

ISSN: 2306-9716 (Print)
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

5(50)



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. :
Видавничий дім «Гельветика», 2023. – № 5(50). – 214 с.

Головний редактор: Бондар О.І., доктор біологічних наук

Заступник головного редактора: Нагорнева Н.А.

Науковий редактор: Машков О.А., доктор технічних наук

Відповідальний редактор: Сікачина В.Г.

Редакційна колегія:

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук

Єрмаков В.М., доктор технічних наук

Захматов В.Д., доктор технічних наук

Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук

Коніщук В.В., доктор біологічних наук

Лукаш О.В., доктор біологічних наук

Машков В.А., доктор технічних наук

Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук

Нецветов М.В., доктор біологічних наук

Ольшевський С.В., доктор технічних наук

Риженко Н.О., доктор біологічних наук

Рудько Г.І., доктор геолого-мінералогічних наук,

доктор географічних наук, доктор технічних наук

Улицький О.А., доктор геологічних наук

Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук

Шматков Г.Г., доктор біологічних наук

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі біологічних наук (091 – Біологія), природничих наук (101 – Екологія, 103 – Науки про Землю) та технічних наук (183 – Технології захисту навколишнього середовища).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

*Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)*

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	7
Бондар О.І., Загороднюк К.Ю., Третяков С.В., Загороднюк Ю.В. Основи водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням принципів раціонального природокористування (на прикладі Коблівської ОТГ).....	7
Долецька А.С., Борецька І.Ю., Романюк О.І., Шевчик-Костюк Л.З., Джура Н.М. Оцінка ефективності технологій для оптимізації вирощування <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. на нафтозабрудненому ґрунті.....	15
Мельник-Шамрай В.В. Аналіз стану використання земельного фонду Житомирської області.....	20
Самойленко Н.М., Корогодська А.М., Катенін В.Д. Дослідження впливу відходів сонячних фотоелектричних панелей на ґрунт.....	25
ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО	30
Белоконь К.В., Мальований М.С., Тарабан Є.В. Оцінка ризику для здоров'я населення від техногенного навантаження на атмосферне повітря м. Запоріжжя.....	30
Зур'ян О.В. Техніко-економічний та екологічний аналіз впровадження геотермальної теплонасосної системи.....	37
Сараненко І.І. Реалізація та перспективи екологічно чистих технологій в Україні.....	48
Улицький О.А., Касьяненко Д.Л., Д'яченко Н.О. Збалансований підхід до видобутку залізних руд Гуляйпільського родовища в сучасних умовах.....	54
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	61
Коротецький В.П., Полятикіна О.О. Рекомендації щодо впровадження природно-штучного біомеліоративного комплексу на різнотипних водних об'єктах України.....	61
Крупей К.С., Домбровський К.О., Рильський О.Ф., Оверченко А.В. Гігієнічна оцінка води м. Запоріжжя за деякими показниками епідемічної безпеки з гідробіологічною складовою.....	67
Остапенко В.В., Григор'єва Л.І. Екологічний стан р. Південний Буг в акваторії міста Миколаєва під впливом дощових каналізаційних стічних вод.....	74
Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Кірейцева Г.В., Демчук Л.І., Скиба Г.В., Вовк В.М. Оцінка стану та фіторемераційного потенціалу антропогенно трансформованих гідроекосистем Малинщини.....	81
ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	88
Михайлов С.С. Наукове обґрунтування структури комплексної системи моніторингу довкілля для регіонів України.....	88
Шевченко Р.Ю., Мовчан М.М. Моніторинг екологічної мережі міста Києва.....	98
Шейко В.І., Кучменко О.Б., Гавій В.М., Пасічник С.В. Сучасні аспекти застосування інфрачервоної спектроскопії для дослідження ґрунтів.....	108
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ	114
Пацев І.С., Барабаш О.В., Пацева І.Г. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми Житомирщини.....	114
ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ	119
Бондар О.Б., Бицюра Л.О., Файфура В.В., Ярема О.М., Бебнева Є.Р. Характеристика найпоширеніших типів ландшафтів міста Кременця.....	119
Зубровська О.М. Інтродукція декоративних злаків у Степовій зоні України та перспективи їх використання в міському озелененні.....	127
Іванець О.Р. Рід <i>Bosmina</i> Baird, 1845 (<i>Cladocera: Bosminidae</i>) на теренах Галичини у дослідженнях Б. Дибовського, А. Вежейського та М. Гроховського (за матеріалами круглого столу Екологічної комісії наукового товариства ім. Шевченка).....	134

Івашенко І.В., Невмержицька О.М., Плотницька Н.М., Котюк Л.А. Альтернативні шляхи уведення за інтродукції в Поліссі України.....	143
Роман Л.Ю., Ванджурак П.І. Екологічні аспекти догляду за лісом на території підприємства «Ліси України».....	148
Шевчук Л.М., Билина Л.В., Васільєва Л.А. Збереження біорізноманіття нативних двостулкових молюсків України (Mollusca, Bivalvia) як необхідність дотримання вимог оселищної концепції та реалізації стратегії сталого розвитку.....	153
СТАЛИЙ РОЗВИТОК	162
Боженко А.Л. Роль сільського екологічного туризму в забезпеченні євроінтеграції Півдня України.....	162
Негода Н.В., Жукова О.Г. Формування здоров'яорієнтованого міського простору як спосіб управління ризиками для здоров'я населення.....	166
БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	174
Головатюк Л.М., Бондар О.Б., Кратко О.В. Небезпека та наслідки забруднення водойм для організму людини.....	174
ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ	179
Маркіна Л.М., Власенко О.В., Ковтунов О.В. Визначення характеристик відходів для використання їх як сировини для отримання енергії.....	179
Пацева І.Г., Валерко Р.А., Пацев І.С., Палій О.В. Особливості логістичних процесів транспортування комунальних відходів та відходів руйнації.....	187
ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ	193
Чипиляк Т.Ф. Особливості формування наземної вегетативної сфери видів роду <i>Sedum</i> L. та <i>Hylotelephium</i> H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України.....	193
ЕКОПУБЛІЦИСТИКА	199
Пилипчук О.Я., Пічкур Т.В., Пилипчук О.О., Дефорж Г.В. Глобальна екологія: взаємодія суспільства і природи.....	199
СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ	204
Скуйбіда О.Л. Громадянська наука в сфері екології та захисту навколишнього середовища: світові тенденції та перспективи для України.....	204
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	209

CONTENTS

ECOLOGY AND ECONOMICS OF NATURAL RESOURCE USE	7
Bondar O., Zahorodniuk K., Tretiakov S., Zahorodniuk Yu. Basics of territories with water resources deficiency water supply taking into consideration principles of rational nature management (on the example of Koblivska UTC)	7
Doletska A., Boretska I., Romanyuk O., Shevchyk-Kostiuk L., Dzhura N. Assessment of the efficiency of technologies for optimizing the cultivation of <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. on oil-contaminated soil.	15
Melnyk-Shamrai V. Analysis of the status of use of the land fund of the Zhytomyr region.	20
Samoilenko N., Korogodska A., Katenin V. Research on the impact of solar photovoltaic panel waste on soil.	25
ECOLOGY AND PRODUCTION	30
Belokon K., Malovanyy M., Taraban Ye. Assessment of the risk to public health from anthropogenic load on the atmospheric air of Zaporizhzhia.	30
Zurian O. Technical-economic and environmental analysis of implementation of geothermal heat pump system.	37
Saranenko I. Realization and prospects of environmentally clean technologies in Ukraine.	48
Ulytsky O., Kasyanenko D., Diachenko N. A balanced approach to the extraction of iron ore at the Gulyaypilske deposit in modern conditions.	54
ECOLOGY OF WATER RESOURCES	61
Korotetskyi V., Poliatykyina O. Recommendations for implementation of the natural and artificial biomeliorative complex on various water bodies of Ukraine.	61
Krupiei K., Dombrovskiy K., Rylsky O., Overchenko A. Hygienic assessment of water in the city of Zaporizhzhia by some indicators of epidemic safety with a hydrobiological component.	67
Ostapenko V., Grygorieva L. Ecological state of the Southern Bug river in the Mykolaiv city aquarium under the influence of rain sewage wastewater.	74
Tsyhanenko-Dziubenko I., Kireitseva H., Demchuk L., Skyba G., Vovk V. Evaluating the condition and phytoremediation potential of anthropenetically transformed hydroecosystems of the malyn district	81
ENVIRONMENTAL MONITORING	88
Mykhailov S. Scientific substantiation of the structure of the integrated environmental monitoring system for the regions of Ukraine.....	88
Shevchenko R., Movchan M. Monitoring of the Ecological Network of the city of Kyiv.	98
Sheiko V., Kuchmenko O., Havii V., Pasichnyk S. Modern aspects of the application of infrared spectroscopy for soil research.....	108
ENVIRONMENTAL IMPLICATION OF MILITARY ACTIONS	114
Patsev I., Barabash O., Patseva I. The impact of military operations on forest ecosystems in the Zhytomyr region	114
PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY	119
Bondar O., Bytsiura L., Faifura V., Yarema O., Biebnieva Ye. Characterization of the most common types of landscapes in the city of Kremenets.	119
Zubrovska O. Introduction of ornamental grasses in the Steppe of Ukraine and perspectives of using them in urban landscaping	127
Ivanets O. The genus <i>Bosmina</i> Baird, 1845 (<i>Cladocera: Bosminidae</i>) in Galicia in the research of B. Dybowski, A. Wierzejski, and M. Grokhowsky.	134
Ivashchenko I., Nevmerzhiiska O., Plotnytska N., Kotiuk L. Alternaria of <i>Serratula coronata</i> L. in the result of introduction in Polissya of Ukraine.	143
Roman L., Vanzhurak P. Environmental aspects of forest care on the territory of the enterprise “Forests of Ukraine”	148

Shevchuk L., Bylyna L., Vasilieva L. The biodiversity of native bivalve molluscs of Ukraine (Mollusca, Bivalvia) as the need to comply with the requirements of the housing concept and the implementation of the sustainable development strategy.	153
SUSTAINABLE DEVELOPMENT	162
Bozhenko A. The role of rural ecological tourism in ensuring the European integration of South of Ukraine.	162
Nehoda N., Zhukova O. Formation of health-oriented urban space as a way to manage risks to public health.	166
BIOLOGICAL SAFETY	174
Holovatiuk L., Bondar O., Kratko O. Danger and consequences of water pollution for the human body.....	174
WASTE MANAGEMENT	179
Markina L., Vlasenko O., Kovtunov O. Determination of waste characteristics for use them as raw materials for receiving energy.	179
Patseva I., Valerko R., Patsev I., Paliy O. Peculiarities of logistics processes of transportation of utilities and ruinations.	187
NATURE RESERVE FUND OF UKRAINE	193
Chypyliak T. Features of the formation of the terrestrial vegetative sphere of species of the genus <i>Sedum</i> L. and <i>Hylotelephium</i> H. Ohba during the introduction to the Kryvyi Rih botanical garden of the NAS of Ukraine.	193
ENVIRONMENTAL JOURNALISM	199
Pylypchuk O., Pichkur T., Pylypchuk O., Deforge G. Global ecology: interaction of society and nature.	199
SYSTEM OF ENVIRONMENTAL EDUCATION	204
Skuibida O. Citizen science in the field of ecology and environmental protection: global trends and prospects for Ukraine.	204
AUTHORS' CREDENTIALS	209

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 574.3:574.5: 614.7:658.512.8

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.1>

ОСНОВИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ З ДЕФІЦИТОМ ВОДНИХ РЕСУРСІВ З УРАХУВАННЯМ ПРИНЦИПІВ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ (НА ПРИКЛАДІ КОБЛІВСЬКОЇ ОТГ)

Бондар О.І.¹, Загороднюк К.Ю.¹, Третяков С.В.², Загороднюк Ю.В.³

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

²Громадська організація «Український союз промисловців і підприємців»
вул. Хрещатик, 34, 01001, м. Київ

³Громадська організація «Фонд розвитку водоочисних технологій»
пр. Визволителів, 1, 02125, м. Київ

На прикладі Коблівської об'єднаної територіальної громади (ОТГ) Миколаївської області України, керуючись можливостями існуючих на сьогодні найефективніших доступних технологій, запропоновано комплекс заходів, природоохоронна складова яких є необхідною умовою формування сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів. Їх розроблення здійснюється за принципом раціонального природокористування на основі соціо-еколого-економічної оцінки. Природоохоронні заходи/технології сталого водозабезпечення територій передбачають певні дії в процесі основного виробничого циклу, зокрема: раціональний відбір, підготовку та подачу кінцевому споживачу води належної кількості та якості, а також окремі заходи компенсаторні – очистка стічних, промивних вод перед повторним їх використанням чи скидом у природний водний об'єкт.

Упровадження комплексу природоохоронних заходів/технологій, запропонованих в праці, є необхідною умовою водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з дотриманням принципів раціонального природокористування.

Використання технологій водопостачання та водовідведення, природоохоронна складова яких є недостатньою, призводить до порушення кліматичної нейтральності території/населеного пункту.

За результатами соціо-еколого-економічної оцінки водопостачання та водовідведення населених пунктів Коблівської ОТГ та проведених досліджень визначено перелік найбільш перспективних технологічних рішень, що забезпечують ефективне використання наявних природних ресурсів та сприяють сталому розвитку територій з дефіцитом водних ресурсів.

Зазначено, що використання обладнання, препаратів, реагентів, засобів тощо, які традиційно застосовуються у технологічних циклах водопідготовки, очистки стічних вод, не завжди гарантує раціональне природокористування та кліматичну нейтральність.

Обґрунтовано, що запропоновані найефективніші доступні технології оборотного водопостачання та водовідведення здатні ефективно забезпечувати поліпшення якості питної та очищеної стічної води, оптимізувати водокористування, зменшити або ліквідувати дефіцит води господарсько-питного та технологічного призначень. *Ключові слова:* дефіцит водних ресурсів, ефективні природоохоронні заходи, соціо-еколого-економічна оцінка, стале водозабезпечення, раціональне природокористування, кліматична нейтральність, Коблівська ОТГ, найкращі доступні технології, відновлення дебіту водних свердловин, рециркуляція, стабілізаційна обробка, магнітна сепарація, переробка та зневоднення шламів і осадів стічних та промивних вод.

Basics of territories with water resources deficiency water supply taking into consideration principles of rational nature management (on the example of Koblivska UTC). Bondar O., Zahorodniuk K., Tretiakov S., Zahorodniuk Yu.

Complex of measures, on the example of Koblivska united territorial community (UTC) of Mykolaiv Region, Ukraine, based on the capabilities of the best available today technologies is proposed, the environment protective component of this complex is necessary condition for sustainable water supply of territories with water resources deficiency.

Effective environment protection measures are developed on the principles of rational nature management basing on their socio-ecology-economic assessment. Environment protection measures/technologies of sustainable water supply of the territory include measures of the main production cycle, such as: rational intake, processing and final consumer supply by water of appropriate quantity and quality, and compensatory measures, such as: treatment of waste, wash waters before reusing or releasing into natural water body object.

Implementation of environment protection measures/technologies complex proposed in this article is mandatory condition for territories with water resources deficiency water supply in compliance with principles of rational nature management.

Implementation of water supply and waste water disposal/discharge technologies, the environment protection component of which is insufficient, leads to violation of climatic neutrality of the territory/settlement.

Basing on the results of water supply and waste water disposal/discharge of Koblivska UTC settlements socio-ecology-economic assessment and conducted researches, list of the most promising technological solutions was determined, which ensure effective use of available natural resources and contribute to sustainable development of the territory with water resources deficiency.

It is shown that application of equipment, preparations, reagents, means etc., which are traditionally used in technological cycles of water purification and wastewater treatment, does not always guarantee rational nature management and climate neutrality.

It is substantiated that proposed best available technologies of circulating water supply, waste water disposal are capable for effective quality improving of drinking water and treated wastewater, water use optimization, reducing or eliminating the deficiency of water for household-drinking and technological purposes. *Key words*: water resources deficiency, effective environment protection measures, socio-ecology-economic assessment, sustainable water supply, rational nature management, climate neutrality, Koblivska UTC, best available technologies, rehabilitation of water wells' debit, recirculation, stabilization treatment, magnetic separation, dewatering and disposal of sewage and washing waters sludge.

Постановка проблеми, актуальність. Визначені і встановлені в цивілізованих країнах світу правила поведінки людини і суспільства в природному середовищі прийнято називати раціональним природокористуванням.

Дотримання принципів раціонального природокористування є основою розвитку суспільства, який не можливий без сталого водозабезпечення.

При цьому, основні завдання, що мають вирішуватися в частині водопостачання та водовідведення мають бути спрямовані на досягнення сталого водозабезпечення населених пунктів та кліматичної нейтральності території.

З огляду на це, в даній праці основну увагу приділено обґрунтуванню об'єднання у комплекс із достатньою природоохоронною складовою найефективних доступних технологічних рішень на основі їх соціо-еколого-економічної оцінки [1, 2, 3].

Аналіз існуючого стану (на прикладі Коблівської ОТГ). Коблівська об'єднана територіальна громада (далі – Коблівська ОТГ) була утворена 13 вересня 2016 року, шляхом об'єднання чотирьох сільських рад Березанського району Миколаївської області. До складу громади в 2016 році увійшли населені пункти: с. Коблеве (адміністративний центр громади), с. Бессарабка, с. Виноградне, с. Глибоке, с. Лугове, с. Морське, с. Новофедорівка, с. Рибаківка, с. Українка, с. Федорівка [4].

Згідно з Розпорядженням КМУ від 15 квітня 2020 р. № 480-р «Про затвердження перспективного плану формування територій громад Миколаївської області» та Перспективного плану об'єднання територіальних громад в 2020 році до Коблівської ОТГ віднесено Тузлівську та Анатоліївську сільські ради [4].

Коблівська ОТГ розташована в південно-західній частині Миколаївської області, її територія є нерозривною, межі визначаються по зовнішніх межах юрисдикції рад територіальних громад, що об'єдналися у 2016 р. та були віднесені до у 2020 р. [4].

Площа в межах населених пунктів: 3 151,3 га.

Площа за межами населених пунктів: 38474,4 га.

Чисельність зареєстрованого населення громади – 8981 особа.

Чисельність постійно проживаючого населення – 7505 осіб.

Кількість населених пунктів у складі громади – 12.

Коблівська ОТГ межує з:

– на півночі – Березанська ОТГ Миколаївської області;

– на півдні – узбережжя Чорного моря;

– на заході – Лиманський район Одеської області;

– на сході – Березанська ОТГ Миколаївської області [4].

Територія Коблівської ОТГ розташована у степовій зоні. Рельєф переважно рівнинний та посічений неглибокими балками. За фізико-географічним районуванням територія знаходиться у межах Дністровсько-Бузької області Причорноморської низовини і відноситься до Очаківського прилиманного фізико-географічного району. Територія відноситься до Причорноморської провінції зони посушливих степів і характеризується спекотним літом, холодною малосніжною зимою, нерівномірним розподілом опадів по місяцях та сильними вітрами [4, 5].

Керуючись вищевикладеним метою дослідження стало визначення найефективніших доступних технологій, необхідних для сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів та подальшим формуванням комплексу технологічних рішень із достатньою природоохоронною складовою, імплементація та подальше використання на постійній основі яких дозволить досягти сформульованих цілей.

Матеріали та методи. Для досягнення мети нами були використані наступні методи: бібліографічний метод аналізу наукової інформації, хімічні, фізико-хімічні, електрохімічні, технологічні, статистичні методи досліджень.

Дослідження складу та властивостей вод проводили відповідно до загальноприйнятих методик [6, 7].

Для визначення технологічних параметрів свердловин нами були використані загальноприйняті технологічні методи.

Статистичне оброблення отриманих даних у серіях дослідів здійснювалася методом непрямих різниць [8].

Результати та їх обговорення. Централізоване водопостачання та водовідведення населених пунктів Коблівської ОТГ здійснює Комунальне підприємство «Коблівський сількомунгосп» Коблівської сільської ради (далі – КП «Коблівський сількомунгосп») [4].

КП «Коблівський сількомунгосп» видобуває підземні води для забезпечення господарсько-побутових потреб населення, здійснення господарської

діяльності організацій, підприємств, підприємців Коблівської ОТГ: село Коблеве (адміністративний центр громади), села: Бессарабка, Виноградне, Глибоке, Лугове, Морське, Новофедорівка, Рибаківка, Українка, Федорівка та села: Анатоліївка, Тузли, в яких проживає 7505 осіб, функціонує 70 організацій та підприємств, а також на виробничі потреби комунального господарства [4].

В основному житловий фонд Коблівської ОТГ складається з приватного сектору (кількість дворів – 4440). Є централізоване водопостачання (кількість абонентів – 3224, довжина мереж – 76,1 км). Централізоване водовідведення є лише в селі Коблеве (кількість абонентів – 1212, довжина мереж – 22 км). Головна каналізаційна насосна станція знаходиться в селі Коблеве за адресою: вул. Миколаївська, 3; Каналізаційні очисні споруди – при селі Лугове.

Побутові відходи вивозять з населених пунктів тракторами на загальнозональне звалище твердих побутових відходів, що діє неподалік с. Лугове.

Місцевість, де розташовані свердловини КП «Коблівський сількомунгосп» відноситься до краєвої частини Причорноморського артезіанського басейну. Експлуатаційним водоносним горизонтом є верхніх Сарматський, експлуатуємо родовище підземних питних і технічних вод – Коблеве-Рибаківське. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та надходження вод з вище та нижче залягаючих горизонтів через «гідралічні вікна». Водоносний горизонт захищений від поверхневого забруднення. Вода експлуатуємого Коблеве-Рибаківського родовища підземних питних і технічних вод видобута з використанням артсвердловин перед подачею у водорозподільчі мережі не проходить жодної обробки (не передбачене ні знезараження, ні очищення, ні де-/ремінералізація). Є тенденція до зниження дебіту артсвердловин. Водорозподільчі мережі у всіх населених пунктах не закріплені.

Всі проби (зразки) вод принципово можна розділити на дві групи: такі, що відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за сухим залишком (до 1000 мг/дм³) та ті, що не відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10 за цим показником (сухий залишок 1000–1500 мг/дм³ і більше). Проблемними показниками якості вод з окремо взятих свердловин (за даними досліджень складу та властивостей проб (зразків) води з свердловин, що водопостачають населені пункти Коблівської ОТГ, випробувальними лабораторіями Держпродспоживслужби) також є вміст хлоридів, вміст сульфатів, загальна жорсткість, вміст загального заліза. В окремо взятих випадках спостерігається недопустима ступінь обміненія води водопровідних мереж мікроорганізмами різних груп.

Визначено, що всі проби (зразки) води є нестабільними, мають підвищену корозійну агресив-

ність, що сприяє погіршенню якості води під час її транспортуванні, особливо застарілими сталевими водопровідними мережами кінцевим споживачам, а також пришвидшеному руйнуванню та виходу з ладу санітарної техніки, електрочайників, пральних та посудомийних машин тощо.

Після відстоювання прозорість декантованої частини проб (зразків) води з окремо взятих свердловин збільшується, що свідчить про наявність у їх складі домішок, які впливають на її оптичну щільність та здатні до осідання з плином часу, що є підставою для імплементації технологій на основі коагуляції-флокуляції, аб-/адсорбції на сорбентах (у окремо взятих виключних випадках) для доведення якості води з них до вимог ДСанПіН – у 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за органолептичними та санітарно-токсикологічними показниками.

Буріння нових свердловин для заміни старих із зниженим/недостатнім дебітом та незадовільною якістю води не тільки не вирішує проблеми, але і створює нові, оскільки свердловини, що не експлуатуються починають забезпечувати надходження у водний горизонт найрізноманітніших забруднювачів. Окрім того, буріння і облаштування нової свердловини доволі витратна процедура.

Використання мембранних технологій в промислових масштабах недопустимо збільшує об'єми дефіцитної води, що має бути видобута (піднята), унеможливує повторне використання концентрату (при експлуатації абсолютно всіх установок на основі мембранних технологій утворюється постійно і в значних (співставних з об'ємами очищеної води) кількостях) у будь-який прийнятний в реаліях Коблівської ОТГ спосіб.

Таким чином, підвищення дебіту свердловин, якість води з яких відповідає вимогам ДСанПіН-у 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за фізико-хімічними показниками, знезараження водопідйомного обладнання та конструкцій цих свердловин, є єдиним прийнятним способом вирішення питання.

Для відновлення дебіту свердловин сьогодні в світі використовують різні групи методів, які дозволяють звільнити від коагулянтів фільтр та префільтрову зону, що і забезпечує збільшення їх дебіту, але при цьому якість води після застосування всіх цих методів не змінюється, або навіть погіршується.

Найбільш прийнятним способом відновлення свердловин буде той, який забезпечить не лише достатню кількість води, тобто відновлення дебіту, але і підвищить її якість. Однією з таких є нова технологія відновлення свердловин, яка полягає у подачі через технологічний отвір (тобто без демонтажу оголовку свердловини, що необхідно практично для всіх інших відомих технологій) у двох різних режимах розрахункових кількостей розчинів суміші оксидантів (наприклад, реагентів групи GO₂), суміші

антикорозійно-стабілізаційних комплексоутворювачів і лігандів різної ємності (наприклад, препаратів групи СПС-6 (типу SeaQuest)) та води альтернативного джерела.

Технологія добре випробувана в умовах України. Результати випробувань на прикладі свердловини у м. Вишневому Київської області, що експлуатується ДКП «Вишнівськводоканал», наведено далі. Свердловина облаштована класично та введена в експлуатацію у 1982 році. Глибина свердловини – 47,5 м, дебіт на момент введення в експлуатацію становив 24 м³/годину, загальний солеміст складав 277 мг/дм³, загальна жорсткість – 4,3 мг-екв/дм³, заліза у воді виявлено не було. Встановлено, що дебіт свердловини до її відновлення становив 4,8 м³/годину, після відновлення за запропонованою технологією – склав 10,2 м³/годину, тобто збільшився в два рази. Після скиду у каналізацію 240 м³ води із цієї свердловини, залишків хлору у воді не виявлено, її якість достовірно ($p < 0,01$) поліпшилася за показниками загального солемісту та вмісту заліза і цілком відповідала вимогам ВООЗ, а вимогам ДСанПіН за всіма показниками, окрім загальної жорсткості (склала 12,7 мг-екв/дм³) – дивись зведену таблицю якості води до та після відновлення за запропонованою технологією свердловини з якої її видобувають.

На думку авторів, підтвердити одержані результати можна тим, що під час застосуванні даної технології відновлення свердловин відбувається не лише звільнення від кольматантів фільтру та профільтрової зони, але і промивка водоносного пласту.

Успішні відновлення свердловин з використанням цієї технології було проведено і в інших областях України та встановлено, що вона забезпечує гарантоване підтримання задовільної фільтруючої здатності водоносних пластів. Нами також було доведено, що дана технологія є неефективною лише у разі депресії водоносного горизонту, що відкриває можливість застосування технології не лише для відновлення свердловин, а і для оцінки живлення водоносних горизонтів: якщо після застосування технології не відбулося збільшення дебіту свердловини, то це означає що кількість води, яка надходить з зон живлення є меншою за необхідну (у випадку територій

з дефіцитом водних ресурсів, надходження води до яких забезпечується в тому числі і системами каналів, – недостатня подача води у штучно створену мережу каналів).

При організації водопостачання та водовідведення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням раціонального використання водних та земельних ресурсів перевагу слід надати переходу до поворотного водозабезпечення із створенням технічних водойм, інтегральному поєднанню ініціального водопостачання, подальшого підживлення із свердловин з основними об'ємами водопостачання по суті «з поверхневого джерела» (штучного), з використанням технології «НЕОТРОН» [9], а також каналізаційних очисних споруд з вбудованим біореактором, магнітною сепарацією, переробкою та зневодненням шламів і осадів стічних та промивних вод, контролем недопущення засолення або технологію повного циклу очищення SST – «Seasonal sewage treatment».

Етапність впровадження обумовлюється умовами кожного населеного пункту.

Технологія каналізаційних очисних споруд на основі гнучких резервуарів заводського виготовлення SST включає повний цикл очищення стічних вод: анаеробну очистку в метантенках (технологія ефективного отримання біогазу із органічної фракції промислових та комунальних стічних вод SEFITMI – «Smart environmental friendly integrated technology of methanogenesis intensification and biofuel generation from organic fraction of municipal and industrial wastes»), аеробну очистку в аеротенках (технологія напірної аерації), переробку дигестату та надлишкового активного мулу за вибором замовника в органічні добрива та ґрунтосуміші, або в додатковий біогаз шляхом магнітного зневоднення та грануляції з наступною газифікацією методом піролізу та біоконверсією отриманого сингазу в метан.

Гнучкі резервуари заводського виготовлення, монтуються на попередньо підготовлених площадках (проекування, підготовка площадки, виготовлення резервуарів та обладнання, монтаж та підключення займають від 3 до 6 місяців без урахування часу на проведення державної експертизи). Складовими технології SST є:

Таблиця 1

Зведена таблицю якості води до та після відновлення свердловини з якої її видобувають

№	Найменування показників якості води	Одиниці вимірювання	Значення показників, n=3	
			До відновлення	Після відновлення
1.	Загальний вміст розчинених солей*	мг/дм ³	701±1	668±1
2.	Загальна жорсткість**	мг-екв/дм ³	12,8±0,1	12,7±0,15
3.	Вміст загального заліза*	мг/дм ³	0,62±0,02	0,19±0,01
4.	Вміст двохвалентного заліза*	мг/дм ³	0,09±0,01	0,02±0,01
5.	Вміст реактогенних фосфатів**	мг/дм ³	1,25±0,02	1,26±0,02

Примітки: * $p < 0,01$; ** $p > 0,05$.

- 1) Метантенки на основі гнучких резервуарів;
- 2) Аеротенки на основі гнучких резервуарів та ежекторних аераторів;
- 3) Магнітні сепаратори-гранулятори надлишкового анаеробного мулу;
- 4) Газифікатори зневодного та гранульованого анаеробного та аеробного надлишкового активного мулу з отриманням сингазу;
- 4) Біологічні конвертори сингазу в метан на основі ежекторних аераторів;
- 5) Коагулянт залізовмісний із магнітними властивостями;
- 6) Флокулянт із знезаражуючими властивостями;
- 7) Біоорганічні каталізатори типу Еко-Каталіст для інтенсифікації метаногенезу та видалення запахів;
- 8) Біологічні регенератори типу Оксидол для інтенсифікації деамонізації, зменшення енерговитрат на аерацію та зменшення кількості надлишкового активного мулу в аеротенках.

Споруди займають мінімальну територію, з урахуванням відсутності запаху не потребують значної зони санітарної охорони. Основні технологічні процеси на спорудах автоматизовані і не потребують постійної присутності обслуговуючого персоналу. В міжсезоння можливе зберігання гнучких резервуарів у згорнутому вигляді в складських приміщеннях або на відкритих площадках.

Застосування технології SEFITMI дозволяє повністю утилізувати побічні продукти очистки стічних вод (первинний осад, анаеробний та аеробний надлишковий активний мул) шляхом перетворення їхніх органічних компонентів в сингаз та біогаз, що дозволяє отримувати близько 380 кВт-годин на 100 кг ХСК (звичайний метаногенез дає приблизно 190 кВт-годин на 100 кг ХСК), зменшувати ХСК стічних вод перед аеротенком з 400–500 мг/дм³ до 50–80 мг/дм³, що, в свою чергу, дозволяє комунальному підприємству досягти кліматичної нейтральності за рахунок переробки органічних відходів без викидів речовин із високим потенціалом глобального потепління (вартість скорочення викидів парникових газів в Європі складає 54 Євро за тону в перерахунку на CO₂), та отримувати дохід за рахунок використання біогазу для технологічних потреб.

Отриману після очистки воду можна використовувати для поворотного водопостачання, на полив тощо.

Витрати на зведення КОС на основі гнучких резервуарів заводського виготовлення в цілому менші на 25–30% витрат на будівництво або реконструкцію традиційних КОС (за рахунок зменшення капітальних витрат).

Експлуатаційні витрати менші на 20–30%.

Вводиться в експлуатацію черги вищеописаних очисних споруд можуть поетапно, забезпечивши спочатку прийом стоків з вигрібних ям, а потім і повноцінне централізоване водовідведення.

