, S.V. (2020). Burned peatlands within the Volyn region: state, dynamics, threats, ways of further use. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 29 (3). 483-494. <https://doi.org/10.15421/112043> [in English].

Herrera-Gutiérrez, M.R. & Muñoz-García, L., Pastor-Seller, E. (2023). The agenda of urban sustainable development initiatives: Challenges, goals, and actions across policy areas. EU Integrated Urban Initiatives: Policy Learning and Quality of Life Impacts in Spain, pp. 63-76. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20885-0_4 [in English].

Morano, P., Tajani, F., Di Liddo, F. & La Spina, I. (2023). The Evaluation in the Urban Projects Planning: A Logical-Deductive Model for the Definition of “Warning Areas” in the Esquilino District in the City of Rome (Italy). Smart Cities, 6 (1). 469-490. <https://doi.org/10.3390/smartcities6010022> [in English].

Timsina, J. & Weerahewa, J. (2023). Restoring ancient irrigation systems for sustainable agro-ecosystems development: Reflections on the special issue Agricultural Systems, 209, art. no. 103668. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103668>. [in English].

Yan, J., Huang, Y., Tan, S., Lang, W. & Chen, T. (2023). Jointly Creating Sustainable Rural Communities through Participatory Planning: A Case Study of Fengqing County China. Land, 12 (1), art. no. 187. <https://doi.org/10.3390/land12010187>. [in English].

Отримано: 7 квітня 2023
Прийнято: 15 квітня 2023

ЗМІСТ

Біологія

1. **Мокрий В. І., Мудрак О. В., Петрушка І. М., Гречаник Р. М., Арустамян Е. М., Мудрак Г. В.** Флуоресцентне тестування бука європейського у ботанічних пам'ятках природи Львова 7
2. **Говорун О. В., Пташенчук О. О.** Лускокрилі природного заповідника «Михайлівська цілина» 24
3. **Онищук І. П., Гарбар О. В., Остапчук А. А.** Динаміка та причини виникнення ендемічних хвороб людини в Україні 39
4. **Горальський А. П., Сокульський І. М., Романюк Р. К., Колеснік Н. А.** Загальні закономірності макро-та мікроморфології легень статевозрілого коня (*Equus ferus caballus* L., 1758) 59
5. **Шелюк Ю. С., Шевчук А. М., Мошківська М. О.** Оцінка якості вод урбанізованих територій за структурою угруповань гідробіонтів 76
6. **Киричук Г. Є., Музика А. В., Астахова А. Є.** Вміст ксантофілів в організмі ставковика звичайного за дії іонів хрому 91

Географія

7. **Лаврик О. Д., Корінний В. І., Гарбар О. В., Власенко Р. П., Андрійчук Т. В.** Виокремлення осередкових ландшафтів на прикладі долинно-річкових ландшафтно-технічних систем 102
8. **Мартинюк В. О., Зубкович І. В.** Ландшафтні особливості та ресурсний потенціал сапропелю озера Теревовичі 116
9. **Шовкун Т. М., Зінченко В. М., Мирон І. В.** Природно-заповідний фонд у структурі рекреаційно-туристичного природокористування Чернігівської області 131

Хімія

10. **Мацак С. В., Вакал Ю. С., Касьяненко Г. Я.** Дослідження явища міграції рухомих сполук флуору в ґрунтах прибережної зони р. Гуска 144
11. **Денисюк Р. О., Томашик В. М., Камінський О. М., Шелюк І. О., Писаренко С. В., Марценюк О. В.** Хімічне травлення монокристалів CdTe , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ та $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ розчинами HNO_3 – KI – диметилформамід 155

Агрономія

12. **Матвійчук Б. В., Матвійчук Н. Г., Корево Н. І.** Щільність будови і твердість ґрунту за вирощування пшениці озимої 167
13. **Коткова Т. М., Довбиш А. А.** Вплив позакореневого (фоліарного) підживлення рослин пшениці озимої на урожай і якість зерна 176

Екологія

14. **Коцюба І. Ю., Хом'як І. В., Брень А. А., Шамоніна М. І.** Ecological strategies of plants in the process of restoration of disrupted natural ecosystems of Ukrainian Polissia 186
15. **Фесюк В. О., Карпюк З. К., Шуліковський С. В.** Проблеми та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Ковельської територіальної громади 199