При організації водопостачання з поверхневих джерел з використанням класичних головних споруд водопроводів у більшості випадків відсутня можливість утилізації промивних вод шляхом повернення їх у «головний вузол» водоочисних споруд без погіршення якості підготовленої води, через що щодобово від 5 до 20% виробничої потужності водоочисних споруд у вигляді забруднених промивних вод скидається до водного джерела, що з одного боку помітно зменшує кількість дефіцитної питної води, а з іншого – різко погіршує екологічний стан водного джерела.

Дослідження показали, що корінного покращення ефективності роботи споруд першого ступеня очищення, в яких протікають процеси коагуляції-флокуляції, що завершуються формуванням пластівців, можна досягти тільки у випадку, коли формування зазначених пластівців буде відбуватися в режимі контактної коагуляції, для якого характерне утворення пластівців із високою гідравлічною крупністю.

Найпростішим шляхом забезпечення режиму контактної коагуляції на двоступеневих водоочисних спорудах є безперервна рециркуляція пластівців по спеціально створеному «внутрішньому контуру». Це досягається шляхом технічного переоснащення споруд першого ступеня очищення спеціальними пристроями, так званими рециркуляторами із рециркуляцією осаду, що утворюється в процесі коагуляції та накопичується в освітлювачах чи відстійниках, по «внутрішньому контуру». Таке технічне переоснащення не потребує зміни висотної схеми водоочисних споруд, а тому, може бути реалізоване без значних капіталовкладень [10], а кількість питної води, що може бути подана кінцевим споживачам збільшиться на 5–20%.

Таке технічне рішення вперше в світовій практиці водоочищення забезпечило можливість реалізації контактної коагуляції в два етапи. На першому етапі мінеральні та органічні домішки, що мають бути видалені із води в процесі взаємодії з гідроксидом коагулянту адсорбуються на поверхні контактної середовища, яке утворюється. Процес адсорбції повністю завершується на другому етапі, коли утворене контактне середовище взаємодіє із раніше утвореними пластівцями, які знаходяться у завислому шарі [11].

Було доведено, що використання коагулянтів, флокулянтів, порошкоподібних природних та модифікованих сорбентів для вилучення з води, що проходить очистку, забруднювачів, в тому числі і специфічних, при забезпеченні рециркуляції осаду, що утворюється в процесі коагуляції та накопичується в освітлювачах чи відстійниках, по «внутрішньому контуру», є набагато ефективнішим, ніж у разі використання класичних технологій [12].

Технологія реалізована і у модульних пересувних водоочисних установках МП-ВОС-5000 контейнерного типу потужністю від 50 м³ до 5000 м³ на добу на базі гнучких резервуарів.

Оброблена на головних спорудах водопроводів знесолена чи зібрана опадова вода за даними [13] є корозійно агресивною. Використання ж видобутої з свердловин чи колодязів на територіях з дефіцитом водних ресурсів води з високим солемістом та підвищеною жорсткістю обмежується суто з господарсько-побутової точки зору (утворення накипу на елементах водонагрівальних пристроїв, погане омилання миючих засобів тощо), проте не з медичної точки зору (експерти ВООЗ вважають, що наявні дані не дозволяють визначити обґрунтовані з позиції впливу на здоров'я людини як мінімальні, так і максимальні значення загальної жорсткості питної води, а нормування загальної жорсткості питної води в різних країнах світу відбувається, зважаючи на споживацькі, економічні та операційні позиції). З огляду на це, перед використанням чи подачею у мережу таких вод варто проводити їх стабілізаційну обробку.

За даними доступних літературних джерел, найбільш ефективно одночасно здатні забезпечити контроль корозії та утворення відкладень і використовуються у понад 34-х країнах світу препарати групи СПС-6 (типу Sea-Quest) [14].

Аналіз результатів, проведених авторами в Україні численних досліджень, в тому числі промислових, показав, що при обробці води препаратом групи СПС-6 (типу Sea-Quest) вміст основних катіонів та аніонів суттєво не змінюється, окрім залишкового вмісту PO_4^{3-} , який достовірно ($p < 0,01$) підвищується на 0,2-1,64 мг/дм³ в залежності від дози препарату. Обробка питної води розрахунковими дозами препарату групи СПС-6 (типу Sea-Quest) у поєднанні з хлоруванням води дозволяє запобігти погіршенню якості води за хіміко-органолептичними (запобігає перетворенню безбарвних сполук двовалентного заліза у забарвлені сполуки трьохвалентного заліза тощо), санітарно-токсикологічними (запобігає утворенню тригалометанів у водорозподільчій мережі тощо), мікробіологічними (запобігаючи витратам активного хлору на окислення розчинених у воді хімічних сполук та внутрішніх стінок трубопроводу, зберігає його концентрацію на більш високих рівнях та потенціє проникнення хлору у цитоплазму бактерій тощо) показниками безпеки та одночасно уникнути корозійного зносу трубопроводів, утворення нових відкладень та здійснювати очищення внутрішньої поверхні трубопроводів від попередніх забруднень.

Застосування препарату групи СПС-6 (типу Sea-Quest) на постійній основі дозволяє попереднє вторинне забруднення питної води, що подається кінцевим споживачам, а стабілізаційна обробка питної води може бути рекомендована як один із заходів поліпшення її якості.

Зважаючи на недостатність водних ресурсів належної якості на території Коблівської ОТГ, аграрний напрямок діяльності, інші особливості, стає

актуальним питання повторного використання господарсько-побутових та сільськогосподарських стічних вод, які слід розглядати як вторинну сировину з якої можна отримувати воду на полив та добрива чи енергетичну сировину. Поряд з гравітаційними силами існують і інші сили, які можна ефективно використовувати для відділення дисперсної фази стічних/промивних вод від власне води. Такими є магнітні сили. Показано, що додавання магнітних речовин в якості баластних домішок до складу пластівців, які утворюються при обробці стічних вод, дозволяє не лише їх магнітного осадження, але й істотно зменшує вологості осадів, що з них утворюються під дією статичного магнітного поля. Окрім того, такі осадки набувають яскраво виражених гідрофобних властивостей, що проявляється спонтанним відділенням води з плином часу без будь-якого додаткового зовнішнього впливу. Таке рішення легко технічно реалізується та масштабується, що відкриває широкі перспективи використання методу магнітної сепарації для очистки стічних вод. Застосування магнітних матеріалів та полів для процесів очистки стічних вод є ефективним інструментом, що дозволяє досягти майже 100% видалення зважених часток, а відтак вкрай ефективно відділяти воду від органічних та мінеральних речовин, що розкладаються при нагріванні, термостійких неорганічних речовин тощо на будь-якому з етапів обробки.

Поєднання описаних вище технологічних рішень, найкращих доступних технологій, дозволяє запропонувати комплекс заходів, природоохоронна складова якого повністю відповідає основним принципам раціонального природокористування, які обов'язково враховуються під час розробки/модернізації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів, а саме:

- пріоритетність екологічної оптимальності, яка щорічно враховує в тому числі і циклічність інтенсивності процесів в екосистемах залежно від сонячної активності;
- прийнятний рівень споживання природних ресурсів, що не може коливатися / збільшуватися більше ніж на 2–7% у рік (залежно від ресурсу, ареалу, фази сонячної активності);
- збереження цілісності природних систем у процесі їхнього господарського використання;
- збереження природно зумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності;
- відповідність антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалові регіону.

Висновки та рекомендації. Результати проведених оцінок та досліджень дають підстави стверджувати, що концепція сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням раціонального природокористування має передбачати:

1. Забезпечення збільшення дебіту та поліпшення якості підземних вод методом хімічної промивки та

знезараження водоносних пластів, водопідйомних конструкцій та обладнання свердловин. Зазначено, що використання описаної у даній статті технології підвищує дебіт свердловин у разі та істотно поліпшує ефективність видобування.

2. Унеможливлення вторинного забруднення води, запобігання формуванню у водорозподільчих мережах відкладень, мінімізацію кількості аварій, зменшення корозійного зносу водопровідних мереж, збільшення строку служби санітарної техніки, пральних машин, водонагрівного обладнання, електрочайників, шляхом використання на постійній основі технології стабілізаційної обробки води, що подається у водорозподільчі мережі.

3. Поетапне впровадження технології повного циклу очищення стічних вод SST. Показано, що впровадження технології SST – «Seasonal sewage treatment» не потребує капітальних витрат на будівництво; отриману після очистки воду можна використовувати для поворотного водопостачання – на полив тощо; можливе поетапне введення в експлуатацію черг споруд із забезпеченням спочатку прийому стоків з вигрібних ям, а потім – і повноцінного централізованого водовідведення.

4. Організацію оборотного водопостачання. Показано, що спрямування отриманої після очистки з використанням технології SST води у штучно створені «поверхневі джерела» з подальшим її накопиченням і вилученням на господарсько-питні потреби з попередньою водопідготовкою, що передбачає рециркуляцію пластівців, утворених в процесі коагуляції-флокуляції по «внутрішньому контуру», збільшує кількість питної води, яка може подаватися кінцевим споживачам, на 5–20%, а у разі спрямування води з штучно створених «поверхневих джерел» без

попереднього очищення безпосередньо на полив відкриває, в свою чергу, дає змогу збільшення площі та підтримання біорізноманіття зон зелених насаджень пансіонатів, баз відпочинку тощо.

Імплементация висвітлених у праці технологій з формуванням запропонованого комплексу із достатньою природоохоронною складовою забезпечить стале водозабезпечення Коблівської громади.

Як наслідок, впровадження запропонованого комплексу в повній мірі та на постійній основі забезпечить фізіологічні та побутові потреби населення Коблівської ОТГ у воді належної якості та відповідної кількості, що гарантує дотримання в тому числі і безпекових потреб як індивідуальних, так і екологічних. Терміни експлуатації наявних водопідйомних конструкцій свердловин, водорозподільчих мереж, а також насосного обладнання збільшаться, а витрати на їх експлуатацію – зменшаться, що здешевить у кінцевому рахунку собівартість водопостачання та водовідведення. Функціонування локальних каналізаційних очисних споруд дозволить уникнути існуючі обмеження розвитку господарської діяльності. Досягнута інфраструктурна автономність у частині водозабезпечення дасть змогу, в тому числі, і подальшого аграрного, рекреаційного, промислового розвитку Коблівської ОТГ, що забезпечить задоволення соціальних потреб, а кліматична нейтральність – змогу претендувати на рівноправність громади серед європейських. Отже, доведено, що запропонований комплекс повною мірою враховує соціо-еколого-економічні складові раціонального природокористування та розв'яже найліпші доступні технологічні рішення з достатньою природоохоронною складовою.

Література

1. World Clim. Global Climate and Weather Data : веб-сайт. URL: <https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення : 14.09.2023).
2. Xiaodan Guan, Jianping Huang, Yanting Zhang, Yongkun Xie and Jingjing Liu. (2016) The relationship between anthropogenic dust and population over global semi-arid regions / Atmos. Chem. Phys., 16, 5159–5169, 2016. URL: www.atmos-chem-phys.net/16/5159/2016/ doi:10.5194/acp-16-5159-2016
3. Progress on Drinking Water and Sanitation – 2014 update / WHO Press, World Health Organization, UNICEF Report, 67 p. URL: https://issuu.com/unicefpublishingsnewyork/docs/jmp_report_2014_webeng (дата звернення : 14.09.2023).
4. Офіційний веб-сайт Коблівської об'єднаної територіальної громади (Миколаївська обл., Миколаївський район) : веб-сайт. URL: <https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення : 14.09.2023).
5. Звіт з оцінки впливу на довкілля. Будівництво комплексу берегоукріплюючих споруд для поліпшення стану морської акваторії та благоустрою узбережжя с. Коблево, Березанського району, Миколаївської області. Одеса: ПП НПВО «Еко Консалт Груп», 2018 р., 169 с.
6. Drinking water. Methods of analysis. Official Standards' publish house; 1974: 195 p. (Інформація та документація).
7. ДСанПіІН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства охорони здоров'я від 18.02.2022 № 341. (Інформація та документація).
8. Antomonov M.Yu. Mathematical processing and analysis of medical and biological data : Kyiv, 2006. 558 p.
9. Про першочергові заходи з відновлення і модернізації систем водопостачання територій, що постраждали внаслідок воєнних дій (на прикладі ліквідації наслідків надзвичайної ситуації воєнного характеру на Каховській ГЕС) / О.І. Бондар, К.Ю. Загороднюк, М.Г. Новіков, Ю.В. Загороднюк та ін. Науково-практичний журнал «Екологічні науки» 2023. № 4(49). С. 7–14.
10. Geec V.M. Strategy of water supply in large region development by means of savings of available water, financial and material resources (on the example of Crimea Autonomous Republic / V.M. Geec, Yu.G. Lysenko, V.N. Andrienko, V.G. Bardov,

Yu.V. Zagorodnyuk et al. Матеріали науково-практичної конференції «Вода та довкілля» IV Міжнародного Водного Форуму «AQUA UKRAINE – 2006». Київ, 2006. С. 143–144.

11. Загороднюк К.Ю. Гігієнічне обґрунтування можливих шляхів розвитку систем централізованого господарсько-питного водопостачання в Україні. Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О.Богомольця. 2010. № 27. С. 122.
12. Загороднюк К.Ю. Гігієнічна оцінка використання природних та модифікованих сорбентів у новій технології очистки поверхневих вод для централізованого господарсько-питного водопостачання : автореф. дис. канд. мед. наук : 14.02.01 / К. Ю. Загороднюк; МОЗ України, Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. К., 2012. 24 с.
13. Zagorodniuk K., Bardov V., Omelchuk S., Zagorodnyuk Yu., Pelo I. Ukraine's population water supply: nowadays realities and ecologically-hygienic assessment of possible ways of branch's development / K. Zagorodniuk, V. Bardov, S. Omelchuk [et al.] International scientific periodical journal "The unity of science". Vena (Austria), 2015. P. 193–202.
14. Zagorodniuk K., Bardov V., Omelchuk S., Zagorodnyuk Yu., Pelo I. Hygiene of water and water supply: science, practice, enlightenment work and teaching activity in the Ukraine at the modern stage of its development / K. Zagorodniuk, V. Bardov, S. Omelchuk [et al.] Materials of International scientific-practical congress of pedagogues, psychologists and medics "Driven to discover". – Geneva (Switzerland), 2015. P. 189–199.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ *MELILLOTUS OFFICINALIS* (L.) PALL. НА НАФТОЗАБРУДНеноМУ ҐРУНТІ

Долецька А.С.^{1,2}, Борецька І.Ю.², Романюк О.І.¹, Шевчик-Костюк Л.З.¹, Джура Н.М.²

¹Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка Національної академії наук України
вул. Наукова, 3А, 79022, м. Львів

²Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, 79005, м. Львів
romaniuk@ua.fm, ira.boretska2017@gmail.com

Вирощування енергетичних культур на забруднених та деградованих ґрунтах – перспективний шлях біоенергетичного землекористування. Однак, рекультивация нафтозабруднених територій за використання енергетичних культур та отримання селективної біомаси є непростим завданням, що потребує специфічного підходу як до типу забруднювача так і до можливостей адаптації потенційних енергетичних культур. Буркун лікарський (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) розглянуто, як нову важливу енергетичну культуру з родини Бобових. Буркун лікарський – дворічна трав'яниста рослина заввишки 60–150 см, володіє великою посухостійкістю і азотофіксуючою здатністю. Для кореневої системи *M. officinalis* характерний симбіоз із бульбочковими бактеріями, які здатні засвоювати атмосферний Азот і забезпечувати себе та ґрунт азотовмісними сполуками, баланс яких порушено в нафтозабрудненому ґрунті.

Мета роботи – оцінити ефективність технологій для оптимізації вирощування *Melilotus officinalis* (L.) Pall. з подальшим використанням у фітореMediaційних заходах з відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

Досліджено вплив сорбентів-меліорантів (тирси, сухих трав'яних решток/сіна, лушпиння соняшника), добрив (мінеральних $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{K}_2\text{HPO}_4$, органічних – Агробелум) і гуматів (гуміфілд форте) на ріст рослин *Melilotus officinalis* в умовах нафтового забруднення ґрунту (вміст нафти 5%). Показано, що лушпиння соняшника є найбільш перспективним і доступним агентом пришвидшення фітореMediaції. Досліджено окремий і сумісний вплив мінеральних добрив, гуматів, сорбентів на ріст рослин буркуну лікарського. Найкращі результати отримано за сумісного використання комплексу (лушпиння соняшника + мінеральні добрива + гуміфілд форте), що позитивно впливає на ростові показники буркуну лікарського: збільшення висоти пагона та сумарного вмісту хлорофілів ($a+b$). *Ключові слова:* нафтозабруднені ґрунти, фітореMediaція, буркун лікарський, енергетичні рослини.

Assessment of the efficiency of technologies for optimizing the cultivation of *Melilotus officinalis* (L.) Pall. on oil-contaminated soil. Doletska A., Boretska I., Romanyuk O., Shevchyk-Kostiuk L., Dzhura N.

Growing energetic crops on polluted and degraded soils is a promising way of usage of soils for bioenergetics. However, the recultivation of oil-contaminated territories by energetic crops and obtaining selective biomass is not an easy task, which needs special approach to both the type of pollutant and adaptation abilities of the energetic crops. *Melilotus officinalis* plants are considered as a new important energetic crops. *Melilotus officinalis* species belongs to the *Fabaceae* family. Its root system with root nodules is symbiotic with nitrogen fixation bacteriae, which are able to supply plant and soil with nitrogen compounds, the balance of which in oil polluted soil is disturbed.

The plant has high draught resistance and nitrogen fixation abilities, has large branched above-ground part reaching height 60–150 cm for 2-year plant.

The aim of work is an investigation of effectiveness of usage of *Melilotus officinalis* plants for the remediation of oil polluted soils and optimization of the technology of its growing.

The influence of the following agents on growth of *Melilotus officinalis* plants under oil pollution of the soil (oil content 5%) was studied: sorbent-meliorants: sawdust, dry grassy leftovers/hay, sunflower husk; mineral fertilizers: $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{K}_2\text{HPO}_4$, organic fertilizer– Agrobellum; humates.

It was shown that sunflower husk is the most promising and easily available agent, accelerating phytoremediation. An individual and combined influence of mineral fertilizers, humates and sorbents on growth of *Melilotus officinalis* plants was studied. The best results were obtained under combined use of complex (sunflower husks + mineral fertilizers + Humifield forte), which has positive effect on *Melilotus officinalis* plants – growth parameters of shoot increases in 104,5% as well as total content of chlorophylls $a+b$. *Key words:* oil polluted soils, phytoremediation, *Melilotus officinalis* plants energetic plants.

Постановка проблеми. Розвиток біоенергетичного сектору в Україні з часом сприятиме частковому заміщенню традиційного пального альтернативним. Вважається, що біопаливо в найближчі роки буде максимально вигідним для української економіки і дозволить зменшити енергетичну залежність кра-

їни. Вирощування енергетичних культур на забруднених та деградованих ґрунтах – перспективний шлях біоенергетичного землекористування.

У світі систематично працюють над пошуком нових потенційних енергетичних культур для виробництва, як рідкого, так і твердого біопалива, а також

розглядають їх фітореMediaційні можливості на забруднених землях.

Олійні культури, такі як озимий ріпак (*Brassica napus* L.), ріжій посівний (*Camelina sativa* L.) застосовують для виробництва біодизеля [1]. Світчграс або лозоподібне просо (*Switchgrass – Panicum virgatum* L.) має складові, типові для палива і найчастіше застосовується, як тверде паливо для котлів [2]. Тоді як рослини, що містять цукор і крохмаль, наприклад, цукрові буряки [3], сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* L.) [4] використовують для отримання біоетанолу.

Однак, рекультивация забруднених територій за використання енергетичних культур та отримання селективної біомаси є непростим завданням, що потребує специфічного підходу як до типу забруднювача так і до можливостей адаптації потенційних енергетичних культур до несприятливих умов зростання на забруднених землях.

Найбільш складним забрудненням вважається нафтове через гідрофобність і високу токсичність нафти, значне порушення водоповітряного балансу та співвідношення основних мікроелементів Вуглецю та Азоту в ґрунті, що унеможливує вирощування більшості рослин [5]. Перспективним є використання у фітореMediaційних технологіях різноманітних агентів ремедіації: мінеральних добрив, гуматів, а також сорбентів – речовин, здатних вбирати у великих кількостях нафтопродукти, тим самим запобігаючи їх подальшій міграції. Крім того, більшість сорбентів виконують роль меліорантів – покращують властивості ґрунту, розпушують його, оптимізують газообмін, виступають джерелом важливих мікроелементів, матрицею для зростання мікроорганізмів-деструкторів нафти тощо [5].

Як показують дослідження, одними з найкращих фітореMediaнтів нафтозабруднених ґрунтів є Бобові [6], оскільки мають здатність максимально самостійно забезпечувати себе елементами мінерального живлення, зокрема Азотом, баланс якого порушено в нафтозабрудненому ґрунті. Однак, більшість бобових в процесі свого росту дають невелику біомасу, що обмежує доцільність їх використання, як енергетичних культур. Здійснений попередній відбір потенційних енергетичних культур стійких до нафтового забруднення і придатних для виробництва як газоподібного, так і твердого біопалива показав перспективність використання буркуну лікарського (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) для цих цілей [7, 8].

Буркун лікарський належить до родини Бобових, а отже для його кореневої системи характерний симбіоз із бульбочковими бактеріями. Рослина володіє великою посухо- і азотофіксуючою здатністю, має міцну розгалужену, найбільшу серед бобових сидератів по масі, кореневу систему, яка проникає на глибину до 1–1,2 м. Висота надземної частини у дворічних рослин від 60 до 150 см [7]. Це дає підстави

розглядати *M. officinalis*, як важливу енергетичну культуру з фітореMediaційними можливостями.

Відомостей щодо використання буркуну лікарського для фіторекультивации нафтозабруднених ґрунтів і подальшого використання для енергетичних цілей в літературних джерелах не виявлено.

Тому метою роботи було оцінити ефективність технологій для оптимізації вирощування *Melilotus officinalis* (L.) Pall. з подальшим використанням у фітореMediaційних заходах з відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

Матеріали та методи досліджень. Мікропольові дослідження проводили на території Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України.

Глинистий ґрунт штучно забруднювали нафтою у кількості 5%. Контролем слугував ґрунт без нафти. Для оптимізації вирощування *Melilotus officinalis* (L.) Pall. використовували такі агенти ремедіації: 1) сорбенти – відходи агропромислового виробництва (тирса, сухі трав'яні рештки/сіно, лушпиння соняшника); 2) добрива: мінеральне $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{K}_2\text{HPO}_4$ (добриво) і органічне – Агробелум (відходи дріжджового виробництва ПАТ «Компанія Ензим»); 3) гумати – водний розчин гуміфілд форте 0,1 г/л, яким обробляли насіння буркуну перед посівом.

Мікропольовий дослід включав такі варіанти:

1. Контроль (ґрунт без нафти) + *M. officinalis*;
2. Контроль (ґрунт без нафти) + сіно + *M. officinalis*;
3. Контроль (ґрунт без нафти) + лушпиння соняшника + *M. officinalis*;
4. Контроль (ґрунт без нафти) + тирса + *M. officinalis*;
5. Контроль (ґрунт без нафти) + гумати + *M. officinalis*;
6. Контроль (ґрунт без нафти) + гумати + агробелум + *M. officinalis*;
7. Контроль (ґрунт без нафти) + гумати + добриво + *M. officinalis*;
8. ґрунт + 5% нафти + *M. officinalis*;
9. ґрунт + 5% нафти + тирса + *M. officinalis*;
10. ґрунт + 5% нафти + сіно + *M. officinalis*;
11. ґрунт + 5% нафти + лушпиння соняшника + *M. officinalis*;
12. ґрунт + 5% нафти + гумати + тирса + *M. officinalis*;
13. ґрунт + 5% нафти + гумати + сіно + *M. officinalis*;
14. ґрунт + 5% нафти + гумати + лушпиння + *M. officinalis*;
15. ґрунт + 5% нафти + добриво + *M. officinalis*;
16. ґрунт + 5% нафти + агробелум + *M. officinalis*;
17. ґрунт + 5% нафти + гумати + добриво + *M. officinalis*;
18. ґрунт + 5% нафти + гумати + добриво + тирса + *M. officinalis*;
19. ґрунт + 5% нафти + гумати + добриво + сіно + *M. officinalis*;

20. Ґрунт + 5% нафти + гумати+ добриво + лушпиння соняшника + *M. officinalis*;

Морфометричні параметри рослин вимірювали за загальноприйнятими методиками [9]. Відносну довжину кореня (ВДК) та відносну висоту пагона (ВВП) буркуну лікарського визначали, як відношення довжини у досліді до довжини у контролі, тобто:

- ВДК = (Довжина кореня в досліді / Довжина кореня в контролі) × 100%;

- ВВП = (Висота пагона в досліді / Висота пагона в контролі) × 100%;

Вміст пігментів фотосинтезу у листках рослин досліджували спектрофотометрично [10]. Результати досліджень обробляли статистично з використанням Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу. Морфометричні параметри є одними з найбільш інформативних і визначальних в умовах росту на забруднених нафтою ґрунтах.

Результати дослідження на умовно чистому і нафтозабрудненому ґрунті свідчать про виражену реакцію пагона *M. officinalis* на вміст нафти у ґрунті – відносна висота пагона зменшується на 75% відносно контролю, в той час як відносна довжина кореня – на 45% (табл. 1).

Таблиця 1

Ростові показники *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення

Варіанти дослідів	Довжина кореня, (см)	ВДК, %	Висота пагона, (см)	ВВП, %
Контроль 1 (Ґрунт без нафти)	14,83±0,05	100	63,23±0,05	100
Ґрунт + 5% нафти	8,15±0,05	54,96	15,90±0,05	25,15

Зрозуміло, що вирощування *Melilotus officinalis* на забрудненому нафтою ґрунті є утрудненим і вимагає застосування агентів ремедіації для покращення адаптації та нагромадження біомаси у таких умовах.

Досліджено вплив сорбентів-меліорантів: тирса, травяні рештки/сіно, лушпиння соняшника на ріст рослин *M. officinalis*. Встановлено, що додавання сорбентів до нафтозабрудненого ґрунту сприяє збільшенню висоти пагона на 17–85% у порівнянні з ростовими показниками на нафтозабрудненому ґрунті без додавання сорбентів (Контроль 2) (табл. 2).

Найбільші ростові показники рослин спостерігали у нафтозабрудненому ґрунті з додаванням тирси: висота пагона збільшувалася на 85,54%, а довжина кореня – на 10,43%. Очевидно, що концентрація нафти у ґрунті зменшувалася, завдяки високій сорбуючій здатності тирси, яка фізично зв'язує деяку частину нафти в ґрунті.

Таблиця 2

Ростові показники *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення і сорбентів

Варіанти дослідів	Довжина кореня, (см)	ВДК, %	Висота пагона, (см)	ВВП, %
Контроль 2 (Ґрунт + нафта 5%)	8,15±0.05	100,0	15,90±0.05	100,0
Ґрунт + нафта 5% + тирса	9,00±0.05	110,4	29,50±0.05	185,5
Ґрунт + нафта 5% + сіно	6,05±0,05	74,2	20,50±0.05	128,9
Ґрунт + нафта 5% + лушпиння	7,05±0.05	86.5	18,60±0.05	116,9

Встановлено, що додавання добрив до нафтозабрудненого ґрунту стимулює ростові показники *Melilotus officinalis* (табл. 3), особливо пагона, висота якого збільшувалася на 104–156% у порівнянні з рослинами, які росли на ґрунті забрудненому нафтою (Контроль 2). Довжина кореня у варіанті використання мінеральних добрив у 4 рази більша, ніж за використання органічного добрива агробелум.

Таблиця 3

Ростові показники *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення і добрив

Варіанти дослідів	Довжина кореня, (см)	ВДК, %	Висота пагона, (см)	ВВП, %
Ґрунт + нафта 5% (Контроль 2)	8,15±0,05	100,0	15,90±0,05	100,0
Ґрунт + нафта 5% + мінеральне добриво	7,45±0,05	91,4	32,50±0,05	204,4
Ґрунт + нафта 5% + агробелум	1,80±0,05	22,1	40,85±0,05	256,9

Як відомо, гумати забезпечують активний ріст і розвиток культур, формування високого і якісного врожаю, підвищують стресостійкість рослин до несприятливих умов довкілля [11, 12]. Для підвищення стресостійкості рослин буркуну лікарського до несприятливих умов нафтового заруднення апробували гумати: гуміфілд форте та фульвітал плюс. У попередніх дослідженнях встановили ефективність передпосівної обробки насіння *Melilotus officinalis* стимулятором росту гуміфілд форте у концентрації 0,1 г/л [8].

Проаналізувавши отримані результати, з'ясували, що лушпиння соняшника з гуматами стимулює ріст пагона, а гумати з сіном – кореневу систему рослин *M. officinalis* (табл. 4).

Таблиця 4

Ростові показники *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення й агентів ремедіації (сорбенти + гумати)

Варіанти дослідів	Довжина кореня, (см)	ВДК, %	Висота пагона, (см)	ВВП, %
Контроль 2 (Грунт + нафта 5%)	8,15±0,05	100,0	15,90±0,05	100,0
Грунт + нафта 5% + гумати + тирса	2,25±0,05	27,6	19,20±0,05	120,7
Грунт + нафта 5% + гумати + сіно	6,05±0,05	74,2	23,60±0,05	148,4
Грунт + нафта 5% + гумати + лушпиння	3,90±0,05	47,9	30,60±0,05	192,5

Таким чином гуміфілд форте підвищує стійкість *Melilotus officinalis* до умов нафтозабрудненого ґрунту, а його сумісне використання з лушпинням соняшника стимулює ріст надземної частини на 92,5% у порівнянні з контролем 2.

Отже, з отриманих результатів видно, що за використання комплексу «мінеральні добрива + гумати +

лушпиння соняшника» (табл. 5) висота пагона рослин збільшувалася відповідно на 104,5%.

Для оцінки ефективності технологій для оптимізації вирощування *Melilotus officinalis* з використанням різних агентів ремедіації аналізували біохімічні параметри рослин – вміст пігментів фотосинтезу.

Таблиця 5

Ростові показники *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення й агентів ремедіації (сорбенти, мінеральні добрива, гумати)

Варіанти дослідів	Довжина кореня, (см)	ВДК, %	Висота пагона, (см)	ВВП, %
Грунт + нафта 5%	8,15±0,05	100,0	15,90±0,05	100,0
Грунт + нафта 5% + добриво	7,45±0,05	91,4	32,50±0,05	204,4
Грунт + нафта 5% + гумати + добриво + сіно	8,45±0,05	103,7	28,35±0,05	178,3
Грунт + нафта 5% + гумати + добриво + тирса	2,60±0,05	31,9	20,35±0,05	127,9
Грунт + нафта 5% + добрива + гумати + лушпиння	7,90±0,05	96,9	32,55±0,05	204,5

Таблиця 6

Вміст фотосинтезуючих пігментів у листках рослин *Melilotus officinalis* за впливу нафтового забруднення й агентів ремедіації (сорбенти, добрива, гумати)

Варіанти дослідів	Вміст пігментів, мг/г сирової речовини		
	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіл <i>a+b</i>
Умовно чистий ґрунт			
Контроль (ґрунт без нафти) + лушпиння соняшника	3,41	1,29	4,70
Контроль (ґрунт без нафти) + тирса	3,02	1,30	4,32
Контроль (ґрунт без нафти) + Агробелум	3,41	1,32	4,73
Контроль (ґрунт без нафти) + гумати	3,4	1,16	4,56
Контроль (ґрунт без нафти) + гумати + добриво	3,91	1,46	5,37
Нафтозабруднений ґрунт			
Грунт + 5% нафти	1,22	0,76	1,98
Грунт + 5% нафти + тирса	1,71	0,95	2,66
Грунт + 5% нафти + лушпиння соняшника	1,79	0,84	2,63
Грунт + 5% нафти + гумати + тирса	2,09	1,02	3,11
Грунт + 5% нафти + гумати + сіно	2,07	1,02	3,09
Грунт + 5% нафти + гумати + лушпиння соняшника	2,11	1,01	3,12
Грунт + 5% нафти + добриво	2,23	0,98	3,15
Грунт + 5% нафти + Агробелум	2,25	1,10	3,35
Грунт + 5% нафти + гумати + добриво + сіно	2,19	1,08	3,27
Грунт + 5% нафти + гумати + добриво + тирса	2,21	1,05	3,26
Грунт + 5% нафти + гумати + добриво + лушпиння соняшника	2,32	1,11	3,43

У варіантах із комплексним використанням гуматів, лушпинням соняшника та мінеральних добрив виявлено підвищення вмісту суми хлорофілів ($a+b$) у рослин до значень 3,43 мг/г у порівнянні зі значенням для рослин на нафтозабрудненому ґрунті 1,98 мг/г.

Висновки. Буркун лікарський (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) є перспективною енергетичною культурою для вирощування на ґрунтах забруднених нафтою. Встановлено ефективність використання агентів ремедіації (сорбентів-меліорантів, гуматів, добрив) для підвищення його стійкості в умовах нафтозабрудненого ґрунту. Виявлено, що саме мінеральні добрива $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{K}_2\text{HPO}_4$ стимулювали ріст рослин за впливу нафтового забруднення ґрунту

(5% нафти). Гуміфілд форте підвищував стійкість *Melilotus officinalis* до умов нафтового стресу, а його сумісне використання з лушпинням соняшника забезпечувало збільшення висоти пагона на 92,5%. Оптимальні результати отримано за сумісного використання комплексу «лушпиння соняшника + мінеральні добрива + гуміфілд форте»: висота пагона збільшувалася на 104,5%, а сумарний вміст хлорофілів ($a+b$) – у 1,7 рази.

Отже, отримані результати вказують на ефективність цієї технології для оптимізації вирощування *Melilotus officinalis* (L.) Pall. з подальшим її використанням у фіторемедіаційних заходах з відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

Література

1. Інтенсивна технологія вирощування озимого ріпака : метод. рек. / Ін-т сіл. госп-ва Західного Полісся НААН України. ГО «Рівнен. обл. с.-г. дорадча служба «Наука». Рівне, 2005. С. 11.
2. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Ганженко О. М. Роль і місце фітоенергетики в паливно-енергетичному комплексі України. Цукрові буряки. 2011. № 1. С. 6–7.
3. Романюк О. І., Ощатовський І. В., Шевчик Л. З. Рослинна біомаса – перспективна сировина для отримання синтетичних рідких палив. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Екологія, екологічна кібернетика та хімічні технології. 2015. № 1. С. 22–28.
4. Сторожик Л. І. Перспективи вирощування сорго цукрового, як альтернативного джерела енергії. Цукрові буряки. 2011. № 2. С. 20 – 21.
5. Шевчик-Костюк Л. З., Романюк О. І., Бая А. Р. Підвищення ефективності фіторемедіаційних технологій нафтозабруднених ґрунтів за участі природних сорбентів-меліорантів. Scientific Horizons, 2020, Vol. 23, No. 10. С. 7–16.
6. Шевчик Л. З., Романюк О. І. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів. Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science». 2017. № 1(4). С. 31–39.
7. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. Екологічні науки. Сер. Екологія – 2021. Вип. 39. С. 72–77.
8. Борецька І. Ю., Романюк О. І. Підвищення стійкості *M. Ofsicinalis* до нафтового забруднення ґрунтів. «Хімічні проблеми сьогодення»: зб. Тез. V Міжнародної (XV Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених. Вінниця: Донецький національний університет імені Василя Стуса. С. 13.
9. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. «Нічлава», 2003. С. 316.
10. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. С. 200.
11. Козаренко Д. О. Застосування гуматів – перспективний метод зменшення хімічного навантаження на агроценози. Карантин і захист рослин. 2013. № 8. С. 14–16.
12. Подан І. І., Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення і гуматів на ріст рослин міскантусу. Екологічні науки. Сер. Екологія. 2019. № 2 (25). С. 182–186.

АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мельник-Шамрай В.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
org_vvm@ztu.edu.ua

Стаття присвячена актуальним питанням структури та стану земельних ресурсів Житомирської області, що включають, насамперед, раціональне використання, відтворення та охорону земельних ресурсів. В публікації розглядаються тенденції змін стану земельних ресурсів Житомирської області за останні 10 років. Земельний фонд Житомирської області на 01.01.2022 р. становить – 2982,7 тис. га. Основні види земельних угідь становлять: сільськогосподарські – 50,6%, в тому числі рілля, перелоги, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища; ліси та інші лісовкриті площі – 37,7%; забудовані землі; – 3,0% відкриті заболочені землі – 3,4%; відкриті землі без рослинного покриву – 1,3%; інші землі – 2,4% та території під поверхневими водами – 1,6%. Протягом досліджуваного періоду структура земельного фонду Житомирської області зазнала несуттєвих змін. Так, зменшилася площа сільськогосподарських угідь на 5,5 тис. га, а площа лісів та інших лісовкритих земель зросли на 12,9 тис. га. Розораність земель в Житомирській області становить понад 73,0%, що в 2,8 разів більше у порівнянні з іншими видами сільськогосподарських угідь. Земельні ресурси Житомирської області піддаються впливу ерозійних процесів, техногенному забрудненню та деградації. В Житомирській області майже 2,0% земель від загальної площі території потребують консервації. Сучасний середньозважений показник вмісту гумусу в ґрунті становить – 2,08%, що на 0,13% більше порівняно з 2015 р. Аналіз вмісту поживних елементів (фосфору, калію та азоту) свідчать, що відбулося зростання останнього в 1,2 рази за досліджуваний період. Стратегічним завданням Житомирщини є забезпечення раціонального використання та охорони земель, збереження, відтворення та примноження їх родючості. *Ключові слова:* Житомирська область, земельні ресурси, раціональне використання, земля.

Analysis of the status of use of the land fund of the Zhytomyr region. Melnyk-Shamrai V.

The article is devoted to topical issues of the structure and state of land resources of the Zhytomyr region, which include, first of all, the rational use, reproduction and protection of land resources. The publication examines trends in changes in the state of land resources of the Zhytomyr region over the past 10 years. The land fund of the Zhytomyr region as of January 1, 2022 is 2,982.7 thousand hectares. The main types of land are: agricultural – 50.6%, including arable land, fallow land, perennial plantations, hayfields and pastures; forests and other wooded areas – 37.7%; built-up land; – 3.0% open wetlands – 3.4%; open land without vegetation cover – 1.3%; other lands – 2.4% and territories under surface waters – 1.6%. During the studied period, the structure of the land fund of the Zhytomyr region underwent insignificant changes. Thus, the area of agricultural land is decreased by 5.5 thousand hectares, and the area of forests and other wooded lands is increased by 12.9 thousand hectares. The ploughability of land in Zhytomyr region is more than 73.0%, which is 2.8 times more than other types of agricultural land. Land resources of the Zhytomyr region are exposed to erosion processes, man-made pollution and degradation. In the Zhytomyr region, almost 2.0% of land from the total area of the territory needs conservation. The current average weighted indicator of the content of humus in the soil is 2.08%, which is 0.13% more compared to 2015. The analysis of the content of nutrients (phosphorus, potassium and nitrogen) shows that there was a 1.2-fold increase in the latter over the studied period period. The strategic task of the Zhytomyr region is to ensure the rational use and protection of lands, preservation, reproduction and increase of their fertility. *Key words:* Zhytomyr region, land resources, rational use, land.

Постановка проблеми. Завдяки унікальному фізико-географічному, структурно-геологічному, ландшафтному, гідрологічному розташуванню територія України багата на природні ресурси. Найціннішим національним багатством є земельні ресурси, належне використання яких, дасть можливість забезпечити добробут населення на багато поколінь. Земельний фонд України становить понад 60 млн. га, а його сучасне використання не відповідає вимогам раціонального природокористування. Так, стан земельних ресурсів викликає все більше і більше питань: зменшується вміст і погіршується якість гумусу, підсилюються процеси ерозії, вторинного засолення й осолонцювання, розростаються площі техногенно забруднених і порушених земель. Крім того, порушено екологічно допустиме співвідношення площ рілля, природних кормових

угідь, лісових насаджень, що негативно впливає на стійкість агроландшафтів. Саме тому, дослідження сучасного використання земельних ресурсів необхідне для пошуку шляхів вирішення проблем землезабезпечення та їх раціонального використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми раціонального використання земельних ресурсів в Україні широко розглядаються в наукових публікаціях вчених: Бабміндра Д.І., Булигіна С.Ю., Білик Ю.Д., Бобко А.М., Галушко В.П., Даниленко А.С., Данілова Н.В., Дем'яненко М.Я., Дребот О.І., Добряк Д.С., Лендел М.А., Месель-Веселяк В.Я., Онищенко О.М., Саблук П.Т., Ступень М.Г., Третяк А.М., Фурдичко О.І., Юрчишин В.В., та ін. Наукові публікації, вище зазначених авторів, мають високу та наукову цінність, проте дане питання не втрачає свою актуальність.

Вивчення стану земельних ресурсів Житомирської області відображено в публікаціях багатьох дослідників. Так, в роботі [1] вивчався стану і ефективності використання земельних ресурсів та розглядалися основні напрями відтворення родючості ґрунтів в умовах розвитку високотоварного виробництва. Дослідник [2] вивчав особливості екологічного використання земельних ресурсів Житомирської області при провадженні аграрного виробництва. У публікаціях [3, 4] представлено опис агрохімічного стану ґрунтів орних земель Житомирської області та запропоновано шляхи щодо покращення стану ґрунтів. У роботі [5] охарактеризовано стан земельних ресурсів та ґрунтів Житомирської області, також, значну увагу, приділено їх використанню та антропогенному забрудненню земельних угідь. Автори [6, 7] за допомогою статистичних характеристик розглядають шляхи прогнозування зміни розмірів земельних ресурсів в господарствах Житомирської області. У публікації [8] розглянути стан земельних ресурсів області та деталізовано описано, які еколого-географічні проблеми суттєво впливають на структуру земельних ресурсів регіону. Також важливо відмітити, що значний вплив на земельний фонд регіону здійснює процес накопичення відходів [9]. Житомирська область потрапила в зону впливу викидів Чорнобильської АЕС, тому питанню радіоактивного забруднення земель області приділено значну увагу [10–12]. У публікації [13] проаналізовано територіальний розподіл об'єктів природно-заповідного фонду об'єднаних територіальних громад Коростенського району Житомирської області.

Використання земельних ресурсів Житомирської області не відповідає вимогам раціонального природокористування, а сільськогосподарська освоєність земель перевищує екологічно допустиму. Саме тому наразі є актуальним вивчення тенденцій змін структури земельного фонду Житомирської області.

Метою статті є аналіз сучасного стану використання, відтворення та охорони земельних ресурсів у Житомирській області. Об'єктом досліджень є земельний фонд у Житомирській області. Предмет досліджень – розподіл земельних ресурсів у Житомирській області.

Новизна отриманих матеріалів полягає в тому, що проаналізовано сучасний розподіл земель та угідь в Житомирській області. Результати дослідження можуть бути використані для пошуку шляхів щодо раціонального використання земельних ресурсів та охорони ґрунтів.

Методика досліджень. Дослідження проводилися шляхом збирання інформації з екологічних паспортів та статистичних щорічників щодо вивчення структури земельного фонду регіону, опрацюванні літературних джерел та інтернет-ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Земельний фонд Житомирської області за даними [9] на 1 січня 2022 року становить – 2982,7 тис. га. Аналіз розподілу земель Житомирської області є неоднорідним (рис. 1). Так, основна частка земельних ресурсів припадає на сільськогосподарські угіддя, що в 1,3 рази більше порівняно з лісовими землями, а частка інших видів земель та угідь коливається від 1,3% до 3,4%.

Протягом останніх десяти років структура земельного фонду Житомирської області зазнала несуттєвих змін (рис. 2). В період з 2010 по 2022 рр. відмічено зменшення сільськогосподарських угідь на 5,5 тис. га, території, що покриті поверхневими водами на 0,2 тис. га та інших земель на 0,8 тис. га. Для інших земель області відмічено тенденцію незначного зростання площ. Так, в 2022 р. площа лісів та інших лісовкритих земель зросли на 12,9 тис. га порівняно з 2010 р., забудованих земель – на 0,6 тис. га, відкритих заболочених земель – на 0,2 тис. га та відкритих земель без рослинного

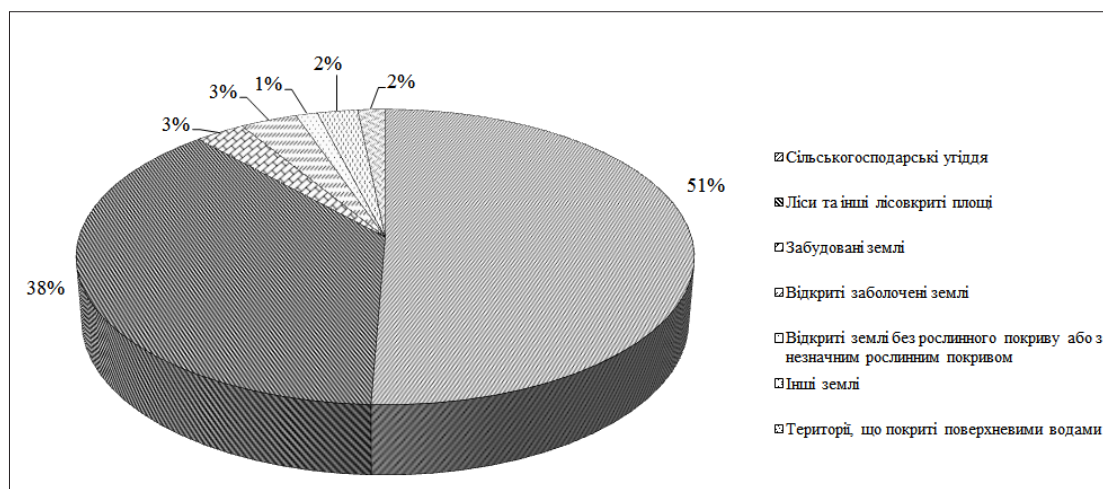


Рис. 1. Структура земельного фонду Житомирської області (станом на 01.01.2022 р.)

Джерело: на основі результатів [14]

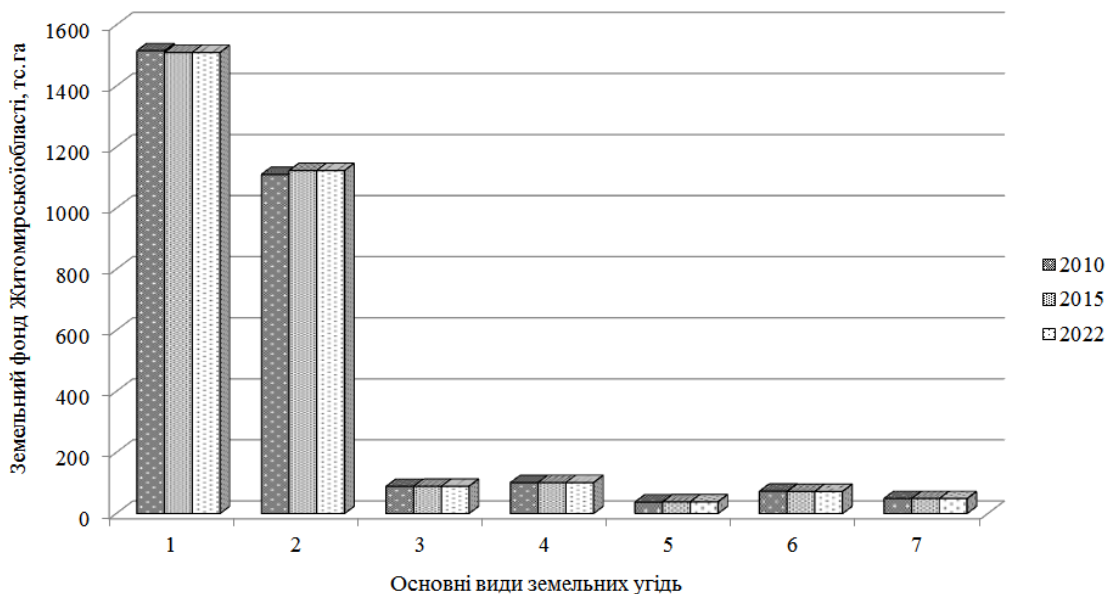


Рис. 2. Динаміка змін структури земельного фонду Житомирської області за період з 2010 по 2022 рр.

Умовні позначення: 1 – сільськогосподарські угіддя; 2 – ліси та інші лісовкриті площі; 3 – забудовані землі; 4 – відкриті заболочені землі; 5 – відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом; 6 – інші землі; 7 – території, що покриті поверхневими водами.

Джерело: розроблено на основі [14–15]

покриву або з незначним рослинним покривом на 0,8 тис. га.

Більшу половину земельного фонду Житомирської області – 50,6% займають сільськогосподарські угіддя. Загальна площа сільськогосподарських угідь з 2010 по 2022 рр. зменшилася на 5,3 тис. га. Варто відмітити, що відбувся значний перерозподіл земель за сільськогосподарськими угіддями (рис. 3). Так,

площа ріллі зросла на 28,1 тис. га за аналізований період, а от площа сіножатих і пасовищ та перелогів зменшилася на 3,2 тис. га та 30,4 тис. га відповідно, а площа багаторічних насаджень лишилась без змін. Отже, можна відмітити, що виробники сільськогосподарської продукції маючи технічне оснащення збільшили прощу рілля за рахунок розробки перелогів.

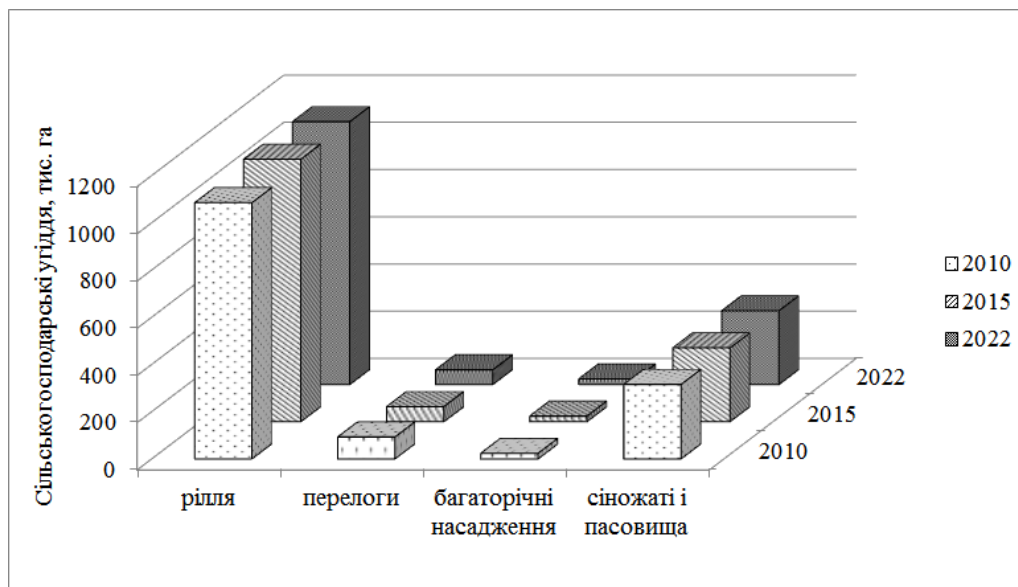


Рис. 3. Динаміка змін структури сільськогосподарських угідь Житомирської області за період з 2010 по 2022 рр.

Джерело: власні дослідження

Внаслідок використання інтенсивних методів та технологій обробітку ґрунту, зміні структури посівних площ, необдуманому внесенні органічних та мінеральних добрив відбувається поступове погіршення земельних ресурсів, що призводить до зростання дегуміфікації, фізичної деградації, росту їх кислотності тощо. Аналіз деградаційних процесів свідчить (рис. 4), що за досліджуваний період спостерігалось зменшення окремих площ земель, які піддавалися впливу.

Так, зменшилася площа земель (с/г угіддя), які піддаються водній ерозії та заболоченість в 9,2 та 4,80 разів відповідно. Великою проблемою є розвиток ерозійних процесів. Так, ерозійним процесам піддано 104,8 тис. га сільськогосподарських угідь, водна ерозія зустрічається в Лісостеповій частині області та Словечансько-Овруцького кряжу, а вітрова – рівномірно поширена по всій області. Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС значна площа лісових масивів та сільськогосподарських угідь області була виведена із користування – 1417,7 тис. га. В Житомирській області є порушеними – 0,19% земель по відношенню до загальної території області 2982,7 тис. га., а лише 0,05% цих земель є рекультивованими. В Житомирській області усього 1,99% земель від загальної площі території потребують консервації, з них: деградовані – 0,22%,

малопродуктивні – 0,7% та техногенно забруднені землі – 1,0%.

Також було проаналізовано, як змінився вміст гумусу в ґрунті в період з 2015 по 2022 рр. (рис. 5). Так, середньозважений показник вмісту гумусу в 2022 р. становив 2,08%, що на 0,13% більше порівняно з 2015 р. Дане зростання можна пов'язати з тим, що зменшилися площі ґрунтів з дуже низьким і низьким вмістом гумусу в 1,1 рази, а з середнім та підвищеним зросли – в 1,15 рази.

Характеристика ґрунту за вмістом азоту, фосфору та калію свідчить, що з 2015 по 2022 рр. середньозважені показники фосфору та калію не змінилися і становлять 119 мг/кг та 80 мг/кг. Тоді як середньозважений вміст азоту, що легко гідролізується в 2022 р. був в 1,2 рази вищий порівняно з 2015 р.

Головні висновки. Земельні ресурси Житомирської області зазнають антропогенних навантажень і деградують, тому збалансоване використання земельних ресурсів стає пріоритетним завданням системи управління земельними ресурсами. Земельний фонд Житомирської області станом на 01.01.2022 р. становить – 2982,7 тис. га. Основна частка земельних ресурсів припадає на сільськогосподарські угіддя і становить – 1510,1 тис. га., що в 1,3 рази більше порівняно з лісовими землями, а площа інших видів земель та угідь коливається від

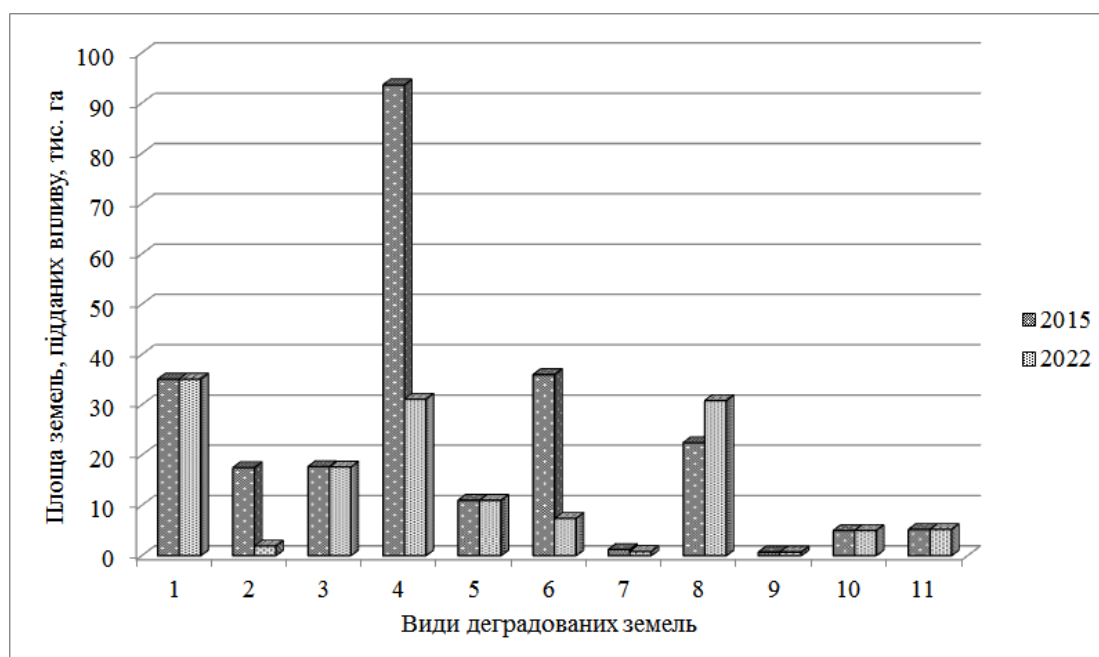


Рис. 4. Поширеність процесів деградації земель в Житомирській області
Умовні позначення: 1 – дефляційно небезпечні землі (с/г угіддя); 2 – землі (с/г угіддя), піддані водній ерозії; 3 – землі (с/г угіддя), піддані сумісній дії водної та вітрової ерозії; 4 – землі (с/г угіддя) з кислими ґрунтами; 5 – землі (с/г угіддя) перезволожені; 6 – землі (с/г угіддя) заболочені; 7 – землі (с/г угіддя) кам'янисті; 8 – забруднені землі (с/г угіддя), які не використовуються у с/г виробництві; 9 – землі, що перебувають у стані консервації; 10 – підтоплені землі; 11 – порушені землі.

Джерело: розроблено на основі [14–15]

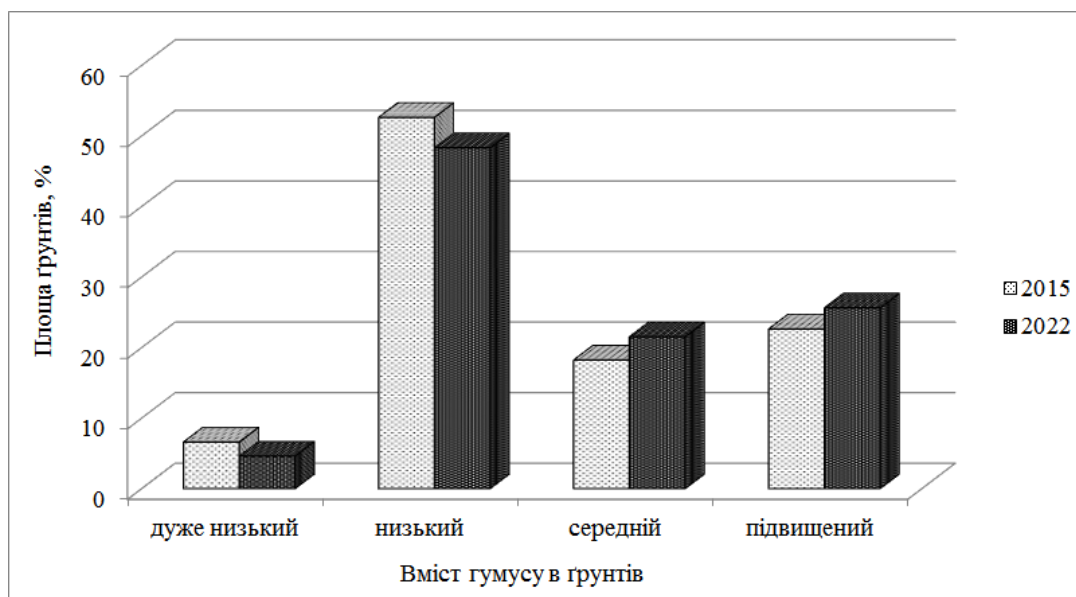


Рис. 5. Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу в Житомирській області

Джерело: розроблено на основі [14–15]

38,3 до 101,2 тис. га. Рілля становить – 73,7% сільськогосподарських угідь, що свідчить про значну розораність регіону, що в свою чергу провокує: зниження рівня гумусу, підвищення кислотності ґрунту та погіршення балансу поживних речовин.

Для покращення стану земельних ресурсів Житомирської області необхідно: забезпечити раці-

ональне використання земель, оптимізувати вирощування сільськогосподарських культур (дотримуватися сівозміни), проводити захист земель від ерозії, здійснювати належну консервацію малопродуктивних та деградованих земель, збалансувати вміст поживних речовин в ґрунті та підвищувати їх родючість.

Література

1. Данкевич В.Є. Стан та ефективність використання земельних ресурсів Житомирської області. Інноваційна економіка. 2013. Вип. 6. С. 116–119.
2. Галич М.А. Агроекологічні основи використання земельних ресурсів Житомирщини. Житомир: Волинь, 2004. 181 с.
3. Трембіцький В. А. Еколого-агрохімічна оцінка стану ґрунтів орних земель зони Полісся Житомирської області. Вісник ДАУ. 2003. № 1. С. 83–90.
4. Трембіцький В. А., Вишневецький Ф.О. Особливості впливу добрив на калійний стан ґрунтового покриву орних земель Житомирської області та шляхи його поліпшення. Вісник ДАУ. 2007. № 2. С. 53–64.
5. Куян В. Г., Євтушок І. М., Марцінівський М. В. Стан земельних ресурсів Житомирщини та шляхи оптимізації. Вісник ЖНАЕУ. 2016. № 1 (53). С.140–152.
6. Горобчук Т. Т. Грабовецький Б. Є. Прогнозування розмірів використання земельних ресурсів господарств по Житомирській області. Вісник ЖНАЕУ. 2014. № 1–2 (43). С. 3–12.
7. Горобчук Т. Т. Грабовецький Б. Є. Тенденції і закономірності зміни земельних ресурсів всіх категорій господарств Житомирської області. Вісник ЖНАЕУ. 2013. С. 38–44.
8. Тарнавська-Тетерська З. М. Динаміка земельних ресурсів Житомирської області (суспільно-географічні та екологічні аспекти). Економічна та соціальна географія. 2012. Вип. 65. С. 154–160.
9. Herasymchuk O., Shamrai V., Lukianova V., Anpilova Y., Rybak O., Lefter I. A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24(1). P. 55–66.
10. Melnyk V., Kurbet T. Current distribution of ^{137}Cs in sod-podzolic soils of different types of forest conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 5/10(95). P. 65–71.
11. Мельник-Шамрай В. В. Вертикальний розподіл ^{137}Cs у ґрунтах свіжого та вологого субору Українського Полісся. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 101–109.
12. Davydova I., Korbut M., Kreitseva H., Panasyk A., Melnyk V. Vertical distribution of ^{137}Cs in forest soil after the ground fires. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9(3). P. 231–240.
13. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацева І.Г. Аналіз територіального розподілу об'єктів природно-заповідного фонду об'єднаних територіальних громад Коростенського району Житомирської області. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. К. : видавничий дім «Гельветика». 2023. № 4(49). С. 186–193.
14. Екологічний паспорт Житомирської області за 2022 рік. URL: <http://surl.li/lfgoe> (дата звернення: 20.09.2023).
15. Екологічний паспорт Житомирської області за 2015. URL: <http://surl.li/lfgox> (дата звернення: 20.09.2023).

УДК 504.054

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.4>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХОДІВ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ҐРУНТ

Самойленко Н.М., Корогодська А.М., Катенін В.Д.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

nataliia.samoilenko@khpi.edu.ua, alla.korohodska@khpi.edu.ua, vadym.katenin@mit.khpi.edu.ua

Світова тенденція використання сонячної енергії є важливим напрямком для сталого розвитку та екологічної стабільності країни. Україна активно розвиває виробництво сонячної енергії, проте війна призвела до значних втрат у сфері сонячної енергетики. Руйнування сонячних електростанцій та приватних домогосподарств, що використовували сонячну енергію, стало причиною утворення значної кількості відходів сонячних фотоелектричних панелей. Це, в першу чергу, стосується Херсонської, Миколаївської та Запорізької областей, де розташовані найбільші сонячні електростанції в країні та проводились чи проводяться активні військові дії.

Серед компонентів зруйнованих сонячних панелей, однією з потенційно небезпечних складових для навколишнього середовища є електрична частина, яка містить мідь. Цей важкий метал чинить негативний вплив на довкілля, а його потрапляння в землю може негативно вплинути на якість ґрунту, водних ресурсів та на здоров'я людини.

Для дослідження даного негативного чинника використовувались дернові ґрунти, що були відібрані у с. Великий Раковець, Закарпатській області, та мідні дроти, які застосовуються у конструкції електричної частини сонячної фотоелектричної панелі. Експеримент проходив у природних умовах, що характеризувались сезонною зміною. Модельний дріт мав механічні пошкодження та обпалення, які характерні для військового ураження електричних провідників. Проведений абсорбційно-спектрометричний аналіз ґрунту показав перевищення ГДК міді у порівнянні з еталонним зразком у всіх випадках: у 2,74 рази при дослідженні дроту з механічним пошкодженням та у 1,34 рази – дроту з обпаленням силіконової ізоляції. Водночас валова концентрація міді у ґрунті, що мав контакт з провідником, зростала до 40 разів.

Результати дослідження можуть бути використані у системі моніторингового аналізу ґрунтів, які постраждали від бойових дій, а також ґрунтів, на яких тривалий час розміщуються відходи сонячних фотоелектричних панелей. Отримані експериментальні дані доцільно застосувати при оцінці екологічного стану ґрунтів певних районів України, що необхідно при розробці науково-обґрунтованих заходів поліпшення екологічної ситуації території країни та зменшення екологічної небезпеки, зумовленої наслідками війни. *Ключові слова:* сонячні фотоелектричні панелі, відходи, ґрунт, мідь, забруднення.

Research on the impact of solar photovoltaic panel waste on soil. Samoilenko N., Korogodska A., Katenin V.

The global trend of using solar energy is an important step towards sustainable development and environmental stability. Ukraine is actively developing solar energy production, but the war has led to significant losses in this field. The destruction of solar power plants and private households that used solar energy has resulted in a significant amount of waste from solar photovoltaic panels. This is particularly concerning in the Kherson, Mykolaiv, and Zaporizhzhia regions, where the largest solar power plants in the country are located and where active military operations have taken place or are currently taking place.

Among the components of destroyed solar panels, one of the potentially hazardous components for the environment is the electrical part that contains copper. This heavy metal has a negative impact on the environment, and its entry into the soil can negatively affect the quality of soil, water resources, and human health.

To investigate this negative factor, sod soils were used, which were taken from the village of Velykyi Rakovets, Zakarpattia region, along with copper wires that are used in the construction of the electrical part of solar photovoltaic panels. The experiment was carried out under natural conditions characterized by seasonal changes. The model wire had mechanical damage and burns, which are typical of military damage to electrical conductors. The absorption spectroscopic analysis of the soil showed an excess of the MPC of copper compared to the reference sample in all cases: by 2.74 times when studying the wire with mechanical damage and by 1.34 times – the wire with burns of silicone insulation. At the same time, the gross concentration of copper in the soil in contact with the conductor increased up to 40 times.

The results of the study can be used in the monitoring and analysis system for soils that have been affected by military actions, as well as soils where waste from solar photovoltaic panels has been deposited for a long time. The experimental data obtained should be applied when assessing the environmental situation of soils in specific regions. This is necessary for the development of scientifically-based measures to improve the environmental situation in the territories of Ukraine. *Key words:* solar photovoltaic panels, waste, soil, copper, pollution.

Постановка проблеми. Сучасний підхід до використання альтернативної енергетики, що поширюється у світі [1, 2], стимулює отримання електричної енергії з використанням сонячних електричних панелей. Україна долучається до цієї тенденції і у довоєнний період активно нарощувала потенціал сонячних електростанцій. Під час військових

дій країна втратила третину потужності сонячної енергетики [3], а руйнування станцій призвело до утворення великої кількості пошкоджених сонячних фотоелектричних панелей (СФЕП), більша частина яких переходить у відходи. Кількість таких відходів особливо зросла з урахуванням ураження СФЕП, що використовувались у домогосподарствах, розташова-

них у районах активних військових дій (Херсонська, Запорізька обл. та ін.). В результаті ударів військової зброї панелі зазнають механічного пошкодження і забруднення вибуховими речовинами, що у тому числі містять важкі метали. Електрична частина панелі, яка є обов'язковим елементом конструкції, піддається руйнуванню і опалюванню, та стає ще додатковим джерелом забруднення довкілля іонами міді. Переробка пошкоджених або відпрацьованих СФЕП є складним та багаторівневим процесом [4]. В умовах війни належна організація поводження з відходами СФЕП ускладнена, а у випадках тимчасово окупованих територій взагалі неможлива. Тому велика кількість відходів СФЕП може тривалий час накопичуватись у місцях їх випадкового розташування і чинить негативний вплив на довкілля, у тому числі на ґрунт.

Актуальність дослідження. Забруднення і порушення ґрунтів внаслідок військових дій для України є надзвичайно важливою та складною проблемою, яка потребує вирішення як у теперішній час, так і відбудовний період. Виведені з ладу сонячні фотоелектричні панелі набувають небезпечних властивостей, зумовлених, в першу чергу, руйнуванням електричного блоку, що містить провідники електричного струму. Іони металу механічно пошкодженого і опаленого дроту акумулюються у ґрунті та можуть переміщуватись з його масами, а також надходити у природні води. Негативна дія важкого металу добре досліджена і стосується міграції забруднюючої речовини у рослини, потраплянні через них в організм людей та зміни властивостей ґрунту. На сьогодні практично відсутні дослідження щодо забруднення вітчизняних ґрунтів відходами сонячних фотоелектричних панелей, особливо небезпечним джерелом яких є електрична частина. Зважаючи на зазначене, дослідження щодо забруднення ґрунтів міддю є вельми актуальними як з теоретичного, так і з практичного аспекту.

Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями. Вплив відходів СФЕП на ґрунт пов'язується з хімічним забрудненням, що викликане надходженням міді. Внесення іонів міді у ґрунт може викликати зміну його властивостей, негативні порушення ґрунтової екосистеми, а при попаданні у організм людини – фактором ризику виникнення патологій. Тому з практичної точки зору необхідна актуальна інформація щодо наявності у ґрунті важкого металу, яка може бути використана у моніторингу забруднення ґрунтів на постраждалих від війни територіях та у подальшому при проведенні відповідної відновлювальної діяльності. Дослідження узгоджуються з завданнями плану відновлення України за проектними пропозиціями Національної програми «Відбудова чистого та захищеного середовища» [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Взаємодія провідників струму та ґрунту вивчається

давно та розглядається з точки зору руйнування металу та ізоляції кабелю чи дроту. Руйнування оболонки електричного провідника є процесом, який передуює активній корозії металу. Процес залежить від умов ґрунтового середовища, що у тому числі включає чинники вологості ґрунту, наявності в ньому хімічних реагентів та ін. [6].

Зважаючи на властивість утворювати захисну окисну плівку, мідь несприятлива до корозії у більшості ґрунтів. Водночас наявність у ґрунті солей хлору, сірки, органічних кислот, а також насиченість киснем сприяє її руйнуванню та протіканню корозії. Виявлено, що найбільша швидкість корозії виявляється в аерованих ґрунтах, особливо глинистих ґрунтах з високим вмістом органічних речовин, що характеризуються підвищеним рівнем сульфідів, сульфатів та/або хлоридів і низькими значеннями рН [7].

Визначення впливу міді на ґрунт досліджувалось багатьма вченими. Відзначається, що забруднення ґрунту мікроелементами, такими як мідь, може вплинути на його функціонування [8]. Вказується, що мідь малорухома у ґрунті, має тенденцію накопичуватись у його верхніх шарах [9] та не піддається біологічному розкладу, а забруднений ґрунт може привести до її підвищеного споживання організмами, що викликає екологічний ризик [9, 10]. Перевищення концентрації міді у ґрунті зумовлює пошкодження тканин, витягнутість клітин кореня, зміну проникності мембран та інгібування переносу електронів при фотосинтезі [11]. На розподіл міді у ґрунті впливають кліматичні, геологічні та ґрунтові фактори [12]. Отже загальною закономірністю забруднення різних ґрунтів міддю може бути порушення росту рослин, поступове зниження в ньому чисельності мікроорганізмів, зміна властивостей ґрунту.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна. Проблема забруднення і відновлення ґрунтів України під час війни є у центрі уваги найважливіших проблем країни. Від війни страждають майже усі регіони України і процес вивчення ускладнюється тим, що територія країни характеризується різними за типом і властивостями ґрунту. Тому дослідження, метою якого є визначення впливу на ґрунти пошкоджених під час військових дій СФЕП, може відзначатись науковою новизною, а також практичною цінністю стосовно прийняття рішень з покращання екологічної обстановки територій.

Новизна. Дослідження щодо проблеми забруднення і відновлення ґрунтів України під час війни відзначається науковою новизною, оскільки у теперішній час у науковій літературі практично не представлені дослідження з даної проблеми, і, зокрема забруднення ґрунтів міддю, яка міститься у пошкоджених СФЕП.

Методологічне або загальнонаукове значення. У якості об'єкта дослідження вибрано

грунт із необробленого поля у с. Великий Раківець Закарпатської області. Вибір здійснювався з урахуванням правил відбору проб, що регламентуються нормативними документами [13, 14]. Умови відбору зразків з однієї ділянки бути однаковими. Точкові проби відбирались методом конверта з п'яти точок на глибині від 1 до 25 см. Кожна маса проби складала 100–200 г. Середній зразок ґрунту з дослідної точки отримувалася змішуванням 3–5 окремих відібраних зразків; маса об'єднаної проби становила близько 1 кг.

Для дослідження використовувався дріт із сполучного короба сонячної панелі марки 12AWG. Мідний дріт мав довжину 5 та 12 см та силіконову ізоляцію. Використовувався дріт двох типів: з частковим механічним пошкодженням та обпалений з руйнуванням ізоляції.

Дріт розміщувався у ємності за схемою: 2 частини дроту на глибину 10 см (середина горщика), та 2 на поверхні, на глибині 1 см. Дослідження проводились на протязі березня – травня у польових умовах.

Після закінчення експерименту висушений ґрунт аналізувався на валовий вміст міді абсорбційно-спектрофотометричним методом. Методика визначення відповідає стандарту ISO 22036:2008 [15].

Викладення основного матеріалу. У результаті досліджень виявлено, що у всіх зразках ґрунту, що мав контакт з електричним провідником, вміст міді перевищує ГДК, що складає 55 мг/кг [16]. Порівняльний вміст міді у ґрунті представлений на рис. 1.

Ґрунт, вибраний для дослідження, відноситься до дернових (рис. 2).

В районі дослідження зустрічаються дернові опідзолені та оглеєні ґрунти.

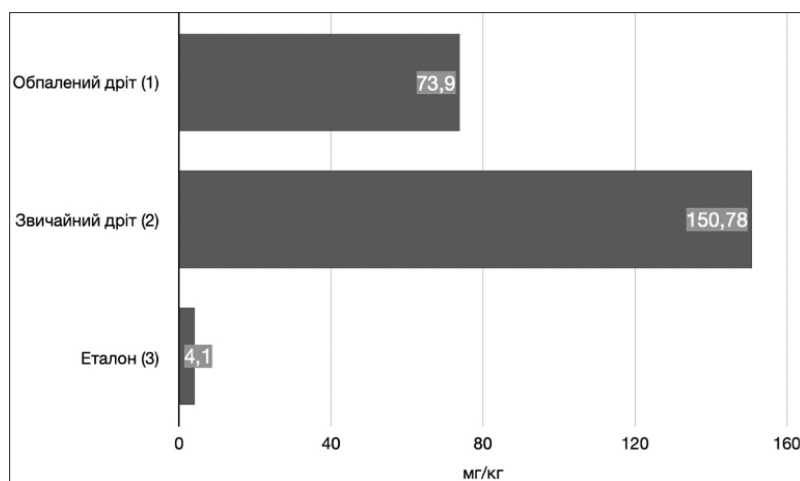


Рис. 1. Дослідження вмісту міді у ґрунті



Рис. 2. Типи ґрунтів Закарпатської області [17]

тів може суттєво відрізнитися в залежності від місцезнаходження, але особливістю для дернових опідзолених та оглеєних ґрунтів є високий вміст гумусу та низька кислотність. Глини, що проявляють високу адсорбційну здатність, у дернових ґрунтах присутні у незначній кількості.

Опідзолені ґрунти мають менший вміст гумусу та більш складний склад. Вони зазвичай бідніші на макро- та мікроелементи, а їх кислотність може бути досить високою. Глини в опідзолених

ґрунтах містяться у менших кількостях порівняно з дерновими.

Оглеєні ґрунти зазвичай характеризуються значною кількістю органічних решток, що можуть бути корисними для росту рослин. Однак, вони також можуть бути бідні на кисень та інші елементи. Глини в оглеєних ґрунтах містяться у менших кількостях порівняно з дерновими ґрунтами.

Дернові ґрунти можуть містити значну кількість оксидів заліза та алюмінію, що відіграють важливу

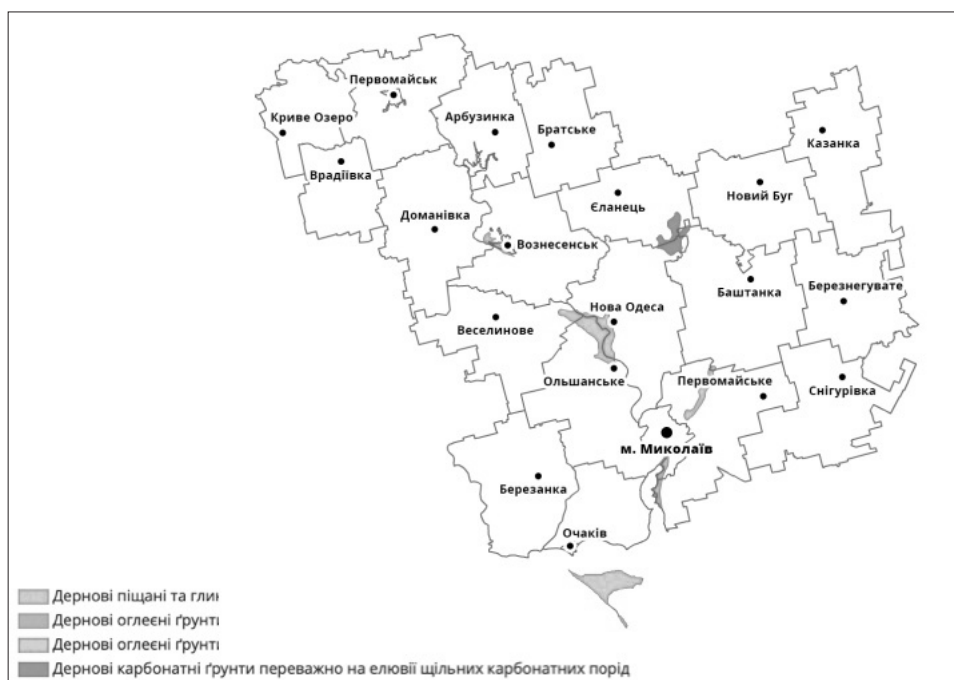


Рис. 3. Типи ґрунтів Херсонської області [17]

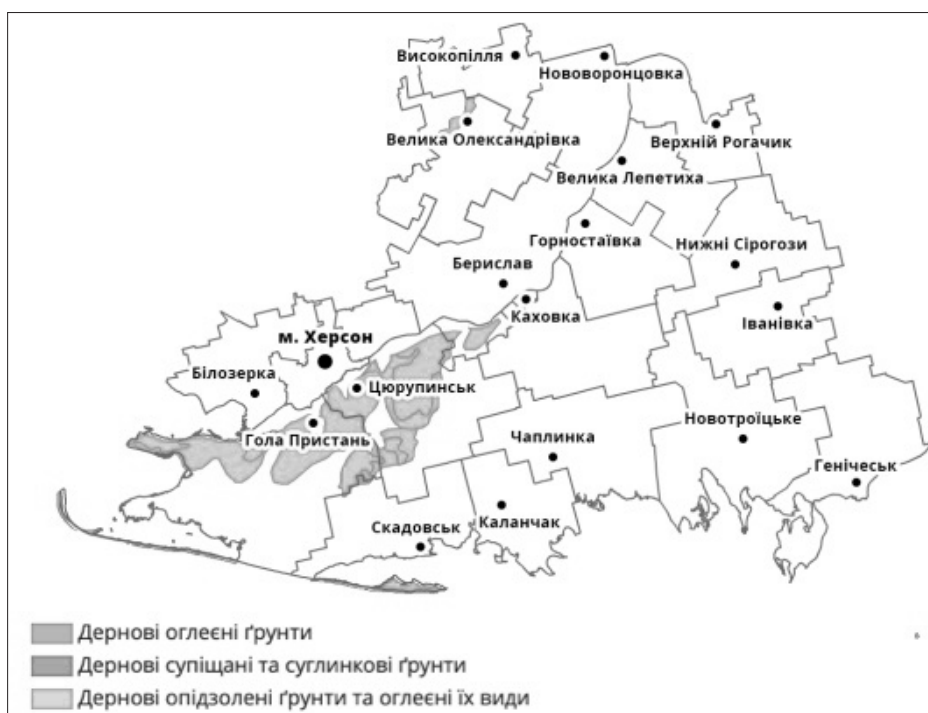


Рис. 4. Типи ґрунтів Миколаївської області [17]

роль у підтримці структури ґрунту та його хімічних властивостей.

Мідь може взаємодіяти з оксидами та гідроксидами заліза та марганцю, що присутні в дернових ґрунтах. Це може призвести до утворення мідних оксидів та гідроксидів, які можуть бути менш розчинні в воді та менш мобільні в ґрунті. Водночас ефект від взаємодії міді з ґрунтом залежить від конкретних умов, таких як рівень кислотності та наявність інших елементів у ґрунті [18, 19].

Аналогічні досліджуваному ґрунту на території України дернові ґрунти розташовані у Херсонській (рис. 3) та Миколаївській області (рис. 4). Слід зазначити, що у Херсонській області знаходяться і найбільші сонячні станції.

Головні висновки. Мідні дроти, що залишаються у ґрунті після пошкодження СФЕП, є джерелем

небезпеки забруднення ґрунту важким металом. У природних умовах досить швидко провокується процес переходу іонів міді у ґрунт і вміст металу може перевищувати нормативний рівень. Як наслідок цього явища, у місці розташування відходів СФЕП може проходити зміна властивостей ґрунту, міграція важкого металу у поверхневі води. Також негативний вплив здійснюється на рослини і опосередковано на здоров'я людей.

Перспективи використання результатів дослідження. Проведені дослідження надають дані, що можуть бути використані при аналізі та оцінці ґрунтів, які постраждали від бойових дій на територіях СЕС і домогосподарств, а також при плануванні і проведенні діяльності з визначення стану ґрунтів в регіонах України та діяльності зі зменшення екологічної небезпеки наслідків війни.

Література

1. Chowdhury M.S., Rahman K.S., Chowdhury T., Nuthammachot N., Techato K., Akhtaruzzaman M., Tiong S.K., Sopian K., Amin N. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. *Energy Strategy Reviews*, 27, 2020.
2. Самойленко Н.М., Катенін В.Д., Баранова А.О. Переробка та утилізація фотоелектричних панелей. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: New solutions in modern technology : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків : НТУ «ХПІ», 2021, № 2(8), С. 121–126.
3. Через війну в Україні не працюють 90% потужностей вітрової енергетики. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/541688-cherez-viynu-v-ukraini-ne-pratsuyut-90-potuzhnostey-vitrovoi-energetiki> (дата звернення: 02.09.2023).
4. Катенін В.Д., Самойленко Н.М. Сучасний стан операцій поводження з відходами сонячних фотоелектричних панелей в Україні. *Вісник Хмельницького національного університету*. Сер.: Технічні науки, 2022, 5(313), 89–93.
5. План відновлення України. URL: <https://recovery.gov.ua> (дата звернення: 2 вересня 2023).
6. Кучерява І.М. Чинники надійної експлуатації сучасних силових кабелів із твердою ізоляцією. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, вип. 64, Травень 2023, с. 053, doi:10.15407/publishing2023.64.053.
7. Camitz G., Vinka T.-G. Corrosion resistance of copper in Swedish soils. *CEOCOR Congress 2003, Sicily*. URL: https://ceocor.lu/download/2003_sicily/CAMITZ-VINKA-2003-Corrosion-Resistance-of-Copper-in-Swedish-Soils.pdf (дата звернення: 2 вересня 2023).
8. Panagos P., Hiederer R., Borrelli P., Lugato E., Montanarella L., Kempen B. Mapping risks associated with soil copper contamination using availability and bio-availability proxies at the European scale. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 2018, 10645–10655.
9. De Melo E.E.C., de Oliveira L.M., Santos C.F., Alves M.C., Pereira F.J., de Araújo M.C.U. Soil contamination by copper: Sources, ecological risks, and mitigation strategies in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(29), 2023, 44885–44898.
10. Huang J., Li J., Li W., Liu X., Du H. Does Copper Contamination Affect Soil CO₂ Emissions? A Literature Review. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 2021.
11. Шепелюк М.О. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах різних екологічних зон міста Луцька. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*, 2(107), 2019, 41-50. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.41>
12. European Soil Data Centre. Copper in topsoils. URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/copper-topsoils> (дата звернення: 2 вересня 2023).
13. ДСТУ ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб. Київ: Держспоживстандарт України, 2006, 31 с.
14. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Київ: Держспоживстандарт України, 2005, 5 с.
15. ISO 22036:2008 Soil quality – Determination of trace elements in extracts of soil by inductively coupled plasma – atomic emission spectrometry.
16. Кураєва І.В., Рога І.В., Сорокіна Л.Ю., Голубцов О.Г. Оцінка вмісту важких металів та умов їх міграції в агроландшафтах Тернопільської області. *Вісник НУБіП України*. Серія: Агроекологія, 1, 2019, 114–121.
17. Карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy> (дата звернення: 2 вересня 2023).
18. Luo C., Shen Z., Li X. Copper speciation and adsorption-desorption behavior in soils amended with copper sulfate. *Journal of Environmental Sciences*, 21(11), 2009, 1479–1485.
19. Mousavi S. R., Kaveh-Farsani Z., & Homae M. Copper mobility in soil: A review of mechanisms, pool size, and controlling factors. *Pedosphere*, 29(5), 2019, 541–552.

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ М. ЗАПОРІЖЖЯ

Бєлоконь К.В.¹, Мальований М.С.², Тарабан Є.В.¹

¹Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя

²Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 12, 79000, м. Львів

kv.belokon@gmail.com, myroslav.mal@gmail.com, reshka166@gmail.com

Місто Запоріжжя – промисловий центр Сходу України. У регіоні зосереджені підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає близько 90% викидів усіх забруднюючих речовин. Означено пріоритетність шкідливих забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх вплив на здоров'я людини. Постійний тиск забрудненого повітря на здоров'я населення позначається на показниках захворюваності та смертності. В першу чергу – це зростання хронічних захворювань органів дихання, зору, імунної та центральної нервової систем, серцево-судинних захворювань. Період розрахунків обирався таким чином, щоб порівняти ризики для здоров'я населення у різні періоди – коли промислові підприємства працювали на повну потужність (2019 р.), під час спалаху коронавірусу (2020–2021 рр.) та воєнного стану (2022 р.). У праці представлено метод оцінки ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря відповідно до методології ЕРА. Здійснено оцінку ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря у заводському та Вознесенівському районах м. Запоріжжя. Розраховано ризики виникнення неканцерогенних ефектів (коефіцієнти та індекси безпеки при хронічному впливі забруднюючих речовин).

Зазначено, що результати розрахунків сумарних індексів безпеки під час оцінки хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств знаходилися на досить високому рівні (HI = 22,62÷32,14) у 2019–2022 роках. Вони також засвідчують наявність значної кількості скарг, проявів хронічних захворювань у експонованого населення та необхідність розробки заходів з мінімізації ризиків на здоров'я населення. Результати досліджень актуалізовані для прийняття науково-обґрунтованих управлінських рішень у галузі екологічної безпеки та забезпечення комфортних умов життєдіяльності людини. *Ключові слова:* атмосферне повітря, коефіцієнт безпеки, індекс безпеки, експоноване населення, хронічний вплив, захворювання, ризик.

Assessment of the risk to public health from anthropogenic load on the atmospheric air of Zaporizhzhia. Belokon K., Malovanyu M., Taraban Ye.

The city of Zaporizhzhia serves as the industrial hub of Eastern Ukraine, housing enterprises engaged in ferrous and non-ferrous metallurgy, heat power engineering, chemistry, mechanical engineering, and the food industry. Collectively, these sectors account for approximately 90% of all pollutant emissions in the region. A list of priority harmful pollutants in the atmospheric air and their impact on human health has been determined. The constant pressure of air pollution on public health affects morbidity and mortality rates, primarily leading to an increase in chronic diseases of the respiratory system, vision, immune and central nervous systems, as well as cardiovascular diseases.

The calculation period was chosen to enable the comparison of risks to public health during different periods: when industrial enterprises were operating at full capacity (2019), during the periods of the coronavirus pandemic (2020–2021), and under martial law (2022). The paper presents a method for assessing the risk to public health due to air pollution, following the EPA methodology. An assessment of the risk to public health from air pollution was conducted in the Zavodsky and Voznesenovsky districts of Zaporizhzhia. The risks of non-carcinogenic effects on the exposed population were calculated, including coefficients and hazard indices for chronic exposure to pollutants. It was established that the results of total hazard indices calculations, assessing chronic inhalation effects of pollutant emissions from industrial enterprises, reached a very high level (HI = 22.62 to 32.14) during 2019–2022.

The calculation results indicate the presence of mass complaints and the occurrence of chronic diseases in the exposed population, highlighting the urgent need to develop measures to minimize the risk to public health. The research findings presented in the article are pertinent for making scientifically based management decisions in the field of environmental safety and ensuring comfortable living conditions for human life. *Key words:* atmospheric air, hazard coefficient, hazard index, exposed population, chronic exposure, disease, risk.

Постановка проблеми. Один з найбільш впливових чинників, від якого залежить стан здоров'я населення міста, – техногенне забруднення навколишнього середовища. За ступенем хімічної небезпеки провідним фактором ризику для людини є забруд-

нення атмосферного повітря. Рівень та характер ризику залежить від особливостей промислового розвитку населеного пункту та різноманітності джерел забруднення. Забруднення атмосферного повітря може спричиняти специфічну, неспецифічну, гостру

та хронічну дію на організм людини [1]. Що, в свою чергу, може вплинути на зростання серед населення гіпертонічних захворювань, кількості випадків утворення злоякісних новоутворень та патології органів дихання [2].

Місто Запоріжжя – великий металургійний центр України і входить до складу Придніпровського регіону. У місті на відносно невеликій площі розташовано 40% чорної та кольорової металургійної промисловості, 20,5% хімічної та машинобудівельної промисловості, 41% енергетики. Тому для міста Запоріжжя та, власне, й для багатьох інших промислових міст України, що мають значну кількість джерел забруднення атмосферного повітря, обґрунтування безпечних для здоров'я обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є досить актуальним [3].

Актуальність дослідження. Здійснений аналіз викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря міста Запоріжжя засвідчив перевищення референтних доз відповідних хімічних сполук. Розвиток міста Запоріжжя відбувався таким чином, що великі промислові підприємства опинилися в безпосередній близькості до селітебної зони. Багато житлових забудов розташовані у межах санітарно-захисних зон промислових потужностей. Над містом часто – густо спостерігається жовто-сиза димка смогу, що утворюється викидами промислових об'єктів, сконцентрованих на відносно невеликій території. Рельєф місцевості – хвиляста рівнина з ярусно – балочною мережею – погіршує провітрювання території та умови розсіювання викидів забруднюючих речовин.

Основні підприємства міста розташовані на промисловому майданчику, який знаходиться в північно-східній частині міста. Таким чином, забруднення атмосферного повітря над основними районами міста відбувається при напрямках вітру від північно-західного через північ – до східного. При південному напрямку вітру забруднюється Заводський район, у якому, крім промислових підприємств, також знаходиться селітебна зона. Південно-західний та західний вітри сприяють виносу забрудненого повітря за місто. Вітер, швидкість якого 0–4 м/с, забруднює місто незалежно від напрямку [4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Результати праці спрямовані на вирішення задач, поставлених для досягнення норм якості повітря за рекомендаціями ВООЗ, Директиви 2008/50 та граничних величин – рівнів забруднювальних речовин, визначених постановою Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 827 з метою уникнення, попередження чи зменшення шкідливих впливів на здоров'я людини та/або на навколишнє природне середовище в цілому. Отримані дані можуть використовуватися в практичній діяльності ДУ «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України», Комунальної уста-

нови «Адміністрація з питань охорони здоров'я» Запорізької міської ради та управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради, департаменту захисту довкілля Запорізької обласної державної адміністрації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні [5] зазначено, що найбільш небезпечний стан атмосферного повітря спостерігається в Донецькій, Дніпропетровській, Луганській областях (5 клас) та в Запорізькій області (4 клас). За розрахунками, у місті Запоріжжя спостерігається високий індекс забруднення атмосферного повітря за п'ятьма пріоритетними речовинами. Основними хімічними компонентами, що потрапили в атмосферне повітря у 2020 році від стаціонарних джерел, це речовини у вигляді суспендованих твердих часток, діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, метан та інші. Найбільша кількість викидів від стаціонарних джерел у 2020 році спостерігалася у Донецькій області – 750,9 тис. т, Дніпропетровській – 534,6 тис. т та Запорізькій області – 155,4 тис. т. Автори статті наголошують на подальшому дослідженні стану атмосферного повітря та прийнятті необхідних управлінських рішень щодо вжиття відповідних природоохоронних заходів.

У роботах [6–8] зазначено, що контроль за станом атмосферного повітря є важливою ланкою системи моніторингу довкілля, адже надає інформацію щодо рівня забрудненості компонента, який першочергово та не опосередковано впливає на здоров'я людей. Згідно з розрахунками, проведеними авторами, аналіз відповідності потужності виробництва у місті Запоріжжі та рівнів КІЗА засвідчив, що за умов різкого падіння виробничих потужностей відбувається зменшення вмісту пріоритетних забруднюючих речовин. Проте КІЗА в зоні експозиції знаходиться на небезпечному рівні забруднення атмосферного повітря.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Постійне забруднення атмосферного повітря впливає на загальний стан здоров'я населення промислового міста. Мета роботи – визначення неканцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя за період 2019–2022 роки від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами. Дослідження спрямовувалося на вирішення таких завдань: оцінити токсичність викидів та сформулювати перелік пріоритетних забруднюючих речовин атмосферного повітря, що характеризують вплив на здоров'я населення; розрахувати неканцерогенні ризику за коефіцієнтами та індексами безпеки (Н_Q, Н_I) для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення атмосферного повітря промислового міста за період 2019–2022 роки.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проводили відповідно до міжнародної

методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів: ідентифікації небезпеки, оцінки «доза-відповідь», оцінки експозиції та характеристики ризику [9]. У методиці подається така градація рівнів ризику розвитку неканцерогенних ефектів: надзвичайно високий ($HQ/NI > 10$, масові скарги, виникнення хронічних захворювань); високий ($HQ/NI = 5-10$, існує ризик розвитку несприятливих ефектів у більшості населення); середній ($HQ/NI = 1-5$, існує ризик розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення (неприпустимий для населення, допустимий для виробничих умов)); низький ($HQ/NI = 0,1-1,0$, ризик виникнення шкідливих ефектів є нехтувано малим); мінімальний ($HQ/NI \leq 0,1$, ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній).

Також використовувалися санітарно-гігієнічні (для оцінки забруднення атмосферного повітря шкідливими хімічними речовинами), аналітичні (оцінка токсичності речовин), математичні (ймовірнісна оцінка для розрахунків рівнів ризику для здоров'я експонованого населення) методи дослідження.

Сценарій та характеристика впливу забруднюючих речовин, обраних для умов Заводського та Вознесенівського районів, представлена в табл. 1.

З метою створення формуляру пріоритетних потенційно шкідливих хімічних сполук від промислових підприємств спочатку склали максимально повний список всіх хімічних речовин, здатних впливати на людину на досліджуваній території. Зокрема, враховувалися такі критерії вибору пріоритетних забруднюючих речовин: оцінка токсичності забруднюючих речовин, здатних впливати на здоров'я населення; аналіз даних відносно параметрів небезпеки та залежностей «доза-відповідь» (референтні

концентрації; фактори канцерогенного потенціалу; чинні вітчизняні нормативи: гранично допустимі концентрації максимально разові та середньодобові (ГДКм.р., ГДКс.д.), орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ)); оцінка спрямованості впливу на органи та системи людського організму.

Зважаючи на критерії відбору пріоритетних забруднюючих речовин, що викидають в атмосферне повітря стаціонарні джерела промислових підприємств, було сформовано перелік пріоритетних забруднюючих речовин за чотири роки (2019–2022 рр.), необхідних для проведення подальших досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення. У переліку – 8 хімічних сполук, з яких до 2 класу небезпеки (високонебезпечні речовини) відносяться – сірководень, фенол, формальдегід, сірковуглець; до 3 класу небезпеки – азоту діоксид, ангідрид сірчистий, завислі речовини, до 4 класу небезпеки – вуглецю оксид [10].

Усереднені рівні річних концентрацій забруднюючих речовин за 2019–2022 рр., які формують експозиційні навантаження на здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя, було надано ДУ «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України». На основі розрахованих рівнів експозиції були означені характеристики ризиків для Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря, обумовлені викидами промислових підприємств, що мали неканцерогенні ризики, зокрема, коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ), індекси небезпеки для сукупності речовин та сумарні індекси небезпеки (NI).

Викладення основного матеріалу. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки під час оцінки інгалаційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у досліджуваних районах м. Запоріжжя за 2019–2022 рр. свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$), зокрема: для пилу та формальдегіду – на високому рівні; ангідриду сірчистого, діоксиду азоту, фенолу, сірководню – середньому рівні; оксиду вуглецю – низькому рівні; сірковуглецю – мінімальному рівні.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки у Заводському районі за 2019–2022 роки наведено в табл. 2 та на рис. 1, у Вознесенівському районі – в табл. 3 та на рис. 2. З таблиць видно, що найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя здійснюють викиди пилу ($HQ = 5,18 \div 7,6$) та формальдегіду ($HQ = 4,96 \div 10,25$), показник коефіцієнта небезпеки таких речовин за досліджуваний період знаходиться на високому рівні, що призводить до скарг та ризику розвитку несприятливих ефектів у більшості населення промислового міста. З таблиць видно, що неканцерогенний ризик для здоров'я населення від хронічного впливу зважених речовин, формальдегіду, ангідриду сірчи-

Таблиця 1

Сценарій і маршрут впливу забруднюючих речовин

Елементи аналізу експозиції	Характеристика експозиції
Агенти	хімічні забруднюючі речовини
Джерела	викиди підприємств в атмосферне повітря від стаціонарних організованих джерел
Шлях впливу	інгалаційний (дихання повітрям)
Тривалість експозиції	неканцерогенні ефекти
Географічне охоплення	Заводський та Вознесенівський райони м. Запоріжжя
Період оцінки	2019–2022 роки
Тип впливу за часом контакту	хронічний

Таблиця 2

Порівняння розрахунків коефіцієнтів небезпеки по Заводському районі

№	Назва речовини	НҚ, Заводський район			
		2019	2020	2021	2022
1	Зважені речовини	7,6	5,18	7,37	7,53
2	Ангідрид сірчистий	2,6	2,25	2,54	3,25
3	Діоксид азоту	2,7	2,6	4,94	3,08
4	Фенол	2,5	1,83	2,58	2,09
5	Формальдегід	5,00	7,33	5,75	10,25
6	Вуглецю оксид	1,01	0,69	0,97	0,99
7	Сірководень	6,00	5,50	4,49	4,88
8	Сірковуглець	0,06	0,05	0,06	0,07

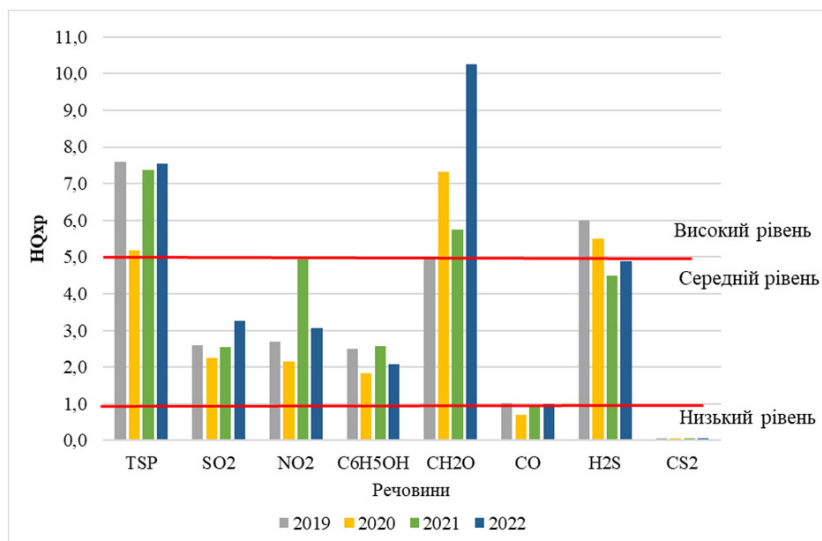


Рис. 1. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин у Заводському районі

Таблиця 3

Порівняння розрахунків коефіцієнтів небезпеки по Вознесенівському районі

№	Назва речовини	НҚ, Вознесенівський район			
		2019	2020	2021	2022
1	Зважені речовини	7,53	6,99	7,22	6,87
2	Ангідрид сірчистий	2,51	1,59	2,37	2,03
3	Діоксид азоту	3,61	2,45	3,62	1,65
4	Фенол	2,13	1,35	2,08	1,52
5	Формальдегід	4,96	7,23	7,54	5,83
6	Вуглецю оксид	1,00	0,93	1,02	0,82
7	Сірководень	4,30	4,67	4,38	3,83
8	Сірковуглець	0,06	0,05	0,07	0,07

стому збільшився з 2019 по 2022 роки, ризик від дії сірководню зменшився.

Річні середні значення індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у період 2019–2022 рр. у Заводському та Вознесенівському районах міста Запоріжжя перевищують допустимі рівні ризиків (рис. 3, рис. 4). Найшкідливіший вплив забруднюючих речовин спостерігається на органи дихання (надзвичайно висо-

кий рівень $HI = 24 \div 31$), серцево-судинну систему (високий рівень $HI = 5 \div 10$), додаткову смертність (високий рівень $HI = 7 \div 10$), вроджені дефекти розвитку (високий рівень $HI = 5 \div 8,7$), органи зору (високий рівень, $HI = 7 \div 12$), імунну систему (високий рівень, $HI = 5 \div 10$). Безпосередня близькість промислових підприємств до селітебної зони призводить до масових скарг населення та спричинює розвиток хронічних захворювань. Вплив на центральну імунну систему ($HI = 2 \div 3,6$), кров

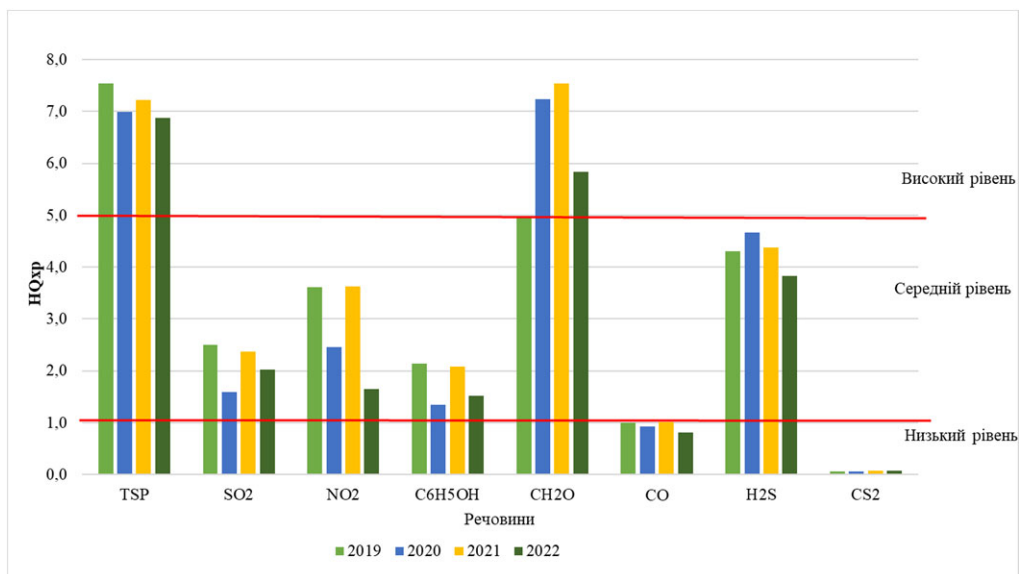


Рис. 2. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі

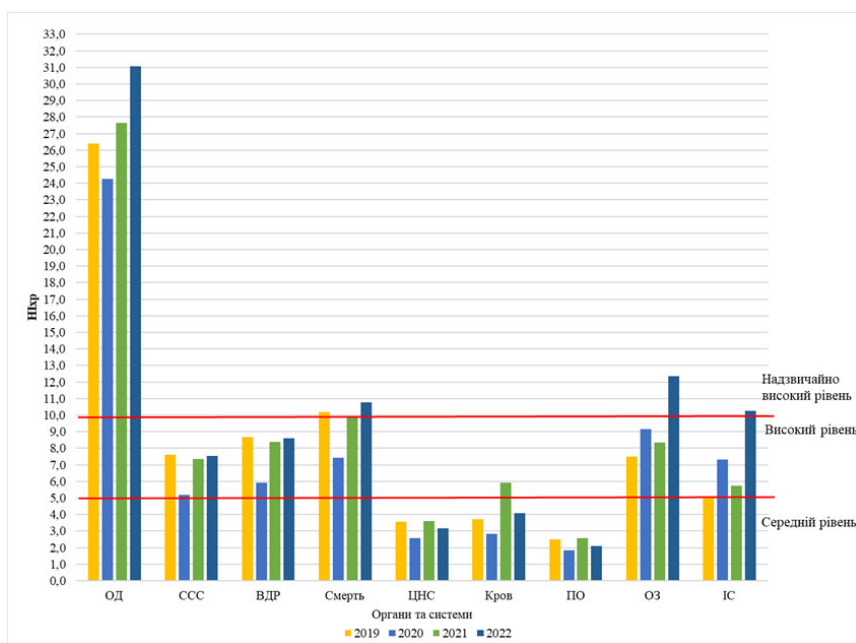


Рис. 3. Середні значення індексів небезпеки під час оцінки хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у період 2019–2022 рр. у Заводському районі міста Запоріжжя

(HI = 2,5÷6) та паренхіматозні органи (HI = 1,3÷2,6) знаходиться на середньому рівні, що призводить до розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення.

Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки, одержаних під час оцінки хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин (рис. 5) від промислових підприємств, свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів (HI > 1) та знаходяться на досить високому рівні у 2019–2022 рр:

у Заводському районі: 2019 р. – HI = 27,48, 2020 р. – HI = 24,99, 2021 р. – HI = 28,69, 2022 р. – HI = 32,14;

у Вознесенівському районі: 2019 р. – HI = 26,11, 2020 р. – HI = 25,25, 2021 р. – HI = 28,31, 2022 р. – HI = 22,62.

Висновки. У Заводському та Вознесенівському районах м. Запоріжжя спостерігаються скарги та прояви хронічних захворювань у населення. Високий рівень ризику зумовлений особливостями

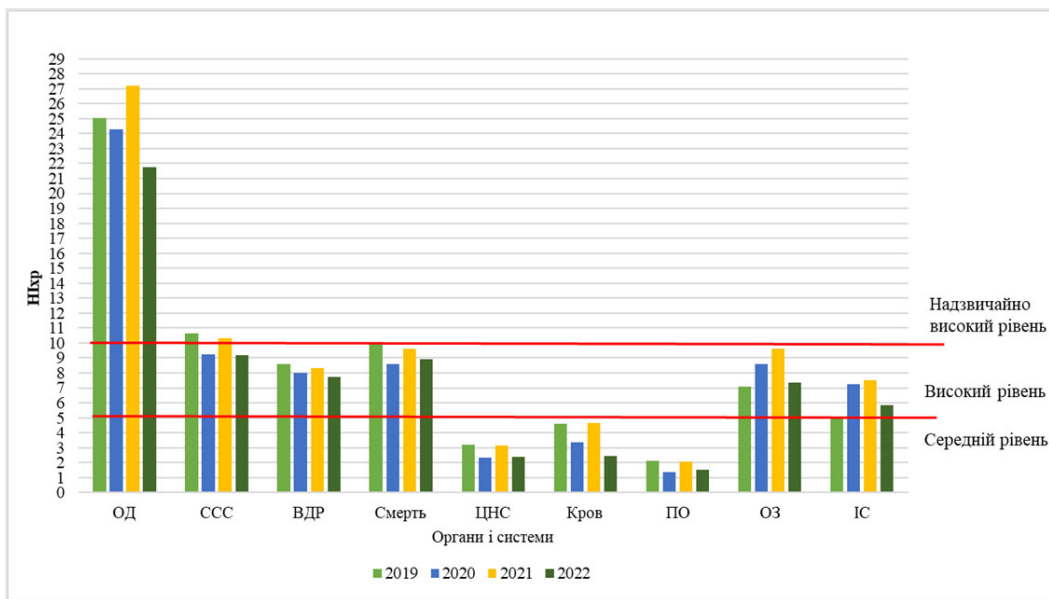


Рис. 4. Річні середні значення індексів небезпеки під час оцінки хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у період 2019–2022 рр. у Вознесенівському районі міста Запоріжжя

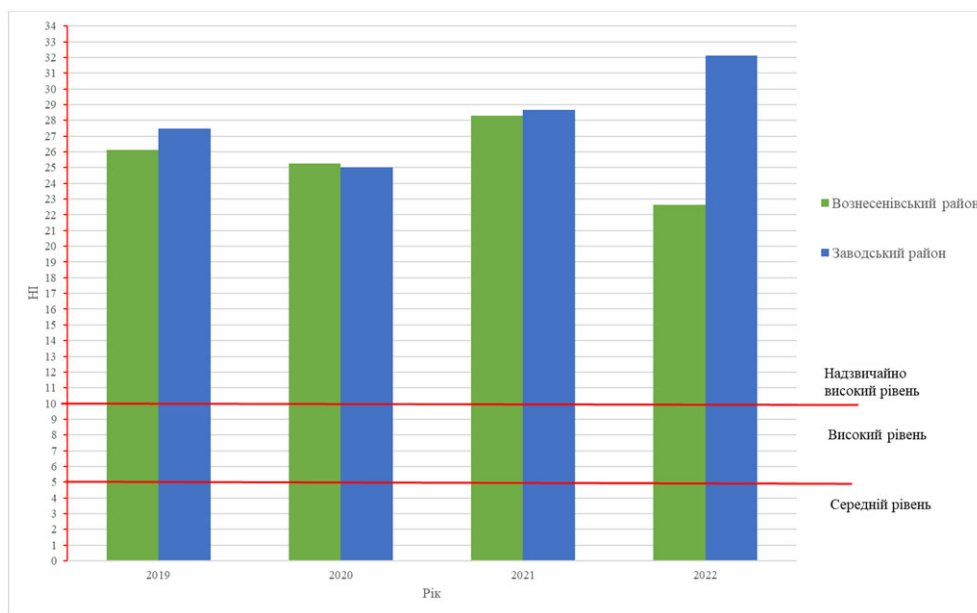


Рис. 5. Середні значення індексів небезпеки під час оцінки хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у Заводському та Вознесенівському районах міста Запоріжжя за 2019–2022 роки

функціонального зонування міста, а саме: локальною зосередженістю металургійних підприємств та приляганням житлової забудови до промислової зони. Щоб запобігти розвитку такої ситуації слід впроваджувати комплекси заходів спрямованих на зменшення кількості забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста. На незадовільну якість повітря регіону впливає відсутність у металургійній галузі методів ефективною очистки великих обсягів забруднених газів та моніторингу з використанням авто-

матичних датчиків викидів забруднюючих речовин. Впровадження автоматизованих методів постійного контролю та моніторингу дасть змогу швидкого реагування органів державного контролю на випадки понаднормативного надходження забруднюючих речовин у атмосферне повітря цілодобово в різні пори року.

Основні рішення щодо управління ризиком, спираючись на його оцінку, треба зосередити на таких напрямках:

– створення нового вектору у природоохоронній роботі для міста Запоріжжя – концентрація зусиль на тих екологічних заходах, що дозволяють мінімізувати ризик для здоров'я населення;

– розробка та впровадження системи профілактичних заходів щодо зниження ризику для різних груп населення, які мешкають у зоні підвищеного ризику. Доцільно у діючих програмах передбачити природоохоронні заходи для тих підприємств, забруднюючих

речовин та джерел, що утворюють неприйнятний рівень ризику для різних груп населення;

– визначення рівня вартості завданих збитків здоров'ю населення, економічне обґрунтування шкоди, що завдається як здоров'ю населення, так і навколишньому природному середовищу в цілому;

– безперервний (фоновий) моніторинг стану повітря на вулицях, що зазнають впливу від стаціонарних джерел.

Література

1. Федорченко Р.А. Гігієнічна оцінка та профілактика впливу атмосферних забруднень на населення у мегаполісі металургійної галузі : дис. На здобуття наукового ступеня к. мед. Наук : 14.02.01. Запоріжжя. 2016. 189 с.
2. Черниченко І.О., Баланко Н.В., Цимбалюк С.М., Остах О.М. Про можливі механізми впливу атмосферних забруднень формальдегідом на формування захворюваності населення на рак щитоподібної залози. *Довкілля та здоров'я*. 2016. № 2. С. 9–13.
3. Белоконь К.В., Манідіна Є.А., Куранова Я.О. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Металургія*. 2018. Вип. 1 (39). С. 136–140.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2021 році. Запоріжжя : Запорізька обласна державна адміністрація, 2022. 240 с.
5. Рибалова О.В., Артем'єв С.Р., Бригада О.В., Ільїнський О.В., Чорнс К.Є. Ймовірність виникнення захворювань внаслідок забруднення атмосферного повітря. *The scientific heritage*. 2023. № 110. С. 23–31.
6. Пірогова І., Веремеєнко Г., Янько С. Якість атмосферного повітря за 1 півріччя 2022 м. Запоріжжя [Аналітична записка]. Запоріжжя : Департамент захисту довкілля Запорізької обласної адміністрації, 2022. 20 с.
7. Белоконь К. В., Пірогова І. М. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2021. Т. 1. № 38. С. 149–158.
8. Bielokon K. V., Pirohova I. M., Hordiienko D. R. Analysis Of The State Of Air Pollution In Industrial Cities Of Ukraine During The War Period (On The Example Of Zaporizhzhia City). В кн.: *Scientific and educational dimensions of natural sciences* Riga: Baltija Publishing. 2023 С. 276–296.
9. Integrated Risk Information System (IRIS) : [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). Режим доступу: <http://www.epa.gov/iris>
10. Белоконь К.В., Тулушев Є.О. Аналіз впливу технологій промислових підприємств та автотранспорту на стан екологічної безпеки атмосферного повітря (на прикладі м. Запоріжжя). Монографія. Запоріжжя : ВД «Гельветика», 2020. 230 с.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ

Зур'ян О.В.

Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України
вул. Гната Хоткевича, 20А, 02094, м. Київ
alexey_zuryan@ukr.net

Вирішення проблем екології, доступу до енергоресурсів, захисту здоров'я, запобігання змінам клімату можливе шляхом декарбонізації економіки і переходу до чистих джерел енергії – сонця, вітру, малої гідроенергетики, геотермальної енергії, теплоти навколишнього середовища, «зеленого» водню. З усіх відновлюваних джерел енергії найбільш стабільною є низькопотенційна геотермальна теплова енергія приповерхневих шарів Землі. З різноманітних систем перетворення якої, самими розповсюдженими, є теплонасосні системи з теплообмінниками змонтованими у ґрунті горизонтально або встановленими вертикально у свердловини. Метою даного дослідження є визначення економічних та екологічних показників ефективності геотермальної теплонасосної системи (ГеоТНС) виконаних на основі даних отриманих для конкретної будівлі лабораторного комплексу м. Чорнобиль (Україна). Встановлено, що необхідна потреба в опаленні будівлі на рік складає 75 000 кВт*год, а потреба в охолодженні 45 000 кВт*год. Для забезпечення опалення та охолодження будівлі запропонована ГеоТНС, що має два теплових насоса загальною потужністю 40 кВт поєднаних з геотермальним теплообмінником. Моделювання дозволило отримати імовірнісний розподіл капітальних витрат на ГеоТНС із середнім значенням 1280 млн. грн. Встановлено, що підземна частина системи ГеоТНС становить 35% від загальних капітальних витрат і тому є одним з основних фактором витрат. Виконано порівняльний економічний аналіз ГеоТНС з референтною технологією теплопостачання та кондиціонування будівлі, яка складається з чиллерів (компресорних холодильних установок) для охолодження та електричних котлів для опалення. Встановлено, що незважаючи на 30% вищі капітальні витрати системи ГеоТНС від референтної, середній термін її окупності становить близько 2,2 роки завдяки меншим витратам, пов'язаним як з меншими витратами на опалення так і суттєвою мірою з прямим охолодженням, що призводить до зменшення витрат на електроенергію на 80%. Розраховано, що в порівнянні з референтною системою, ГеоТНС досягає зменшення викидів CO₂ близько 30 т на рік, що демонструє потенційні економічні та екологічні переваги ГеоТНС в Україні. Разом з тим потребують проведення подальших досліджень щодо обґрунтування переваги ГеоТНС по відношенню до відкритих геотермальних систем. Також для ефективного використання низько потенційної енергії приповерхневих шарів Землі як природного акумулятора теплоти необхідно проведення попередніх гідрогеологічних досліджень та якісне вивчення як існуючого антропогенного навантаження так і геоморфологічних, геологічних та гідрогеологічних параметрів ділянки проведення бурових робіт. *Ключові слова:* акумулявання теплової енергії, низькопотенційна геотермальна енергія, опалення та охолодження, відновлювана енергетика, економічний аналіз, екологічний аналіз.

Technical-economic and environmental analysis of implementation of geothermal heat pump system. Zurian O.

Solving the problems of ecology, access to energy resources, health protection, and prevention of climate change is possible through decarbonization of the economy and transition to clean energy sources – sun, wind, small hydropower, geothermal energy, environmental heat, “green” hydrogen. Of all renewable energy sources, the most stable is the low-potential geothermal heat energy of the near-surface layers of the Earth. Of the conversion systems, the most widespread are heat pump systems with heat exchangers mounted horizontally in the soil or installed vertically in wells. The purpose of this study is to determine the economic and environmental indicators of the effectiveness of the geothermal heat pump system (GeoHPS) performed on the basis of data obtained for a specific building of the laboratory complex in Chernobyl (Ukraine).

It was established that the required heating requirement of the building is 75,000 kWh per year, and the cooling requirement is 45,000 kWh. To ensure heating and cooling, GeoHPS is proposed, which has two heat pumps with a heat capacity of 40 kW connected to a geothermal collector with a cold capacity of 30 kW. Modeling makes it possible to obtain the probability distribution of capital costs for GeoHPS with an average value of UAH 1, 280 million. The underground part of the GeoHPS system requires about 35% of capital costs and is therefore one of the main cost factors after the heat pump. In addition, GeoHPS is compared with a reference technology for building heating and air conditioning, which consists of chillers (compressor refrigeration units) for cooling and heating with electric circuits. Despite the 30% higher capital costs of the GeoHPS system than the reference system, its average payback period is about 2.2 years due to lower costs associated with both heating and, to a significant extent, direct cooling. The most effective supply option is direct cooling with the help of GeoHPS, which leads to a reduction in electricity costs by 80%. Compared to the reference system, GeoHPS achieves a reduction in CO₂ emissions of about 30 tons per year, which clearly demonstrates the potential economic and environmental benefits of GeoHPS in Ukraine. At the same time, further research is needed to substantiate the superiority of GeoHPS in relation to open geothermal systems. For effective use of the surface layers of the Earth as a natural accumulator of thermal energy, it is necessary to conduct preliminary hydrogeological studies and a qualitative study of both the existing anthropogenic load and the geomorphological, geological and hydrogeological parameters of the drilling site. *Key words:* thermal energy storage, low-potential geothermal energy, heating and cooling, renewable energy, economic analysis, environmental analysis.

Постановка проблеми. Основні принципи сталого розвитку людства, проголошені ООН, значною мірою базуються на використанні відновлюваних джерел енергії – це питання екології, доступу до енергоресурсів, захисту здоров'я, запобігання змінам клімату. Вирішення цих і інших проблем можливе шляхом декарбонізації економіки і переходу до чистих джерел енергії – сонця, вітру, теплоти навколишнього середовища, «зеленого» водню. Для України ці питання набувають особливої гостроти в умовах відбудови економіки та досягнення енергетичної безпеки.

У регіонах з помірним кліматом, таких як Центральна та Північна Європа, використання та акумулювання теплової енергії ґрунту нижче нейтрального шару є відомою технологією для забезпечення будівель великими обсягами опалення та охолодження. Геотермальна теплонасосна системи (ГеоТНС) долає сезонну невідповідність між температурою навколишнього середовища та потребою будівлі в опаленні або охолодженні. ГеоТНС – це двонаправлена система з відкритим контуром, яка використовує щонайменше одну або декілька свердловин з встановленими у них теплообмінниками для активного накопичення надлишкової теплоти влітку і холоду взимку. Взимку теплоносій, що циркулює між ґрунтовим теплообмінником та тепловим насосом відбирає низькопотенційну теплову енергію у ґрунту та направляє її до випарника теплового насоса, після чого тепловий насос через контур конденсатора перекачує отриману від ґрунту теплову енергію до будівлі, але з більшим температурним потенціалом, після чого цикл повторюється. Влітку теплоносій що циркулює в ґрунтових теплообмінниках піднімається з свердловини для охолодження будівлі. У більшості випадків рівень температури є достатнім для прямого охолодження без застосування теплового насоса. Однак теплові насоси також можуть використовуватися для активного охолодження. Надлишкове тепло, отримане в процесі охолодження, повертається в через той же теплообмінник у ґрунт.

Така система дійсно має теплоенергетичні переваги в порівнянні з референтними технологіями, разом з тим постає питання необхідності в одержанні більш детальної інформації щодо техніко-економічної та екологічної ефективності впровадження геотермальних теплонасосних систем та обґрунтуванні шляхів їх оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи щодо використання низькопотенційної теплової енергії приповерхневих шарів ґрунту за допомогою теплових насосів проводяться як в Україні так і світі вже тривалий час [1, 2, 3, 4]. Відомо, що надлишкове тепло отримане в процесі охолодження можливо зберігати в ґрунті [5, 6, 7]. Дослідження щодо встановлення теплового балансу в ґрунті під

час експлуатації ГеоТНС описані в роботах [8, 9, 10]. Оцінка ефективності використання теплового потенціалу доквілля та верхніх шарів Землі України виконана авторами [10, 11, 12]. Техніко-економічний аналіз впровадження теплонасосних систем з геотермальними теплообмінниками було висвітлено в роботах [13, 14, 15, 16]. Більшість систем даного типу в Європі є неглибокими та працюють з глибинами свердловин до 150 м [17, 18]. Вони класифікуються як низькотемпературні. Вважається, що ГеоТНС є найбільш економічно ефективною та екологічно чистою системою отримання теплової енергії для будівель з високим і постійним попитом на енергію протягом року, таких як офіси, аеропорти, університети, торгові центри, лікарні [19, 4, 18, 20, 21].

Окрема увага при дослідженні ефективності теплонасосних систем з ґруновими теплообмінниками встановленими у свердловини приділялась екологічній безпеці. Вплив на доквілля при використанні геотермальних свердловин в залежності від місця їх розташування розглядався дослідниками в роботах [22, 23, 24, 25].

Формулювання мети дослідження. Для впровадження ГеоТНС інвестиції в дану технологію повинні мати позитивний економічний ефект порівняно зі звичайними, а в подальшому й іншими технологіями сталого постачання. Однак детальні економічні дослідження щодо ГеоТНС публікуються рідко [18]. Оцінка економічних даних у більшості випадків є непрозорою або вже застарілою. Крім того, застосовані методи майже не описані і недостатньо обговорюються для реконструкції.

Однак комплексна техніко-економічна та екологічна оцінка є необхідною для того, щоб переконати інвесторів та осіб, які приймають рішення, у позитивному впливі ГеоТНС у регіонах, де вона ще не є поширеною. Таким чином, це дослідження зосереджується на техніко-економічній та екологічній ефективності референтного прикладу.

ІПБ АЕС НАНУ м. Чорнобиль стояв перед вибором: використовувати компресійні чиллери для охолодження та електричні котли для автономного тепlopостачання відновленого лабораторного корпусу чи інтегрування пристрої та систем, що працюють за рахунок відновлювальних джерел енергії, а саме ГеоТНС. Таким чином, метою дослідження є порівняння за оціночними економічними показниками поточної технології енергопостачання, що складається з компресійних холодильних установок і електричного котла, далі названою еталонною технологією и технології ГеоТНС за період спостереження 10 років. Чутливість різних витрат на компоненти ГеоТНС, що визначають капітальні витрати, визначається за допомогою моделювання методом Монте-Карло з урахуванням невизначеності вхідних параметрів. Крім того, аналіз чутливості надає інформацію про найбільш важливі параметри для капітальних витрат. Оцінені екологічні переваги

досліджуваних ГеоТНС під час експлуатації проілюстровані на основі річного зменшення викидів CO₂ за рік. Також, результати цього дослідження порівнюються з економічними показниками існуючих систем централізованого теплозабезпечення, та автономних котелень на твердому паливі та природньому газі.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Будівля лабораторний комплексу входить до комплексу окремих будівель та прибудов що використовуються Інститутом проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, що розташовані в м. Чорнобиль.

При проведенні вивчення об'єкту виконано комплекс робіт, який включав:

- збір даних щодо діючої системи опалення, кондиціонування та вентиляції, яка використовується на підприємстві, їх технічних характеристик та особливостей роботи.

- збір даних, щодо існуючих витрат підприємства на опалення, гаряче водопостачання та електричну енергію.

- збір даних, щодо геопросторових даних об'єкта що досліджується та визначення відновлюваних джерел енергії які є найбільш доцільними для використання з урахуванням його конкретного місця розташування.

- аналіз отриманих даних з метою виявлення технічних можливостей для інтегрування в діючу систему опалення, кондиціонування та вентиляції виробничих приміщень підприємства пристроїв та систем, що працюють за рахунок відновлювальних джерел енергії;

- розрахунок технічних характеристик систем та пристроїв, які пропонуються для інтегрування в діючу систему опалення, кондиціонування та вентиляції для зменшення енерговитрат підприємства;

- економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованих систем та пристроїв, що працюють за рахунок відновлювальної енергії;

- складання звіту про виконану роботу та передача його замовнику.

Вибір відновлюваного джерела з метою енергозабезпечення вибраного об'єкту виконано методом порівняння та аналогії. Розрахунки потужностей на даному етапі робіт виконано спрощеним методом. Для порівняння ефективності запропонованих систем вибрано традиційне автономне опалення електричними котлами.

Будівля лабораторного комплексу загальною площею 500 м² складається з підвального приміщення, двох поверхів та технічного приміщення даху. Висота стелі в приміщеннях 2,5 м. Фасад будівлі розташований на південь, дах похилий двоскатний. Будинок відключений від система центрального опалення та гарячого водопостачання, магістральні труби та конвектори централізованого опалення демонтовані. Планується перебудова внутрішніх

приміщень та заміна даху, Автономна котельня та тепловий пункт будівлі відсутні. Біля будівлі є вільна територія загальною площею 600 м² огорожена металевим забором. Параметри, що визначають опалення та охолодження будівлі наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри, що визначають опалення та охолодження будівлі лабораторного корпусу

Параметр	Значення
Опалювальна площа (м ²)	500
Охолоджувана площа (м ²)	250
Теплова потужність (кВт)	40
Холодильна потужність (кВт)	25
Потреба в потужності для обігріву приміщення (Вт/м ²)	80
Потреба в потужності для охолодження приміщення (Вт/м ²)	100
Потреба в опаленні на рік (кВт*год)	72 000
Потреба в охолодженні на рік (кВт*год)	45 000

Відповідно до даних таблиці 1, для гарантованого теплозабезпечення будинку підприємства необхідно встановити тепловий насос потужністю не менше 40 кВт. Тому було запропоновано встановлення двох теплових насосів типу Вода-Вода по 20 кВт кожний, які для забезпечення комфортних умов перебування людей у приміщенні будуть працювати одночасно, а при виході із ладу одного з них інший буде підтримувати достатню температуру у системі теплозабезпечення необхідний час відновлення роботи обладнання для недопущення розморожування системи опалення. Теплові насоси типу Повітря-Повітря та Повітря-Вода не пропонуються так як мають суттєво нижчий коефіцієнт перетворення і зазвичай використовуються за відсутності можливості встановлення системи забору відновлюваної низькопотенційної теплової енергії з ґрунту, води відкритих водойм або водоносних горизонтів. Тепловий насос типу Вода-Вода з ґрунтовими вертикальними теплообмінниками має найвищий коефіцієнт перетворення (КОП), який дорівнює чотирьом. Тобто на один кіловат затраченої електричної енергії ГеоТНС може отримати до чотирьох кіловат теплової енергії.

На рис. 1 показано енергетичні потоки ГеоТНС для опалення та охолодження. Залежно від COP теплового насосу, в середньому 56 250 кВт*год, або 75% від опалення покривається тепловою енергією, що міститься в надрах землі.

Решту енергії забезпечує тепловий насос. Оскільки в системі ГеоТНС можливе пряме охолодження, кількість холоду, що постачається з водоносного горизонту, еквівалентна потребі будівлі в охолодженні. Як наслідок, розглянута система ГеоТНС має коефіцієнт енергетичного балансу між опаленням та охолодженням 0,25.

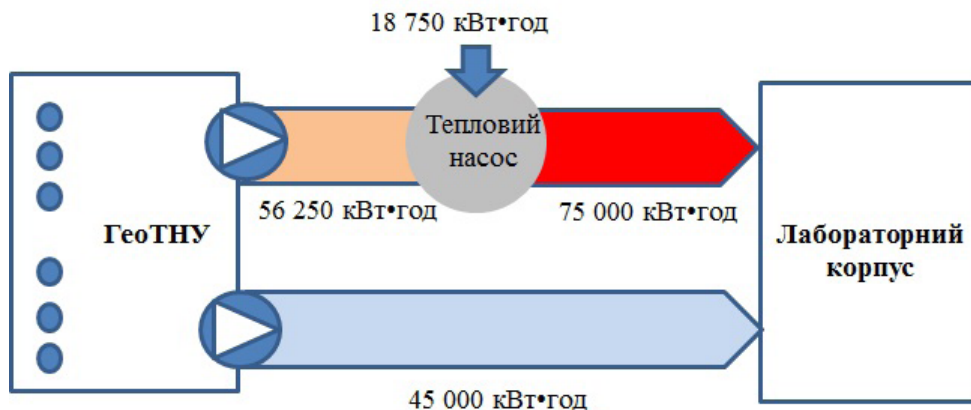


Рис. 1. Поток енергії розглянутої системи ГеоТНС для опалення та охолодження

В якості конвекторів опалення запропоновано встановити фанкойли. При наявності прибудинкової території прощею 600 м² запропоновано встановити ГеоТНС з вертикальним ґрунтовими теплообмінниками. Для тепло насосної системи потужністю 40 кВт, при прогнозованому КОП – 4, потужність первинного джерела теплової енергії складає 30 кВт.

Кількість теплоти, що можливо зняти з вертикального теплообмінника вище, ніж у горизонтального, і приймається в середньому 50 Вт/м. Однак реальне значення може сильно відрізнятись, і залежить від вологості породи та наявності ґрунтових вод. Необхідна довжина горизонтального теплообмінника теплового насоса визначається з співвідношенням:

$$L = Q/q, \text{ м}$$

де q – приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних U – подібних колекторів).

$$L = 30/0,05 = 600,0 \text{ м свердловини}$$

Це може бути як одна 600 м свердловина, так і шість свердловин по 100 м. При використанні кількох зондів необхідно робити свердловини на максимально можливому віддаленні одна від другої (не менше 5 м). Для більш ефективної роботи рекомендується бурити менше свердловин. Тому у нашому випадку було запропоновано пробурити шість свердловин по 100 м, та встановити в них U-подібні геотермальні зонди, по два у кожен свердловину.

Для ефективної роботи теплових насосів необхідно застосовувати низькотемпературні конвектори опалення, а саме такі пристрої як фанкойли, теплі поли або інші.

У нашому випадку доцільно змонтувати фанкойли. Для будівлі прощею 500 м², необхідно встановлення фанкойлів загальною потужністю 40 кВт, а саме приблизно 40 штук по 1 кВт.

Параметри, що використовуються для визначення капітальних витрат ГеоТНС, не є специфічними для конкретного місця, а це означає, що вони мають значну варіабельність. Деякі витрати на компоненти, такі як витрати на теплообмінник, взяті з літератур-

них джерел, інші з використанням використовуються каталогів. У цьому випадку точний і детермінований розрахунок капітальних витрат не є можливим. Таким чином, моделювання за методом Монте-Карло з великою кількістю варіацій дозволяє кількісно оцінити невизначеність кожного параметра. Для кожного параметра використовується симетричний трикутний розподіл, обмежений мінімальним, середнім та максимальним значенням. Найбільш вірогідним значенням є середній, тоді як до мінімального та максимального значення ймовірність безперервно зменшується. У даній симуляції мінімальні та максимальні значення є найкращим (най дешевшим) та найгіршим (най дорожчим) сценаріями. Крім того, аналіз чутливості визначає компоненти, що мають найбільший вплив на капітальні витрати. Аналіз чутливості дає уявлення про структуру інвестиції та визначає вплив її невизначеності [22]. У таблиці 2 наведені підсумкові данні мінімального, середнього та максимального значення для кожного компоненту ГеоТНС, що були використані для моделювання за методом Монте-Карло та аналізу чутливості.

Поточні витрати $CC_{\text{ГеоТНС}}$ включають витрати, пов'язані з попитом DC та витрати, пов'язані з експлуатацією OC . Витрати, пов'язані з попитом, складаються з витрат на опалення CH та охолодження CCO .

Витрати, пов'язані з експлуатацією, складаються з витрат на технічне обслуговування M та заміну R компонентів протягом терміну служби ГеоТНС.

$$CC_{\text{ГеоТНС}} = DC + OC = CH + CCO + M + R \quad (1)$$

$$CC_{\text{ГеоТНС}} = \frac{ED_H}{COP_{HP}} \cdot EC + P \cdot t_H \cdot EC + P \cdot t_c \cdot EC + C \cdot M + R \quad (2)$$

Витрати на електроенергію EC є специфічними витратами лабораторії, тоді як COP_{HP} є загальним значенням з довідкових джерел. Витрати на опалення складаються з витрат на електроенергію EC для роботи теплових та циркуляційних насосів. Для прямого охолодження використання теплових насосів не потрібне, тому витрати на електроенергію складають лише витрати EC на живлення циркуляційних

насосів. Витрати на технічне обслуговування визначаються як певний відсоток від вартості ГеоТНС. Період спостереження визначено як 10 років, однак деякі компоненти, такі як циркуляційні насоси, можуть мати менший термін служби і повинні бути замінені протягом періоду експлуатації.

Будівля лабораторного корпусу не підключена до мережі централізованого тепlopостачання міста. Таким чином, як референтна технологія для опалення будівлі розглядаються витрати на встановлення автономного електричного кола відповідної потужності. Вартість капітальних витрат буде складатися з вартості обладнання та витрат на його монтаж. Поточні витрати будуть залежати від витрат на електричну енергію, технічне обслуговування та заміну компонентів.

Також як референтна технологія для охолодження будівлі розглядається система з використанням чиллерів. Ці типи охолоджувачів зазвичай використовуються в адміністративних приміщеннях, лікарнях, торгових центрах і центрах обробки даних і тому є репрезентативними для стандартної технології постачання холоду [25].

Враховуючи необхідну холодопродуктивність 25 кВт, оціночні капітальні витрати C_{CCN} для компресійних холодильних машин коливаються між 200 євро/кВт та 300 євро/кВт [26, 27], що відпо-

відно приблизно складає 6–10 тис. грн/кВт. Витрати на техніко-економічне обґрунтування, розробку та інжиніринг визначаються як певний відсоток від капітальних витрат (таблиця 3).

Поточні витрати на компресійні холодильні машини CC_{CCN} залежать від енергоспоживання системи і складаються з COP_{CCN} витрат на електроенергію EC та витрат на технічне обслуговування M_{CCN} і заміну R_{CCN} .

$$CC_{CCN} = \frac{ED_c}{COP_{CCN}} \cdot EC + C_{CCN} \cdot M_{CCN} + R_{CCN} \quad (3)$$

Рекомендований термін амортизації компресійної холодильної машини становить 15 років, що не призводить до інвестицій у заміну протягом 10-річного періоду спостереження [28].

Витрати на електроенергію підлягають щорічному зростанню цін на основі загальної тенденції останніх років в Україні. Для витрат на електроенергію враховано фактор 100%. Для порівняння, всі поточні витрати дисконтуються з відсотковим коефіцієнтом до початку періоду спостереження. Відсотковий коефіцієнт q^T розраховується за допомогою рівняння 4:

$$\frac{1}{q^T} = \frac{1}{(1+i)^T} \quad (4)$$

Таблиця 2

Вхідні параметри для розрахунку поточних витрат ГеоТНС

Параметр	Мінімум	Середній	Максимум
**COP теплового насосу (COP_{HP})	3	4	5
*Витрати на електроенергію EC (грн/кВт*год) (транспортування та розподіл)	8	10	12
**Технічне обслуговування M (%)		4	
**Період опалення t_H (год)	1557	1800	2043
**Період охолодження t_C (год)	1557	1800	2043

*Національна енергетична компанія «Укренерго» <https://www.nerc.gov.ua>;

**International Energy Agency (2007); Sommer et al. (2015) [23, 24]

Таблиця 3

Вхідні параметри, що визначають капітальні витрати C_{CCN} і поточні витрати CC_{CCN} компресійних чиллерів

Параметр	Мінімум	Середній	Максимум
**Капітальні витрати C_{CCN} (Тис Грн/кВт)	8	10	12
**Розробка (%)	2	3	4
**Інженерія (%)	4	5	6
**Непередбачені обставини (%)	8	10	12
**COP Компресійного чиллера COP_{CCN}	1,5	2	2,5
**Технічне обслуговування M_{CCN} (%)	3	4	5
*Витрати на електроенергію EC (грн/кВт*год) (транспортування та розподіл)	7	8	9
**Період охолодження t_C (год)	1557	1800	2043
**Тривалість життя (роки) j	10	15	20

*Національна енергетична компанія «Укренерго» <https://www.nerc.gov.ua>;

**International Energy Agency (2007); Sommer et al. (2015) [23, 24]

T – дата платежу, причому $T \geq 0$. $T = 0$ – початок інвестування в обидві технології. Ставка дисконтування встановлюється Національним банком і, знаходиться за 2022–2023 рік на рівні 25%. Чиста теперішня вартість NPV інвестицій визначається як теперішня вартість чистих платежів за інвестиціями в момент часу $t = 0$. NPV розраховується як сума теперішньої вартості всіх доходів і теперішньої вартості всіх витрат протягом періоду спостереження [29].

$$NPV = -C_{\text{ГеоТНС}} + \sum_{t=1}^T R_t \cdot q^{-t} \quad (5)$$

$C_{\text{ГеоТНС}}$ – це капітальні витрати на ГеоТНС, R_t – це дохід у момент часу t , який є результатом різниці між поточними витратами на систему ГеоТНС та еталонну технологію. Інвестиції в систему ГеоТНС є вигідними по відношенню до інвестицій в еталонну технологію, якщо чиста теперішня вартість системи ГеоТНС є позитивною

Екологічний аналіз системи ГеоТНС та еталонної технології базується на їх річних викидах CO_2 , спричинених експлуатацією CE . Конкретні викиди CO_2 розраховуються за допомогою рівнянь 6 та 7.

$$CE_{\text{ГеоТНС}} = E_{\text{ГеоТНС}} \cdot EF_{el} \quad (6)$$

$$CE_{ref} = E_{\text{ССН}} \cdot EF_{el} + ED_{\text{ДН}} \cdot EF_{\text{ДН}} \quad (7)$$

Тут CE це річне споживання електроенергії за певною технологією, а $ED_{\text{ДН}}$ це попит на централізоване теплопостачання на основі $ED_{\text{Н}}$ та $\eta_{\text{ДН}}$. EF_{el} та $EF_{\text{ДН}}$ – це коефіцієнти викидів для

електроенергії та централізованого теплопостачання, наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнти викидів CO_2 для та електроенергії

Коефіцієнти викидів CO_2	Мінімум	Середній	Максимум
Електроенергія (т/МВт·год)	0, 209	0, 417	0,725

EnbW (2017); Fair Energy (2018); Ukraine. 2023 National Inventory Report (NIR) (2023); [30, 31, 32].

Результат моделювання методом Монте-Карло капітальних витрат на систему ГеоТНС представлено в таблиці 5.

Основний фактор витрат пов'язаний з підземною частиною системи що складається з шести свердловин та труб теплообмінників – 33%, та витратами на тепловий насос та його монтаж – 37%, разом вони складають 70% від загальних капітальних витрат. Надземна частина системи ГеоТНС включає інтеграцію в будівлю опалювальних пристроїв (фанкойлів) теплопункту та мережі і становить 30% капітальних витрат (рис. 2).

Рівень цін залежить від постачальника послуг та якості встановлених компонентів. Вищі витрати на спорудження та монтаж свердловин можуть збільшити капітальні витрати більш ніж на 10%. Таким чином, планувальник системи ГеоТНС повинен ретельно вибирати компоненти для реалізації свердловин відповідно до фактичних вимог. Контроль і моніторинг також є важливим фактором, якщо брати

Таблиця 5

Вартість обладнання та робіт для запровадження опалення будівлі тепловими насосами потужністю 40 кВт з геотермальними 2U-подібними теплообмінниками

№ п/п	Найменування	Кількість (шт)	Вартість (грн)	Усього (грн)
Обладнання				
1.	Тепловий насос (ТН) 20 кВт (по теплу)	2	220 000,00	440 000,00
2.	Грунтовий теплообмінник для ТН	2 400 м	30,00	72 000,00
3.	Зовнішня мережа (труба РЕ)	200 м	40,00	8 000,00
4.	Теплопункт с системою безпеки та обв'язкою	1	30 000,00	30 000,00
5.	Фанкойли 1–1, 5 кВт	40	3 000,00	120 000,00
6.	Внутрішня мережа	1	50 000,00	50 000,00
	Усього обладнання			720 000,00
Монтажні роботи				
1.	Монтаж теплового насосу	2	20 000,00	40 000,00
2.	Буріння свердловин та монтаж ґрунтового теплообмінника	6	60 000,00	360 000,00
3.	Монтаж зовнішньої мережі	1	50 000,00	50 000,00
4.	Монтаж теплопункту	1	20 000,00	20 000,00
5.	Монтаж фанкойлів	40	1 000,00	40 000,00
6.	Монтаж внутрішньої мережі	1	50 000,00	50 000,00
	Усього монтажних робіт			560 000,00
	Разом			1 280 000,00

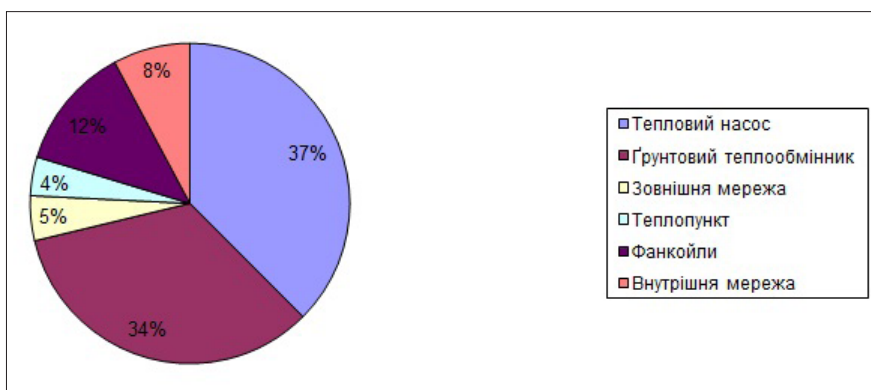


Рис. 2. Співвідношення капітальних витрат на систему GeoTNC

до уваги капітальні витрати. Точний моніторинг має вирішальне значення для забезпечення ефективної, довгострокової роботи системи GeoTNC. Референтна система відрізняється від GeoTNC за структурою витрат, як показано на рис. 3.

В обох системах, найбільша частка загальних витрат припадає на опалення будівлі. При роботі GeoTNC на охолодження теплові насоси не використовуються, так як охолодження відбувається безпосередньо теплоносієм, що подається з свердловини з потійною температурою 8–9 °С. Для референтної системи, охолодження відбувається з використан-

ням повітряних чилерів. Спільне в системах те, що теплові насоси як чилери та електричні котли працюють на електроенергії. Споживання електроенергії тепловим насосом, визначається його COP (коефіцієнтом перетворення), який є найбільш важливим параметром економічної ефективності системи GeoTNC. На рисунку 4 видно суттєву різницю між витратами електроенергії на опалення та охолодження для кожної з двох систем.

Експлуатація циркуляційних насосів насосів системи GeoTNC становить лише 2% від загальних витрат, тоді як витрати на електроенергію для

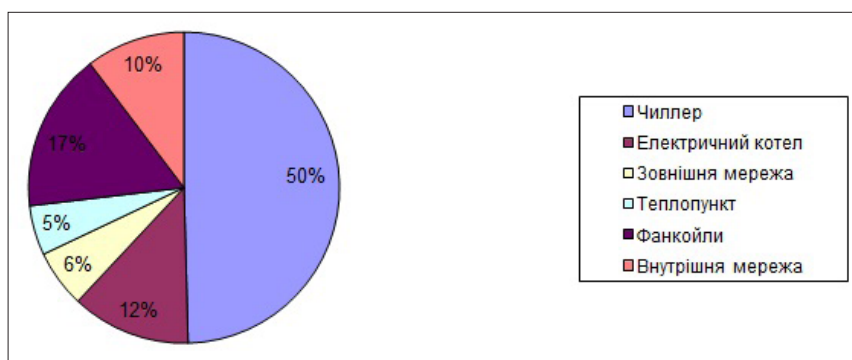


Рис. 3. Співвідношення капітальних витрат на референтну систему

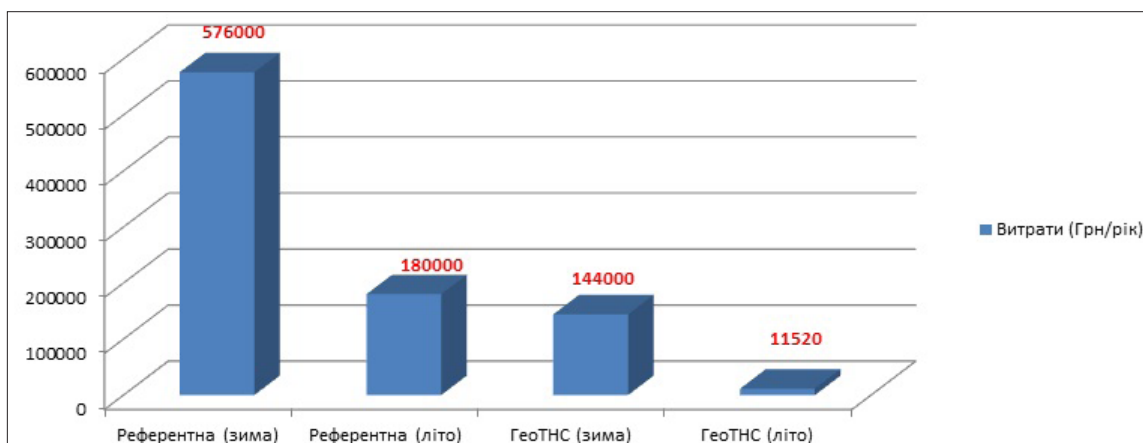


Рис. 4. Співвідношення між витратами електроенергії на опалення та охолодження для GeoTNC та референтної системи

компресійних холодильних машин становлять приблизно 25%, та є другими за величиною для ГеоТНС. Обслуговування ГеоТНС вимагає більше зусиль і сильно залежить від кількості свердловин та гідрофізичних умов розташування ґрунтового масиву де встановлені свердловини [33].

На рис. 5 наведені результати розрахунку окупності ГеоТНС в порівнні з референтною технологією. Аналітика проводиться для ГеоТНС, що працює як гібридна система, а також тільки для цілей охолодження та опалення. Початком інвестицій є нульовий рік. Орієнтовна вартість капітальних витрати на референтну технологію становлять 968 тис. грн, що приблизно на 25% нижче, ніж капітальні витрати на систему ГеоТНС.

Впровадження ГеоТНС потенційно призводить до середньої економії при використанні на опалення взимку та охолодження влітку 754 тис. грн. порівняно з базовою технологією. Середній показник COP для підземної установки ГеоТНС становить 4. Незважаючи на вищі капітальні витрати, очікувана NPV гібридної ГеоТНС становить 6,7 млн. грн через 10 років (рис. 4). Таким чином, інвестиції в систему АТЭС оцінюються досить позитивно порівняно з базовою технологією. Завдяки меншому споживанню енергії, потенційний середній термін окупності досягає 2,2 років. Основною причиною економічної ефективності системи ГеоТНС є пряме охолодження влітку, яке є найдешевшим варіантом постачання. Таким чином, система ГеоТНС є найбільш придатною для будівель з великим попитом на охолодження, таких як лабораторії, лікарні або центри обробки даних.

Архітектура системи ГеоТНС може сильно відрізнятися від підходу, запропонованого в цьому дослідженні, залежно від місцевих умов. На відміну від цього дослідження, можливий значний дисбаланс між потребами в опаленні взимку та охолодженні влітку може бути серйозною проблемою на практиці. Набагато більша потреба будівлі в охолодженні може

призвести до послідовного підвищення температури водоносного горизонту через певні періоди. Це може призвести до значної втрати ефективності, головним чином з точки зору прямого охолодження. Якщо температура водоносного горизонту стає недостатньою для прямого охолодження, необхідно активувати додаткові охолоджувальні машини, що значно збільшує споживання електроенергії та витрати на систему, пов'язані з попитом. Для компенсації більшої кількості теплової енергії внаслідок більшої потреби в охолодженні використовуються додаткові установки, такі як градирні, рекуператори, теплові насоси або установки для обробки повітря. Однак більшість цих заходів пов'язані з додатковими витратами, які не розглядаються в цьому дослідженні. На відміну від цього дослідження, температура навколишнього середовища та потреби в опаленні та охолодженні можуть змінюватися протягом короткого періоду часу. Для повного розуміння впливу коливань попиту на енергію або гідрогеологічних змін у надрах на економічні показники ГеоТНС, слід використовувати більше інструментів моделювання. Оскільки ГеоТНС є досить повільно діючою системою, необхідні додаткові технології енергопостачання також і для пікових навантажень. Майбутні проекти ГеоТНС можуть бути успішно реалізовані лише за умови тісної співпраці забудовника та також державних і місцевих органів влади на ранніх стадіях процесу планування. Крім того, важливим фактором забезпечення довготривалої та сталої роботи систем ГеоТНС є розгалужена та постійно діюча система моніторингу підземної частини системи.

Заміна базової технології на систему ГеоТНС для опалення та охолодження призводить до очікуваного середнього скорочення викидів CO₂ на 30 т/рік (80%) (рис. 6).

Розрахунок було виконано з урахуванням потреби в опаленні на рік 72000 кВт•год, потреба в охолодженні 45000 кВт•год, та значенні коефіцієнти викидів CO₂ для та електроенергії 0, 417 т/МВт•год.

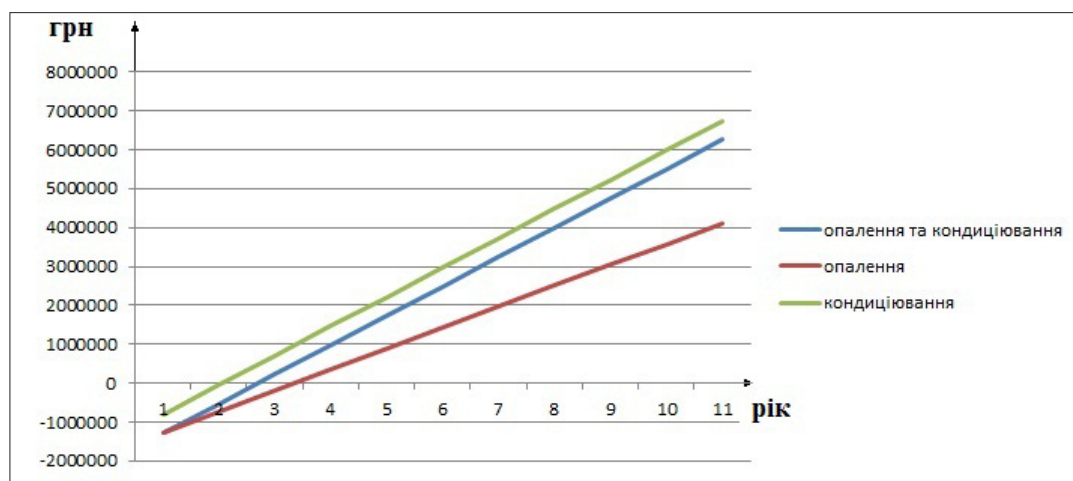


Рис. 5. Графік окупності ГеоТНС при роботі в різних режимах



Рис. 6. Прогнозні показники викидів CO₂ за різних технологій опалення та охолодження адміністративної будівлі площею 500 м² (Потреба в опаленні на рік 72 000 кВт•год, потреба в охолодженні 45 000 кВт•год)

За рохрахунковий період забруднення атмосфери викидами CO₂ від рефернтної технології буде складати: 300,24 т. при роботі на опалення та 93,83 т на охолодження, в той час коли викиди від ГеоТНС складуть 75,06 та 1,87 відповідно. Таким чином за час спостереження 10 років, потенційно може бути зменшено викидів за рахунок використання ГеоТНС на 317,13 т CO₂ (рис. 7).

Доведено, що можливими ще більші обсяги скорочення CO₂. Наприклад система АТЭС- (water thermal energy storage) для опалення та охолодження Технологічного університету в Ейндховені потужністю 20 МВт забезпечує скорочення викидів CO₂ на 13 000 т/рік [34]. Що має перспективу

для проведення подальших техніко-економічних та екологічних досліджень систем, які в якості низькопотенційного джерела енергії використовують воду з роγκритого свердловинами водоносного горизонту як природного акумулятора теплової енергії.

Висновки:

1. Доведено, що ГеоТНС є енергетично та екологічно ефективною енергетичною системою для теплозабезпечення та кондиціонування приміщень та споруд. Незважаючи на вищі капітальні витрати, очікувана NPV запропонованої гібридної ГеоТНС становить 6,7 млн. грн за період 10 років, строк окупності в комбінованому режимі дорівнює 2,2 роки,

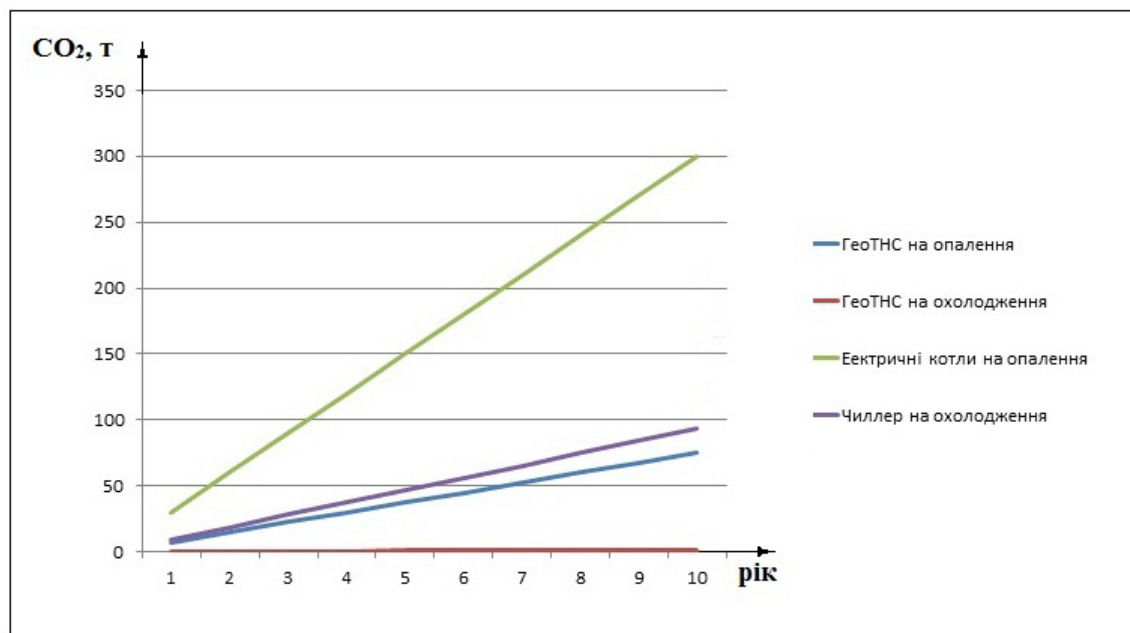


Рис. 7. Прогнозні показники викидів CO₂ за різних технологій опалення та охолодження за час спостереження 10 років

а викиди CO₂ зменшуються на 80% в співвідношенні до референтної системи.

2. Найбільш ефективним є використання ГеоТНС як для опалення, так і для охолодження будівлі. Суттєва економія досягається при роботі системи на охолодження без залучення до роботи теплового насосу (пряме кондиціювання за рахунок подачі теплоносія безпосередньо з свердловин до фанкойлів розташованих в будівлі.

3. Потребують проведення подальших досліджень щодо обґрунтування переваги ГеоТНС по відношенню до відкритих геотермальних систем.

4. Для ефективного використання при поверхневих шарів Землі як природного акумулятора теплової енергії необхідно проведення попередніх гідрогеологічних досліджень та якісне вивчення як існуючого антропогенного навантаження так і геоморфологічних, геологічних та гідрогеологічних параметрів ділянки проведення бурових робіт

5. Результати роботи можуть бути використані при виконанні робіт з проектування, та прийняття рішення інвесторами щодо запровадження даних систем для опалення та кондиціювання житлових та виробничих приміщень.

Література

1. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання : навч. посіб. Київ, 2013. 312 с.
2. Долінський А.А., Драганов Б.Х. Теплові насоси у системі теплопостачання будівель. *Промислова теплотехніка*. 2008. № 6. С. 71–83.
3. Кудря С.О. Відновлювані джерела енергії : монографія. Київ : ІВЕ НАН України, 2020. 354 с.
4. Eggen G., Vangsnes G. Heat pump for district cooling and heating at Oslo Airport Gardermoen : monograph. Las Vegas, 2005. 98 p.
5. Dincer I., Rosen M. Thermal energy storage: systems and applications : 2nd ed. London : Wiley, 2011. 315 p.
6. Kalaiselvam S., Parameshwaran R. Thermal energy storage technologies for sustainability: systems design, assessment, and applications : 1st ed. Amsterdam : Elsevier AP, 2014. 233 p.
7. Rosen M., Koohi-Fayegh S. Geothermal energy: Sustainable heating and cooling using the ground : monograph. Chichester : Wiley. 2017. 347 p.
8. Andersson O., Ekkestubbe J., Ekdahl A. UTES (underground thermal energy storage) – applications and market development in Sweden. *Energy Power Eng*. 2013. № 7. P. 669–678.
9. Bayer P., Saner D., Bolay S., Rybach L., Blum P. Greenhouse gas emission savings of ground source heat pump systems in Europe: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. № 16: 1256–1267. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.027>
10. Морозов Ю.П., Чалаєв Д.М., Ніколаєвська Н.В., Добровольський М.П. Оцінка ефективності використання теплового потенціалу доквілля та верхніх шарів Землі України. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 4(63). С. 80–88. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4\(63\).80-88](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4(63).80-88)
11. Зур'ян О.В., Олійніченко В.Г. Гідротермальна система отримання теплової енергії, фізичні процеси, ефективність. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 4. С. 40–46. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-157-4-40-46>
12. Басок Б.І., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Божко І.К., Новіцька М.П. Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення. *Промислова теплотехніка*. 2013. № 1. С. 42–48.
13. Гершкович В. Ф. Особливості проектування систем теплопостачання будівель із тепловими насосами : монографія. Київ : Українська Академія Архітектури, 2009. 160 с.
14. Кулик М.М., Дубовський С.В. Основні напрями та пріоритетні заходи зі зменшення обсягів використання природного газу в економіці і соціальній сфері України. *Системні дослідження в енергетиці*. 2009. № 1(19). С. 7–15.
15. Степанов Д. В., Обуховський М. В. Ефективні режими роботи теплових насосів з ґрунтовими теплообмінниками. *Інноваційні технології в будівництві*. 2018. № 3. С. 394–397.
16. Zurian O.V., Barilo A.A. Impact of the natural temperature regime of the upper layers of earth on efficiency of a hydrothermal heat pump system. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2022. № 3. P. 575–584. <https://doi.org/10.15421/112254>
17. Bloemendal M., Hartog N. Analysis of the impact of storage conditions on the thermal recovery efficiency of low-temperature ATES systems. *Geothermics*. 2018. № 71. P. 306–319. <https://doi.org/10.1016/j.geothermic>
18. Fleuchaus P., Godschalk B., Stober I., Blum P. Worldwide application of aquifer thermal energy storage – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. № 94. P. 861–876. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.057>.
19. Bonte M., Breukelen B., Stuyfzand P. Environmental impacts of Aquifer Thermal Energy Storage investigated by field and laboratory experiments. *Clim Change*. 2013. № 4. P. 77–89. <https://doi.org/10.2166/wcc.2013.061>.
20. Sommer W., Valstar J., van Gaans P., Grotenhuis T., Rijnaarts H. The impact of aquifer heterogeneity on the performance of aquifer thermal energy storage. *Water Resour Res*. 2013. № 49. P. 28–38. <https://doi.org/10.1002/2013WR013677> .
21. Wigstrand I. The ATES project – a sustainable solution for Stockholm-Arlanda airport : Collection of materials 11th international conference on thermal energy storage for energy efficiency and sustainability. Stockholm : Sweden, 2009. P. 1356–1367
22. Blohm H., Lüder K., Schaefer C. Investition: Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs und Investitionsrechnung : 9th ed. München : Vahlen. 1995. 254 p.
23. International Energy Agency Renewables for heating and cooling: untapped potential. Renewable energy technology deployment. 2023. Website. URL: <https://www.witteveenbos.com/news/geothermal-energys-untapped-potential/> (date of application 21.09.2023).
24. Sommer W., Valstar J., Leusbrock I., Grotenhuis T., Rijnaarts H. Optimization and spatial pattern of large-scale aquifer thermal energy storage. *Appl Energy*. 2015. № 137. P. 322–337. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.019>.
25. Goshovskii S.V., Zurian O.V. Human-induced load on the environment when using geothermal heat pump wells. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2020. № 1. P. 57–68. <https://doi.org/10.15421/112006>

26. Institut für Energie- und Umwelttechnik Preisatlas Ableitung von Kostenfunktionen für Komponenten der rationellen Energienutzung. 2002. Website. URL: <https://docplayer.org/33002259-Preisatlas-ableitung-von-kostenfunktionen-fuer-komponenten-der-rationellen-energienutzung.html> (date of application 21.09.2023).
27. Schäfer V, Negele B Absorptionskältemaschinen – Anwendungsbeispiele. *Kälte Luft Klimatechnik*. 2009. № 4. P. 26–31.
28. VDI 2067 Economic efficiency of building installations: Fundamentals and economic calculations. 2012. Website. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2067-blatt-1-economic-efficiency-of-building-installations-fundamentals-and-economic-calculation> (date of application 21.09.2023).
29. Konstantin P. Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, – ransport und -beschaffung, Übertragungsnetzausbau und Kernenergieausstieg : 4th edn. Springer : Vieweg, 2017. 223 p.
30. EnBW CO₂-Fußabdruck und Energieeffizienz: Spezifische CO₂-Emissionen: Spezifische CO₂-Emissionen der Eigenerzeugung Strom. Website. URL: <https://www.enbw.com/unternehmen/nachhaltigkeit/environment/umweltschutz/co-fussabdruck.html> (date of application 21.09.2023).
31. Fair Energy TÜV Zertifikat CO₂ Emissionsfaktor. Website. URL: <https://www.fairenergie.de/inhalt/privatkunden/fernwaerme.html> (date of application 21.09.2023).
32. Ukraine 2023 National Inventory Report (NIR). Website. URL: <https://unfccc.int/documents/628276> (date of application 21.09.2023).
33. Зур'ян О.В. Експериментальні дослідження теплового режиму гідротермальної теплонасосної системи. *Відновлювана енергетика*. 2021. № 4(67). С. 77–89. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.4\(67\).77-89](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.4(67).77-89)
34. Worthington M.A. Aquifer thermal energy storage: an enabling green technology for campus district energy systems : Proceedings of 24th annual campus energy conference. Miami : US. 2011. P. 103–116.
35. Umweltbundesamt. Hohe Kosten durch unterlassenen Umweltschutz. 2018. Website. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/hohe-kosten-durch-unterlassenen-umweltschutz> (date of application 21.09.2023).

РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ

Сараненко І.І.

Херсонський державний університет
вул. Шевченко, 14, 76018, м. Івано-Франківськ
i.i.saranenko@ukr.net

Європейський зелений курс акцентує увагу на стійкій промисловості та зменшенні забруднення довкілля. У нашій країні військові дії спричинили величезні збитки, кожний зруйнований об'єкт потрібно відбудувати. Немає сумнівів, що з урахуванням «зелених» технологій відповідно до стандартів ЄС.

У даній роботі розглянуто основні аспекти Паризької кліматичної угоди, де зазначено, що незалежно від ступеня економічного розвитку, зобов'язання за скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе всі держави. Підсумковим документом Саміту ООН зі сталого розвитку «Перетворення нашого світу: Порядок денний в галузі сталого розвитку на період до 2030 року» визначено 17 цілей та 169 завдань, які є основою для інтеграції зусиль, економічного зростання, сталого розвитку та раціонального природокористування. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом спрямовує на інноваційні моделі сталого розвитку та «зелену економіку».

Зазначено, що Україна має досить широкий спектр сфер застосування екологічно чистих (зелених) технологій: органічна продукція та відновлювані джерела енергії: сонячна, вітрова, біоенергетика.

Розглянуто досягнення п'яти провідних українських підприємств у сфері реалізації екологічно чистих (зелених) технологій: ДТЕК ВДЕ, Clear Energy Group, Регіональна газова компанія (РГК), ГК «Укртепло», ПрАТ «МХП». У кожного є потужний зелений портфель та перспективна ключова мета. Аналіз діяльності показав, що впровадження є прибутковим і здатне вирішити екологічні проблеми, що виникають при зміні клімату.

Загальнонауковими методами пізнання визначено складові частини механізму втілення екологічних інновацій у виробництво. Основою для реалізації є міжнародні та державні стандарти; важливою складовою та чинником, що спонукає до втілення зелених технологій є інструменти державної допомоги – це сприятливе законодавчо-нормативне та економічне середовище.

Невичерпним джерелом інноваційних ідей є стартап-проекти та перспективний ринок краудфандингу в Україні. Вирішальною складовою є залучення інвестицій та термін їх окупності. *Ключові слова:* зелений офіс, відновлювана енергетика, стартап, зелений портфель, енергоефективність, зменшення викидів CO₂, кліматична нейтральність.

Realization and prospects of environmentally clean technologies in Ukraine. Saranenko I.

The European green course accents attention on proof industry and reduction of contamination of environment. In our country military operations entailed enormous losses, every destroyed object needs to be built. There are no doubts, that taking into account “green” technologies in accordance with the standards of ЄС.

The basic aspects of the Parisian climatic agreement are considered in this work, where it is marked that regardless of degree of economic development, obligation for reduction of harmful extras in an atmosphere undertake all states. The final document of the UN Summit on Sustainable Development “Transforming our world: Agenda for sustainable development for the period until 2030” defines 17 goals and 169 tasks, which are the basis for the integration of efforts, economic growth, sustainable development and rational use of nature. An agreement about an association between Ukraine and European Union sends to the innovative models of steady development and “green economy”.

It is marked that Ukraine has a wide enough spectrum of application ecologically of clean (green) technologies domains : organic products and renewable energy sources: sunny, wind, bioenergetics.

The achievements of five leading Ukrainian enterprises in the field of implementation of ecologically clean (green) technologies are considered: DTEK RENEWABLES, Clear Energy Group, Regional Gas Company (RGK), Ukrteplo Group, PrJSC “MHP”. Each has a strong green portfolio and a promising key objective. The analysis of activity showed that introduction was profitable, and it is able to work out ecological problems that arise up at the change of climate.

Component parts of mechanism of embodiment of ecological innovations are certain the scientific methods of cognition in a production. Basis for realization are international and state standards; by an important constituent and factor that induces there are instruments of state help to embodiment of green technologies is a favorable legislatively-normative and economic environment.

The inexhaustible source of innovative ideas is стартап-проекти and perspective market of краудфандингу in Ukraine. A decision constituent is bringing in of investments and term of their recoupment. *Key words:* green office, renewable energy, startup, green portfolio, energy efficiency, reduction of CO₂ emissions, climate neutrality.

Постановка проблеми. Кліматичної нейтральності неможливо досягти до середини століття без декарбонізації та енергоефективної трансформації. Глобальне потепління, забруднення довкілля, поступова вичерпність традиційних джерел енергії в усьому світі викликають необхідність впро-

вадження екологічно чистих (зелених) технологій та перехід на відновлювану енергетику. У нашій країні військові дії спричинюють величезні збитки інфраструктурі та довкіл्लю. Кожний зруйнований об'єкт потрібно відбудувати, забруднені повітря, воду і ґрунт очищувати. Немає сумнівів, що з ура-

хуванням «зелених» технологій відповідно до стандартів ЄС.

Актуальність дослідження. У Паризькій кліматичній угоді на період до 2050 року щодо інноваційних орієнтирів зазначено про підвищення стійкості до змін клімату і скорочення викидів парникових газів; зміцнення інноваційного потенціалу; посилення синергізму технологічних механізмів запобігання змінам клімату та адаптації [1].

«Перетворення нашого світу: Порядок денний в галузі сталого розвитку на період до 2030 року» визначає необхідність забезпечення здобуття знань і навичок, пріоритетних для сприяння сталому розвитку; активізації дослідження та поширення технологій на основі екологічно чистої енергетики, зокрема відтворювальної; модернізації промислових підприємств та підвищення ефективності використання ресурсів та ширшого застосування чистих та екологічно безпечних технологій, виробничих процесів; сприянню розвитку екологічно сталої структури виробництва [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [3] спрямовує на: інноваційні моделі сталого розвитку та «зелену економіку»; заохочення інвестицій в екологічно чисті товари, послуги й технології використання збалансованих джерел відновлюваної енергії та енергозберігаючих технологій, стале виробництво біопалива та його альтернативних видів; інноваційне співробітництво між Україною та Європейським Співтовариством у сфері науки і техніки з метою розвитку та вдосконалення технологій з виробництва, транспортування, постачання та кінцевого споживання енергії; європейські програмні документи з поширення екологічних інновацій: План дій щодо розвитку технологій захисту довкілля (ETAP); план дій з еко-інновацій (EcoAP).

Україна має досить широкий спектр сфер застосування екологічно чистих (зелених) технологій:

1. Органічна продукція. На початку ХХ століття японський філософ Мокіші Окада заснував концепцію органічного землеробства. Серед європейських дослідників потрібно відзначити Рудольфа Штейнера. У середині ХХ розпочалося інтенсивне виробництво органічної продукції. Серед українців відомий Семен Антоненко (1970).

На початку ХХІ століття наша країна активно виробляє органічну продукцію та вдосконалює законодавчу базу. Скасовано Закон України (ЗУ) «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції» від 3 вересня 2013 року та 10.07.2018 року прийнятий ЗУ «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [4, 5].

2. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Техніко-досяжний потенціал щодо вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива складає 98,0 млн. тон умовного палива

(уп) на рік. З появою зеленого тарифу, за яким закуповується електрична енергія, інвестування в зелену енергетику значно збільшилося та почали розвиватися сонячна, вітрова, біоенергетики, виробництво електроенергії на малих гідроелектростанціях та паливних гранул з відходів [4, 6].

– Сонячна енергія. Італійський фотохімік Джакомо Луїджи Чамічан у 1912 році запропонував перші прототипи сонячних батарей, 25 квітня 1954 року фахівці компанії «Bell Laboratories» заявили про перше їх створення для електричного струму на основі кремнію. У ХХІ столітті використання сонячної енергії зростає: 15.02.2019 р. компанія Kness Group запустила у Вінниці завод із виготовлення сонячних панелей, потужністю 200 МВт панелей на рік; у 2020 році у Балаклійському районі Харківської області почала працювати сонячна електростанція компанії Нафтогаз [4, 6].

– Вітрова енергетика. Після появи електричного генератора у ХІХ столітті науковці з Великої Британії та США почали використовувати енергію вітру. Перші вітрові станції створили у Данії у 1891 році. Першими вітрові станції сучасного типу створили у Данії у 1891 році. Відомий український вчений-винахідник Юрій Кондратюк у період з 1930 по 1938 роки працював над проектом Кримської вітрової електростанції потужністю 12 МВт на Ай-Петрі.

– Біоенергетика. На території сучасної Німеччини у ІІ столітті н.е. біогаз використовували як паливо. Ян Баптист Ван Гельмонт у ХVІІ визначив, що при розкладанні біомаса виділяє займісті гази, у 1776 році Алесандро Вольта довів залежність між кількістю біомаси, що розкладається та об'ємом виділеного газу, у 1808 році метан у біогазі виявив Хемфрі Деві, у 1859 році побудована перша біогазова установка в індійському місті Бомбей, у 1910 році бактерію *Clostridia acetobutylicum* почали використовувати для виробництва бутанолу. У ХХІ столітті в Європейських країнах обсяг перетворення біомаси в енергію у результаті згорання зростає, найбільше використовують біопаливо Швеція, Литва, Данія, Австрія, Фінляндія, Латвія [4, 6]. Для нашої країни біоенергетика є одним з основних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії.

Потрібно зазначити, що сталий зелений транспорт, екотуризм, переробка відходів і повторне використання матеріалів, екологічне будівництво, ландшафтний дизайн реалізуються рідше.

Новизна. На Міжнародній експертній конференції з питань відновлення, реконструкції та модернізації України, що відбулася у Берліні 25 жовтня 2022 року, в одному з пунктів підсумкового звіту зазначено, що раннє планування відновлення (навіть під час конфлікту) та у поєднанні з плануванням вступу до ЄС може стати тригером довгострокового сталого розвитку і доцільно формувати на засадах не відновлення, як раніше, а «будувати краще, ніж

було» та узгоджено з Європейським зеленим курсом (ЄЗК), що обумовить збільшення інвестицій у зелений перехід, орієнтований на майбутнє [7].

Актуалізація обраної тематики обумовлена створенням Державного фонду декарбонізації та енергоефективної трансформації 2 травня 2023 року, який запрацює з 1 січня 2024 року. Наповнення коштами передбачено з екологічних податків за викиди вуглецю в атмосферу зі стаціонарних джерел енергії. Двадцять одна країна ЄС у такий спосіб фінансує зелені проєкти.

На Брюссельському форумі 25 травня 2023 року заступниця Міністра розвитку громад, територій та інфраструктури України Олександра Азархіна зазначила, що: «для багатьох міст України головним завданням є виживання в умовах агресії і підтримання базових послуг для мешканців, тому сьогодні держава планує відновлення за найвищими екологічними стандартами».

Об'єктами даної роботи є: стандарт «СОУ.ОЕМ 08.036.067:12 Зелений офіс [8, 9]. Екологічні критерії та метод оцінювання життєвого циклу», екологічні стартапи, провідні українські підприємства, що використовують ВДЕ, предмет – траєкторія руху екологічно чистих (зелених) технологій від стандарту до реалізації, метою є визначення динаміки впровадження й реалізації екологічно чистих (зелених) технологій і перспектив для відбудови нашої держави у мирний час та виявлення складових частини механізму зеленого відновлення України і досягнення кліматичної нейтральності.

Методологічне та загальнонаукове значення.

Роботу виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання. Проведений аналіз реалізованих стандартів, динаміки стартапів, досягнення провідних українських підприємств у впровадженні екологічно чистих (зелених) технологій; встановлено зв'язки між частинами і можливість розглянути об'єкти як єдине ціле; індуковано загальні принципи та закономірності розвитку стартапів; методом дедукції визначені перспективи енергоефективних трансформацій на шляху декарбонізації; проведено аналогію із закордонними підприємствами; запропоновані складові частини механізму втілення екологічних інновацій у виробництво.

Викладення основного матеріалу. Поняття екологічно чистих (зелених) технологій являє собою інноваційне та еколого безпечне виробництво, що засноване на економії природних ресурсів, вторинному використанні сировини та принципах сталого розвитку. Визначимо складові частини їх реалізації.

1. «Зелений офіс» є одним із стандартів системи ISO 14024 і започаткований у 2002 році Всесвітнім фондом дикої природи Фінляндії (WWF Finland) як концепція управління організаціями офісного типу з метою раціонального використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [8, 9]. У 2012 році переглянули та

розробили універсальний стандарт, який базується на 3R: reduction – зменшення; refinement – повторне використання, replacement – переробка; містить обов'язкові та додаткові критерії результатів впровадження системи управління: енергоефективність, раціональне використання водних та матеріальних ресурсів; забезпечення закупівлі товарів, робіт та послуг з обмеженим впливом на навколишнє середовище впродовж усього життєвого циклу порівняно з товарами, роботами та послугами однакового функціонального призначення; використання матеріалів і засобів з обмеженим вмістом небезпечних речовин; зменшення та раціональне поводження з відходами. Екологічний сертифікат класу “Standart” отримують при виконанні 50% додаткових критеріїв, «Premium» не менше 70%, “Platinum” – 90% [8, 9].

Для реалізації концепції зелений офіс є два підходи: екодевелопмент та екологічний менеджмент. Великі компанії та девелопери обирають зелене будівництво нової будівлі з урахуванням вимог стандарту, проходять усі етапи створення власного зеленого офісу: від вибору відповідної ділянки до формування системи продуктивного менеджменту [9], наприклад корпорація «Артеріум», ПрАТ «Оболонь». Вартість таких еко-проєктів на 5–15% дорожче, але майбутня економія зменшує витрати на утримання офісу за рахунок енергоефективності.

Екологічний менеджмент, як ефективна система управління внутрішньою екологічною політикою, ґрунтується на дбайливому та уважному ставленні до довкілля. Впроваджують компанії з постійним офісом, що мають наміри приєднатися до руху “Green Office”, наприклад «Кока-Кола Біверіджис Україна Лімітед», ПрАТ «Оболонь». У результаті, зростає мотивація працівників, використання енергозберігаючих ламп, систем автоматичного регулювання освітлення, вторинної сировини і перероблених матеріалів, подачі тепла, установка лічильників води, двосторонній друк, відмова від пластикового посуду.

Декларацію “Go Green!” в Україні прийнято 3 липня 2008 року у Національному ботанічному саді імені М.М. Гришка НАНУ 3 липня 2008 року. Серед підписантів: корпорація «Артеріум», Всеукраїнська екологічна ліга, «Кока-Кола Біверіджис Україна Лімітед», ПрАТ «Оболонь», «Філіпс» (Україна), «Філіпс» (Україна), ТОВ «Фокстрот» та інші (всього 21).

Серед європейських країн відомі польська фармацевтична компанія Polpharma (ЗО, 2018 рік) та французька LLC Michelin Ukraine (ЗО, 2020 рік) – відомий виробник шин. У результаті проведеного аналізу визначено, що країни ЄС успішно реалізують стандарт «Зелений офіс», дотримуються принципів політики різноманітності, розглядають екологізацію, як важливий елемент організації підприємства, використовують сучасне обладнання та безпечні методи очистки води.

Отримати сертифікат «Зелений офіс» у нашій країні, поки що, неможливо внаслідок відсутності законодавчої бази. У рамках Генерального договору ООН є можливість приєднатися до Декларації «Go Green», що підтверджує готовність компанії до екологізації та екологічної ініціативи.

Формування зеленого бізнесу на основі екологічних підходів є ключовою можливістю подальшого розвитку.

2. На стадії заснування підприємств і компаній необхідно визначати вплив на довкілля та енергозбереження. Наступними кроками є організація «Зеленого офісу» та формування стратегії реалізації екологічно чистих (зелених) технологій і надскладної задачею є пошук ідей та ефективних проєктів. Складовою ринку інновацій є стартапи [10, 11].

Greencubator (2009) – українська мережа енергетичних інновацій, неприбуткова громадська організація, учасниця Реанімаційного пакету реформ, реалізує освітні, соціальні, кліматичні та медіапроєкти, що розкривають можливості та популяризують застосування відновлюваної енергетики [15]:

– TeslaCamp – табір енергетичних інновацій, заснований у 2013 році, місце збору для представників енергетичних галузей, інноваторів, студентів, ентузіастів, інвесторів та медіа [11]. Найцікавіші проєкти: карта пунктів утилізації відходів; біорозкладне пакування та їстівний посуд; система для економії електроенергії; зубна щітка одноразового використання з переробленого паперу; папір з опалого листя; прикраси з переробленого пластику; система для повторного використання технічної води; зарядні станції у готелях та ресторанах для електромобілів з розвинутою міжнародною мережею; сонячні панелі – жалюзі; інтернет – платформа з продажу невикористаних товарів; сервіс для побудови електричних мереж; мережа електрозаправок; безперестанний блокнот та безперестанний олівець; пристрій для збору води з повітря; фотокамера для миттєвих знімків екологічно чиста.

– Hack4Energy (2015 рік) – один з найбільших хакатонів у Європі для вирішення енергетичних проблем України, формує поведінкові та технологічні рішення щодо унеможливлення плати за енергію окупантам, економити, боротися з відключеннями, стабілізувати енергосистему.

– Climate Launchpad – найбільший європейський клінтек-конкурс від Climate-KIC, що дає дорогу українським зеленим стартапам. Метою конкурсу є створення низьковуглецевого майбутнього.

У нашій країні розробили стартап-проєкт Eco Ture – унікальну технологію з переробки шин. У 2019 році в Івано-Франківську проєкт переміг на конкурсі та приймав участь у суперфіналі Climate Launchpad в Амстердамі, на одеському конкурсі отримав 10000 дол. від інвестфонду ICU Ventures.

Серед закордонних стартапів найбільше популярні інноваційні контейнери (Копенгаген) та ферма в місті (Бостон).

До найсучасніших тенденцій зелених стартапів можна віднести напрямки [10, 11]: бізнес-ідеї з використанням чистої енергії, що прискорюють стійку мобільність; стартапи з відновлення та раціонального використання природних ресурсів; перетворення міського середовища на декарбонізований екологічний простір; енергоефективність, розумні електромережі, уловлювання і зменшення викидів CO₂, зберігання енергії, інтеграція джерел енергії; перехід до кліматично-розумного виробництва продовольства; посилення адаптивності та здатність реагувати на зміни клімату; корисні для суспільства та економіки без шкоди океанам та прибережним районам (судноплавство, туризм, корисні копалини, аквакультура, рибальство); перспективні інновації з глобальною дією на клімат.

Також, потрібно відмітити, що ЄС у 2022 році вперше запросила стартап-проєкти України брати участь у сировинному секторі «Регіональному конкурсі інновацій». Організатор – EIT RawMaterials. Сутність такого конкурсу полягає у розвідці та пошуку корисних копалин та альтернативних джерел енергії (геотермальної) [12]. Для стартапів запропоновано наступні напрямки щодо участі у конкурсі: розвідка корисних копалин: вивчення, технології, вдосконалення (розумні моделі для розвідки, дрони, методи роботи в 3D/4D); інтелектуальний видобуток: технології, сучасні рішення, ефективність, безпечність, стійкість; мінеральні та металургійні процеси: технології, рішення, переробка сировини, металів, виробництво вдосконалених матеріалів; переробка: технології, рішення, матеріали із вторинної сировини; оптимізація: нові технології, послуги, заміна токсичних матеріалів; циркулярна економіка: сучасні бізнес-моделі, рішення, реалізація концепції кругової економіки [12].

Світові та українські тенденції розвитку краудфандингу, як джерела інновацій та однієї з реальних можливостей існування стартапів, визначають потенціал екологізації виробництва.

3. Зацікавленість виробників у впровадженні зелених технологій у довоєнний період зростала. З 2018 по 2021 рік потужність сектору відновлюваної енергетики значно збільшилася, разом із сонячними панелями приватних домогосподарств (дСЕС) у 2021 році складала 9655,9 МВт, або 8450,8 МВт без дСЕС, за даними НКРЕКП [21]. Кабінет міністрів у 2021 році розробляв інструменти державної допомоги при переході на відновлювану енергетику.

Розглянемо досягнення п'яти провідних українських підприємств у сфері реалізації чистих технологій (рис. 1): ДТЕК ВДЕ, Clear Energy Group, Регіональна газова компанія (РГК), ГК «Укртепло», ПрАТ «МХП» [13–17]. У кожного є потужний зелений портфель та перспективна ключова мета.

Окрім того, групою ДТЕК завершується будівництво першої черги Тілігульської вітрової елек-

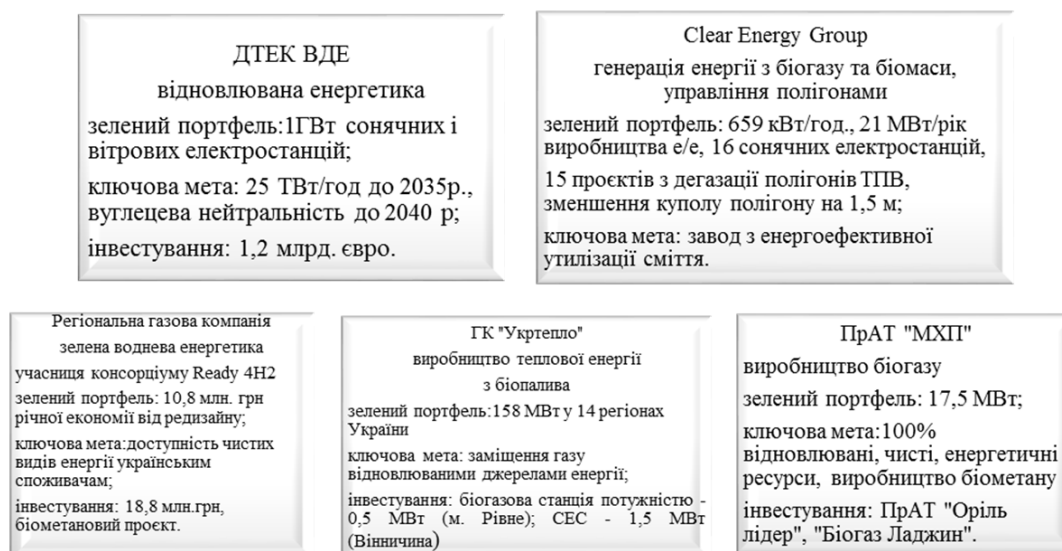


Рис. 1. Досягнення провідних українських підприємств у сфері реалізації чистих технологій

тросанції потужністю 114 МВт – це перший крок у досягненні цілей ініціативи «30 до 2030». У Clear Energy Group заплановано на найближчі роки запустити 250 МВт чистої e/e по всій території України; РГК завершили створення цифрових моделей газорозподільних мереж в ГС. Група компаній «Укртепло», у межах проєкту «Зелений перехід. Рівне», запустили найбільшу котельню на відновлюваних джерелах енергії (біомасі) у Західній Україні, потужністю 20 МВт. ПрАТ «МХП» має на меті забезпечити весь технологічний процес власною «зеленою» енергією і зробити виробництво екологічно чистим. Проєкт будівництва біогазового комплексу

ВП «Біогаз Ладжин», із запланованою енергетичною потужністю 24 МВт, реалізовується у дві черги [13–17].

Зазначені підприємства є членами Energy Club – найбільшого в Україні бізнес-ком'юніті енергетичних компаній з 2016 року, місією якого є створення можливостей для комунікацій між стейкхолдерами для ефективного і екологічного розвитку енергетичного ринку.

На основі наведених даних визначимо складові частини механізму втілення екологічних інновацій у виробництво (рис. 2). Основою для реалізації є міжнародні та державні стандарти; важливою

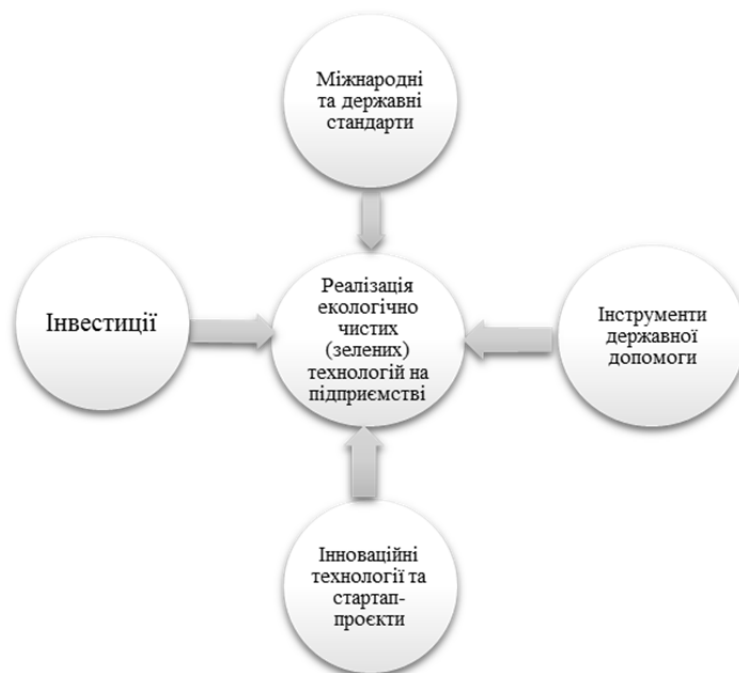


Рис. 2. Складові частини механізму втілення екологічних інновацій у виробництво

складовою та чинником, що спонукає до втілення зелених технологій є інструменти державної допомоги – це сприятливе законодавчо-нормативне та фінансово-економічне середовище [18, 19].

Невичерпним джерелом інноваційних ідей є стартап-проекти та перспективний ринок краудфандингу в Україні. Вирішальною складовою є залучення інвестицій та термін їх окупності. Потрібно зазначити вагомість галузевого поширення впровадження екологічно чистих (зелених) технологій для ефективного співробітництва та досягнення результату [19, 20].

Головні висновки. Наша держава до початку воєнних дій використовувала сучасні екологічні технології, підприємства зменшували викиди пар-

никових газів, реформували фінанси та цільове використання коштів, удосконалили законодавство про ОВД, реформували державний екологічний контроль, проводили моніторинг промислового забруднення та екологічну модернізацію підприємств, використовували альтернативні види палива, також на біомасі; у 2020 році посіла 60 місце у рейтингу Environmental Performance Index серед 183 країн світу та 26 місце щодо внеску у протидію змін клімату; у 2022 році, отримала дуже серйозний виклик для довкілля, збитки склали 395 млрд. грн.

Для досягнення вуглецевої нейтральності та крокуванням Європейським зеленим курсом необхідна екологізація виробництва відповідно до стандартів.

Література

1. Паризька угода: ратифікація від 14.07.2016 / Верховна Рада України. URL: <http://surl.li/iqiaj> (дата звернення: 25.06.2023).
2. Перетворення нашого світу: Порядок денний в галузі сталого розвитку на період до 2030 року. (2015) / Організація об'єднаних націй. Україна. URL: <https://ukraine.un.org/uk/sdgs> (дата звернення: 25.06.2023).
3. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: редакція від 25.10.2022/ Верховна Рада України. URL: <http://surl.li/hwks> (дата звернення: 25.06.2023).
4. Марушевський Г., Хікман Д. «“Зелений” бізнес для малих і середніх підприємств»: посібник. Проект ПРОМІС, 2017. URL: <http://surl.li/iqiad> (дата звернення 14.06.2023).
5. Федерація органічного руху в Україні. Доцільність розвитку в Україні. URL: <http://surl.li/iqiab> (дата звернення 15.06.2023).
6. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Відновлювана енергетика. URL: <http://surl.li/iqhzd> (дата звернення 16.06.2023).
7. Штольц оголосив про «план Маршалла XXI століття» для відбудови України / Укрінформ. URL: <http://surl.li/iqhzj> (дата звернення 16.06.2023).
8. Ecolabel. Зелений офіс. URL: <https://www.ecolabel.org.ua/zelenyi-ofis> (дата звернення 05.06.2023).
9. Херсонська торгово-промислова палата. Що таке Зелений офіс? URL: <http://surl.li/iqhzy> (дата звернення 05.06.2023).
10. Фінансовий моніторинг 2023. Українські «зелені» стартапи можуть взяти участь у міжнародному конкурсі з призом у 10000 євро. URL: <http://surl.li/iqhzz> (дата звернення 14.05.2023).
11. CLP Ukraine 2022. Greencubator.ClimateLaunchpad. URL: <https://greencubator.info/climatelaunchpad/> (дата звернення 14.05.2023).
12. Економічна правда. ЄС підтримає геологічні стартапи України. Чому потрібно поспішати? URL: <http://surl.li/iqhzt> (дата звернення 14.05.2023).
13. ДТЕК ВДЕ. Енергія в дії. URL: <https://dtek.com/> (дата звернення 05.06.2023).
14. Clear Energy Group. Clear Energy – майбутнє сонячної енергетики. URL: <https://clean-energy.com.ua/> (дата звернення 15.04.2023).
15. Регіональна газова компанія. Нові види енергії. URL: <https://rgc.ua/ua/cleanenergy> (дата звернення 12.04.2023).
16. ГК «Укртепло». Укртепло – багатопрофільна група компаній, яка спеціалізується на реалізації нових проєктів в енергетиці і виробництві тепла та електроенергії з відновлюваних джерел. URL: <http://ukrteplo.ua/grupa-kompanij/> (дата звернення 12.04.2023).
17. ПрАТ «МХП». Охорона довкілля. URL: <http://surl.li/iqhzq> (дата звернення 12.04.2023).
18. Інженерна екологія : підручник / В. М. Ісаєнко, К. О. Бабікова, Ю. М. Саталкін, М. С. Романов; за заг. ред. д-ра біол. наук, проф. В.М. Ісаєнка. 2-е вид., актуалізоване на принципах сприяння сталому інноваційному розвитку та засадах синергетичного і компетентнісного підходів. Київ : НАУ, 2019. 452 с.
19. Інноваційний інжиніринг: навч.-метод. посіб. / Паска М.З., Драчук У.Р., Ромашко І.С., Галух Б.І., Басараб І.М. Львів: ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького, 2016. 82 с.
20. Тугай О.А., Власенко Т.В. Загальні основи інжинірингової діяльності та її сучасний стан в Україні. Нові технології в будівництві. № 34. 2018. URL: <http://surl.li/iqhzo> (дата звернення: 07.06.2023).

ЗБАЛАНСОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД ГУЛЯЙПІЛЬСЬКОГО РОДОВИЩА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Улицький О.А., Касьяненко Д.Л., Д'яченко Н.О.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
natalidyachenko1969@gmail.com

Означені актуальні питання сучасного видобутку залізних руд в Україні та його наслідків. Визначено, що відбудова України в післявоєнний час потребує від держави важливих економічних кроків, що пов'язані зі зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів. Незважаючи на достатній резерв розвіданих запасів залізної руди в Україні, сучасні показники видобутку не сприяють забезпеченню потреб країни та експортних обсягів, спостерігається виснаження надр на деяких родовищах, розробка «нових» родовищ потребує реформування технологічного та екологічного механізмів користування ними. Вивчаючи вплив гірничодобувного сектору на довкілля в інших країнах, оцінюючи новітні технології з метою поліпшення екологічних показників та конкретні приклади успішного сталого видобутку корисних копалин, таке дослідження є підґрунтям для створення фундаменту екологізації технологічних процесів у галузі видобування, спрямованих на узгодження зеленого зростання та гірничодобувного сектору. В праці розглянуті нові технологічні тенденції, які прямо чи опосередковано впливають на екологічні показники в гірничодобувній галузі. Підвищення екологізації виробництва завдяки впровадженню нових технологій, які зменшують вплив гірничодобувної діяльності на навколишнє природне середовище, розглянуто на прикладі Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів для майбутнього кар'єру. Його максимальні параметри по поверхні розраховані в праці та означені авторами завдяки здійсненню науково – практичним відповідним дослідженням. Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави». *Ключові слова:* технології захисту, кар'єр, гірничодобувна промисловість, Гуляйпільське родовище, екологізація, прогнозування, ризик-орієнтоване управління.

A balanced approach to the extraction of iron ore at the Gulyaypilske deposit in modern conditions. Ulytsky O., Kasyanenko D., Diachenko N.

The article is devoted to topical issues of modern iron ore mining in Ukraine and its consequences. It is determined that the reconstruction of Ukraine in the post-war period requires important economic steps from the state, which are associated with the growth of minerals production, especially ferrous ores. Despite the sufficient reserve of proven iron ore reserves in Ukraine, current production rates do not meet the country's needs and export volumes, there is depletion of subsoil in some deposits, and the development of "new" deposits requires reforming the technological and environmental mechanisms for their use. By studying the environmental impact of the mining sector in other countries, evaluating the latest technologies to improve environmental performance and specific examples of successful sustainable mining, this paper provides the basis for creating a framework for greening mining processes aimed at reconciling green growth and the mining sector. The paper considers new technological trends that directly or indirectly affect environmental performance in the mining industry. Increasing the environmental friendliness of production through the introduction of new technologies that reduce the impact of mining activities on the environment is considered on the example of the Gulyaypilske ferruginous quartzite deposit, for the future open pit of which the maximum parameters of the open pit on the surface are calculated. The Gulyaypilske deposit is included in the "List of subsoil areas (mineral deposits) that are of strategic importance for the sustainable development of the economy and the state's defence capability". *Key words:* protection technologies, open pit, mining industry, Gulyaypilske deposit, environmentalisation, forecasting, risk-oriented management.

Постановка проблеми. Широкомасштабна війна росії проти України вплинула на стан економіки не лише нашої держави, але й інших країн. Україна завжди була потужним експортером різноманітної сировини, зокрема такої як залізна руда або чорні метали. Відбудова України потребує від держави життєво важливих економічних заходів, пов'язаних зі зростанням видобутку корисних копалин, особливо руд чорних металів.

На сьогодні в Україні функціонує 65 підприємств з видобування металевих руд [1]. До початку війни, наприклад, у 2020 році, згідно з даними ДНВП «Геоінформ України» видобування руд заліза здійснювалося на родовищах, де зосереджено близько 60% від усіх розвіданих запасів України. Видобування здійснювали 14 підприємств. Того року обсяг екс-

порту руд та концентратів заліза неагломерованих збільшився на 24,17% порівняно з 2019 роком, досягши 30 857,32 тис. т вартістю 2 542,24 млн дол. США. Експорт здійснювався у понад 20 країн світу. Обсяг експорту руд та концентратів заліза агломерованих також збільшувався. Наприклад, у 2020 р. було експортовано 15 435,52 тис. т руд та концентратів заліза агломерованих, що на 2,55% більше за аналогічний показник попереднього року [2].

Інша динаміка спостерігається в сучасні часи. Криворізький залізорудний комбінат (КЗРК) – найбільший виробник агломераційної руди України – за підсумками січня 2023 року збільшив виробництво товарної залізної руди підземного видобутку на 4,7% в порівнянні з попереднім місяцем – до 135 тис. т. Але, порівняно із січнем 2022 року, у січні 2023 року

КЗРК зменшив виробництво аглоруди на 60,9% [3]. Такі показники не сприяють забезпеченню потреб країни та експортних обсягів. За оцінкою фахівців [4] ринок заліза є одним із найважливіших світових ринків, оскільки залізна руда є другим за важливістю товаром після нафти. Україна має кілька підстав для нарощування видобутку залізної руди: перша – можливість втрати світового ринку збуту, друга – потреби країни для її відновлення.

Проте, треба визнати, що видобувна промисловість – це основне історичне джерело шкоди навколишньому середовищу. У той час як уряди країн світу працюють над підтримкою переходу до більш зеленого економічного зростання, та сприяють не тільки підтримці поліпшення екологічних показників у гірничодобувному секторі, але й забезпеченню того, щоб ця галузь стала прогресивною складовою екологізації економіки, Україна лише розглядає основні приклади екологічної шкоди, спричиненої різними формами видобутку корисних копалин.

Актуальність дослідження. Для України гірничорудна добувна промисловість є не тільки важливим сектором економіки, що забезпечує зайнятість, державні доходи та сировину для військової та цивільної промисловості, але й має потенційну довгострокову екологічну небезпеку навколишньому середовищу. Саме відкритий видобуток корисних копалин, у тому числі кар’єрний, є найпоширенішою формою видобутку, що призводить до змін у ландшафті, знищення місць проживання для флори і фауни, забруднення поверхневих та підземних вод, тощо. На сьогодні існує значна кількість країн, які прагнуть припливу не тільки доходів від видобування корисних копалин, але й новітніх технологій в гірничодобувну галузь. Саме тому держава має

забезпечити видобувну галузь прогресивним партнерством у реалізації стратегій, що сприяють переходу гірничодобувної галузі до сталого розвитку України на період до 2030 року. Варто зазначити, що для відновлення та розвитку України чітко постає потреба в нарощуванні виробництва та видобутку з застосуванням галузевих рішень екологізації видобування, при цьому великі гірничодобувні компанії виявляють значну зацікавленість у розв’язанні наявних проблем [5].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. В Україні основні запаси руд заліза зосереджені в Криворізькому, Кременчуцькому, Білозірському, Маріупольському та Керченському залізрудних районах (рис. 1, а).

Вони представлені трьома геолого-промисловими типами: багатими магнетит-гематито-мартитовими рудами, залістими кварцитами та оолітовими бурими залізняками. Станом на 01.01.2021 р. балансові запаси залізних руд згідно з даними ДНВП «Геоінформ України» становили 18065,04 млн. т. Кількість родовищ у 2020 році становила 60 од. Обсяг балансових запасів розподіляється так: Дніпропетровська область – 8781,52 млн. т (48,61%), Полтавська – 5038,69 млн. т (27,89%) і Запорізька – 2755,13 млн. т (15,25%).

Залізна руда відноситься до невідтворювальних природних ресурсів. Тому, незважаючи на достатній резерв розвіданих запасів залізної руди, зараз спостерігається виснаження надр на деяких родовищах, що потребує реформування технологічного та екологічного механізмів користування ними. Сьогодні потребує сталого природокористування. Тобто, на заміну екстенсивного природокористування, що

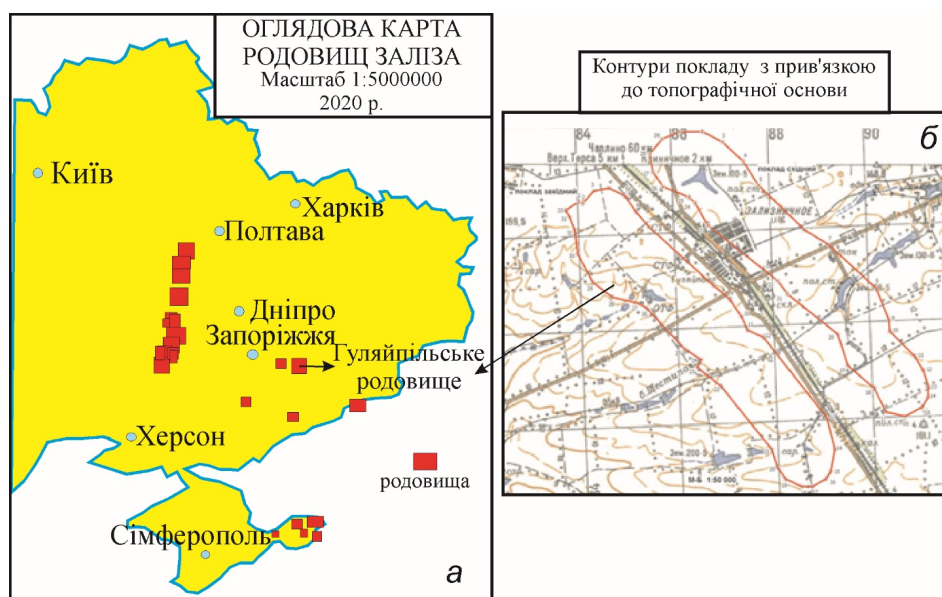


Рис. 1. Географічне розташування районів залягання залізних руд України (а) з деталізацією контурів покладу Гуляйпільського родовища (б)

передбачало інтенсивне використання природних ресурсів і забруднення довкілля викидами до атмосферного повітря та водойм, забрудненням ґрунтів і підземних вод, виникає необхідність використання маловідходних і безвідходних технологій, або екологізація видобутку та виробництва.

Для забезпечення відновлення України та її зростаючих потреб у вигляді матеріального виробництва, необхідно залучати до розробки нові запаси залізородних родовищ, які раніше не розроблялися з певних причин.

Наочним прикладом є Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів (див. рис. 1). Гуляйпільська магнітна аномалія була виявлена ще в 1931 році Українським геофізичним трестом. За період 1973–1981 років Білозірською геологорозвідувальною експедицією ПГО «Південьгеологія» була здійснена розвідка на площі всієї Гуляйпільської структури. Родовище має форму еліпсу, що витягнутий у північно-західному напрямку (азимут простягання $310\text{--}315^\circ$) на 9 км, завширшки приблизно 3 км. Глибина покладу розповсюджена до 600 м. Розвідане родовище має 2 контури: Західний та Східний (див. рис. 1, б). Площа родовища – 936 га. Детальна розвідка Західного крила родовища виконувалася в період 1981–1985 років Білоярською ГРЕ. Детальна розвідка Гуляйпільського родовища була проведена згідно з сумісним наказом Мінчермету СРСР і Мінгео СРСР «О детальном укрєпленні минерально-сырьевой бази черной металлургии на 1981–1985 гг и на период до 1990 гг», від 16 грудня 1981 г № 564/1184 [6], а також на основі техніко-економічних розробок інституту «Кривбаспроект». Гуляйпільське родовище має поклади корисних копалин, зокрема, сланцю, кварциту та залізних і германієвих руд.

Пласти кварцитів, що присутні в Західному та Східному крилах однойменної синклінальної складки, складають близько 3,5 млрд. т. (прогнозні ресурси залізистих кварцитів Гуляйпільської синклінали) та оцінені до глибини 600 м. Протяжність пласта залізистих кварцитів 17 км.

На Державному балансі корисних копалин колишнього СРСР, станом на 1.01.1985 р., по площі Гуляйпільського родовища було 1930,5 млн. т балансових запасів залізистих кварцитів з середнім вмістом загального заліза 26,2% і магнетитового – 16,4%, в тому числі за категорією C_1 – 1314,1 млн. т, та C_2 – 616,4 млн. т, з них: по Західному тілу – 1026,5 млн. т, (Fe заг. – 26%, Fe магн. – 16,6%, в т.ч по кат. C_1 – 999,5 млн. т, та C_2 – 27,0 млн. т). Підраховані запаси: а) забалансові запаси окислених кварцитів в кількості 83880 тис. т. категорії C_1 – 434310 тис. т. (в контурі кар'єра – 370259 тис. т.) категорія C_2 – 1362110 тис. т. (в контурі передбачуваного кар'єру – 613827 тис. т) [7]. Термін користування надрами Гуляйпільського родовища – 20 років.

Спробам розроблення родовища у 2005, 2008, 2013 роках активно протидіяв громадський рух

з метою недопущення відкритої розробки залізних кварцитів та уникнення можливих несприятливих наслідків для довкілля, що можуть завдати шкоди значним обсягам вод, рослинному та тваринного світу, тощо.

Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), що мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [8], які надаватимуться у користування шляхом проведення аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами та на умовах угод щодо розподілу продукції.

Оцінка наслідків видобутку корисних копалин на цій території здійснювалася багатьма дослідниками [9, 10]. Питанням потенційного впливу промислового видобутку залізистих кварцитів Гуляйпільського родовища відкритим кар'єрним способом на довкілля присвячена робота Улицького О.А. та інших [11]. У праці автори ретельно вивчили, проаналізували та розрахували різноманітні показники ландшафтних, гідрогеологічних змін, створили тривимірні моделі сучасного стану довкілля та прогнозні моделі ландшафтних змін, що утворюються під час видобутку корисних копалин Гуляйпільського родовища. Так, уперше визначені показники потенційного впливу гірничодобувного комплексу Гуляйпільського кар'єру на земну поверхню і ландшафт, на водний та повітряний басейни, рослинний і тваринний світ, а також та вплив відходів видобутку на навколишнє природне середовище. Проте створена авторами спрощена тривимірна модель видобутку рудного тіла не враховувала структуру майбутнього кар'єру, який має зазвичай більш великі площі та об'єми, ніж суто рудний поклад.

Мета роботи. Напрямок праці – визначення основних сучасних проблем гірничодобувної галузі України та можливих перспектив її розвитку за рахунок залучення нових розвіданих запасів Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів з урахуванням створення умов мінімізації впливу на довкілля за рахунок використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування.

Об'єкт дослідження. Сучасні природоохоронні технології захисту навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки в гірничодобувній галузі залізних руд.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати дослідження сприятимуть майбутнім перспективам розвитку видобутку рудних покладів за рахунок залучення нових розвіданих запасів Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів з урахуванням умов ефективного використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування та своєчасного прогнозування наслідків впливу на довкілля кар'єрного видобутку заліза сучасними методами.

Виклад основного матеріалу. Зазначимо, що структура кар'єру зазвичай має ступінчасту форму:

верхні шари складаються в основному із розкривної породи, а на нижніх – здійснюється видобуток.

Загальна схема освоєння покладів у кар'єрах додана на рис. 2 де:

– шари порожніх порід поділяються на уступи, які знімаються зверху вниз, причому верхні шари випереджають нижні (зона Б на рис. 2);

– вироблений простір збільшується відповідно до переміщення робочих уступів (зона А, рис. 2).

Саме тому зона порушеного ландшафту та в цілому природного геологічного масиву з урахуванням кінцевого контуру кар'єру буде мати значно більші обсяги.

Для простих за формою та крутих за заляганням покладів корисних копалин максимальні параметри кар'єру по поверхні визначають таким чином:

а) довжина кар'єру по поверхні (за простяганням покладу) розраховується за формулою (1):

$$L_d = L_{dp} + 2H_k \text{ctg}\gamma_{отк} \quad (1)$$

де L_{dp} – довжина покладу корисної копалини, м.

б) ширина кар'єру по поверхні (у хрест простягання покладу) розраховується за формулою (2):

$$Ш_n = Ш_d + 2H_k \text{ctg}\gamma_{сеп}^{(1)} \quad (2)$$

де $Ш_n$ – ширина дна кар'єру, м; $Ш_d = 20-30$ м; $\text{ctg}\gamma_{сеп}^{(1)}$ – середній кут укосу неробочих бортів кар'єру, градус;

$$\text{ctg}\gamma_{сеп}^{(1)} = \frac{\gamma_{сеп} + \gamma}{2}$$

Кути укосів неробочих бортів кар'єру для крутих покладів корисної копалини визначають з табл. 1.

Спираючись на вищенаведені особливості розрахунків, довжина та ширина кар'єру по поверхні збільшиться на 1287 м та 1400 м відповідно (в порівнянні з 3D моделлю з роботи [11]).

Безумовно, виникає необхідність, створення моделей, які врахують усі складові кар'єрної розробки корисних копалин: схеми видобувних робіт, виробничо-технологічні процеси, що пов'язані з розробкою родовища та переробкою сировини. Наступний крок – це всеосяжна оцінка впливу на навколишнє природне середовище від діяльності майбутнього видобувного підприємства.

У зв'язку з військовими діями, природний потенціал (екосистема) території, що опинилася у «сірій зоні», зазнав значних втрат. Забруднення вод та ґрунтів, випалювання лісів, великі обсяги хімічного забруднення від снарядів та вибухонебезпечних предметів, будівництво фортифікаційних споруд та проїзд техніки, що спричиняють ерозію ґрунту – все це призводить до того, що територія за екологічними параметрами поступово стає непридатною для життя людей. Військові дії стають причиною загибелі біоти та призводять до руйнування природних екосистем.

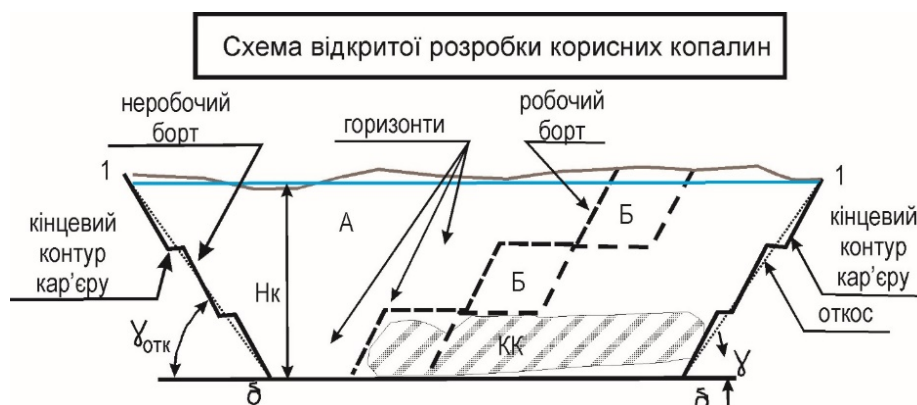


Рис. 2. Схема відкритої розробки корисних копалин

Примітка: H_k – кінцева глибина; α – кут падіння корисної копалини; $\gamma_{отк}$ – кут укосу неробочого борту кар'єра з боку висячого боку покладу; γ – те саме з боку лежачого боку покладу корисної копалини.

Таблиця 1

Кути укосів неробочих бортів кар'єру

Породи	Коефіцієнт міцності порід, f	Кут укосу неробочого борту (градуси) за глибини кар'єру, м				
		≤90	≤180	≤240	≤300	>300
Найвищою мірою міцні та дуже міцні	15–20	60–68	57–65	53–60	48–54	43–49
Міцні та доволі міцні	8–14	50–60	48–57	45–53	42–48	37–43
Середньої міцності	3–7	45–50	41–48	39–45	36–43	32–37
М'які та доволі м'які	1–2	30–43	28–41	26–39	26–36	–
М'які та землісті	0,6–0,8	21–30	20–28	–	–	–

З великою ймовірністю відновити втрачені ліси і річки буде досить складно. Умови життя в цьому регіоні України стануть менш сприятливими, ніж були раніше.

Гуляйполе розташоване на межі трьох областей (саме місто у Запорізькій, але межує із Донецькою та Дніпропетровською) і було дуже важливим аграрним та рекреаційним населеним пунктом. Наявність ландшафтного заказнику місцевого значення «Балка Різана» та об'єкту природно-заповідного фонду – Ботанічного заказнику місцевого значення «Цілинні припльові смуги» робили цю територію зоною з обмеженим використанням земель. На сьогодні практично усі ці об'єкти ПЗФ зруйновані. Оскільки екосистемні послуги мають значний соціальний аспект [12], втрата землеробства зробить цю територію безлюдною. Саме тому, можливо саме розробка Гуляйпільського родовища створить умови для відновлення соціалізації території з огляду на створення нових робочих місць, щ, насамперед, підвищить економічний потенціал регіону.

Основний виклик у вирішенні питання видобутку залізистих кварцитів Гуляйпільського родовища полягає в створенні умов мінімізації впливу на довкілля за рахунок використання новітніх технологій для екологізації виробництва і видобування та врахування прикладів розробок родовищ, що використовують більш екологічно чисті технології.

Наприклад, в деяких країнах досліджують можливість використання альтернативних джерел енергії, таких як вітер, сонце, та гідроелектростанції, для розробки руд заліза. Це може допомогти зменшити вплив на довкілля та більш сталий розвиток галузі. Яскравий приклад – застосування монокар'єрів (покріті резиною) у залізрудних кар'єрах в Швеції, що допомагають запобігти забрудненню питної води та зменшити ерозію ґрунтів. Одним із прикладів використання біологічно очищеної води є родовище в Канаді, де ефективно відновлюється природне середовище після діяльності кар'єрів. В Німеччині практикують використання технології відновлення після гірничодобувної діяльності. На прикладі родовища залізної руди в Гайльсдорфі, що знаходиться південніше Берліна, після добування відбувається відновлення ландшафту та реконструкція зруйнованих територій. У США існують проекти, спрямовані на використання ефективніших і екологічно чистих технологій розробки залізної руди. Наприклад, компанія Cliffs Natural Resources здійснює дослідження з використання гідрометалургійних методів для видобутку залізної руди, що дозволяє зменшити використання розчинників та оптимізувати процеси відновлення. У Канаді зустрічаються проекти з використання екологічно чистих технологій в родовищах залізних руд. Наприклад, одне з родовищ у провінції Квебек, що належить компанії ArcelorMittal, використовує біологічно очищену воду та має системи відновлення рельєфу для збереження природного середовища.

Такі приклади демонструють, що існують альтернативи традиційним технологіям, які можуть зменшити негативний вплив на довкілля та сприяти більш сталому розвитку родовищ руд заліза.

Інше питання, це прогнозування наслідків впливу кар'єрного видобутку заліза на довкілля, яке зазвичай проводиться за допомогою різних методів та програмних засобів. Перший – це моделювання та симуляція, тобто використання комп'ютерних моделей та симуляційних програм, що дозволяє прогнозувати можливий вплив. Ці моделі повинні враховувати наступні фактори: рухи ґрунту, водний потік, взаємодію з твердими речовинами тощо. З їх допомогою можна визначити зміни в якості води, повітря, стану ґрунтів, тощо.

Другий – це екологічні аудити, що використовуються для оцінки і контролю впливу видобутку на довкілля. Вони включають збір та аналіз даних про якість повітря, ґрунту та води. Сертифіковані екологи проводять дослідження, складають звіти та рекомендації щодо зниження негативного впливу видобутку на довкілля.

Наступний – це моніторинг, згідно якого на постійній основі здійснюються спостереження різних показників якості навколишнього середовища, таких як рівень шуму, концентрація шкідливих речовин, забруднення водних джерел тощо. Це дозволяє відстежувати зміни впливу на довкілля та при необхідності ухвалювати заходи для запобігання забрудненню та зменшення впливу.

Особливу увагу треба приділити оцінкам ризиків. Методи оцінки ризиків впливу видобутку залізних руд на довкілля можуть включати різні підходи та інструменти для оцінки потенційних загроз та визначення їх наслідків. Ось кілька методів, що застосовуються у цій області:

1. Екологічна оцінка: Цей підхід включає оцінку впливу видобутку залізних руд на різні компоненти довкілля, такі як повітря, вода, ґрунти, рослини та тварини. Враховуються фактори, такі як розмір та інтенсивність гірничої діяльності, способи видалення та оброблення руди, рівень відходів та забруднення, а також здатність екосистеми до самовідновлення. Екологічна оцінка може визначити потенційні ризики та запропонувати конкретні заходи для зменшення негативного впливу.

2. Життєцикловий аналіз: Цей метод дозволяє оцінити повний життєвий цикл видобутку залізних руд, включаючи етапи добування, транспортування, обробки та відновлення. Враховуються різні аспекти, такі як використання ресурсів, енергозатрати, викиди забруднюючих речовин, управління відходами та ефективність процесів. Це дозволяє виявити основні етапи, які можуть мати негативний вплив на довкілля, та знайти шляхи для їх удосконалення.

3. Ризик-орієнтоване управління: Цей підхід передбачає ідентифікацію потенційних ризиків у діяльності з видобутку залізних руд та розробку

стратегій управління, щоб зменшити ці ризики до прийнятних рівнів. Це може включати впровадження високих стандартів безпеки та екологічного управління, встановлення ефективних систем моніторингу та контролю, розробку планів надзвичайних ситуацій та навчання персоналу.

4. Моделювання ризиків: Цей підхід використовує комп'ютерні моделі для прогнозування та оцінки впливу видобутку залізних руд на довкілля. Моделі дозволяють аналізувати різні сценарії та умови, включаючи розробку альтернативних варіантів технологій, визначення потенційних зон впливу та розрахунок ризиків забруднення.

Такі методи можуть застосовуватися окремо або в поєднанні один з одним, залежно від конкретних потреб і умов. Вони дозволяють оцінити ризики та розробити стратегії для зменшення негативного впливу видобутку залізних руд на довкілля.

Нині існує також багато програмних засобів, що додатково допомагають в аналізі та прогнозуванні наслідків впливу на довкілля. Деякі з них включають ERDAS IMAGINE, ArcGIS, ENVI, R, MATLAB тощо. Ці програми дозволяють обробляти та аналізувати великі обсяги даних, створювати моделі та візуалізувати результати для подальшого прогнозування та прийняття рішень.

Проведений в дослідженні аналіз «новітніх технологій екологізації виробництва при розробках руд кар'єрним способом» [13–15] дозволяє надати загальну інформацію про деякі основні напрямки екологічної модернізації в гірничорудній промисловості. Перш за все, це використання біорозкладувальних матеріалів, яке допомагає зменшити відходи від рудних розробок. Це може включати використання біокомпозитів для заміни традиційних будівельних матеріалів. Друге – використання енергоефективних технологій, яке допомагає знизити споживання енергії під час процесу видобутку. Це може вклю-

чати використання енергозберігаючих конструкцій та обладнання, як от електромобілі, сонячні панелі та енергозберігаюче освітлення. Третє – використання вторинних ресурсів, такі як відходи виробництва або ретельно перероблені матеріали, для заміни первинних матеріалів. Це допомагає позбутися відходів та зменшити потенційний негативний вплив на довкілля. Наступний спосіб – використання сучасних методів очищення, які дозволяють знизити кількість токсичних речовин та забруднення руди в процесі видобування. Наприклад, застосування фільтрації та хімічних реагентів для видобування руди може зменшити шкідливий вплив на водне середовище. Останній – впровадження систем управління екологічною безпекою для забезпечення дотримання норм та стандартів щодо охорони навколишнього середовища. Це допомагає забезпечити ефективне використання ресурсів та запобігти надмірному забрудненню.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Гуляйпільське родовище залізних руд є важливою локацією для отримання корисної копалини в майбутньому України. Видобуток залізних руд у Гуляйпільському родовищі можливий лише відкритим способом шляхом розробки кар'єрів та розкопування рудних покладів. Такий підхід безперечно пов'язаний з впливом на довкілля. В рамках екологічного управління та забезпечення сталого розвитку важливо використовувати методи оцінки ризиків та використовувати ефективні технології для зменшення негативного впливу видобутку залізних руд на довкілля. Це може включати впровадження системи моніторингу, розробку планів зменшення викидів та оптимізацію процесів переробки. Збалансований підхід до видобутку залізних руд у Гуляйпільському родовищі може забезпечити ефективний розвиток гірничої галузі, зберегти довкілля та забезпечити стабільне постачання залізних руд на металургійні підприємства.

Література

1. Бітюцька Л.М., Остафійчук Н.М. Огляд світової практики з архітектурно-планувальної організації рекреаційних просторів на територіях порушених гірничими виробками. *Матеріали Всеукраїнської наукової on-line конференції «Сучасні проблеми екології» ДУ «Житомирська політехніка»*, 2023. 228 с. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/hirnytstvo.pdf>
2. Портал даних видобувної галузі України. Розвідка та видобування. Руди заліза. URL: <https://www.eiti.gov.ua/resursirozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza/> (дата звернення 9.08.23).
3. Дніпропетровське інвестиційне агентство. Обласна державна адміністрація. URL: <https://dia.dp.gov.ua/kzrk-u-sichni-2023-roku-zbilshiv-vidobutok-aglorudi-na-47-m-m/> (дата звернення 9.08.23).
4. Кухарик В.В. статистичні дослідження світового ринку залізної руди. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-22>
5. Міжнародна рада з гірничодобувної промисловості та металургії (ICMM). Stakeholder Newsletter: April 2023. URL: <https://www.icmm.com/en-gb/news/2023/newsletter-april> (дата звернення 15.08.23).
6. Кочанов Е.Н., Крылов А.Н. Отчет о детальной разведке Западного крыла Гуляйпольского месторождения железистых кварцитов, 1981–1985 гг. Кн. 1–3. Белозерская ГРЭ, об-ние Южургеология, 1985. 707 с.
7. Офіційний сайт Державної служби геології та надр України. Гуляйпільське родовище. URL: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/%D0%93%D1%83%D0%BB%D1%8F%D0%B9%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5-1.pdf> (дата звернення 5.09.23).
8. Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» від 16 липня 2021 року. № 306/2021. Введений в дію 27.07.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0046525-21#Text> (дата звернення 5.08.23).

9. Даценко Л.М. Молодиченко В.В., Непша О.В. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан. Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. С. 128–145.
10. Моніторинг геологічного середовища території Запорізької області. Укр. територіальний геол. фонд. № 60398. Бердянськ: Бердянська ПГП КП «Південукргеологія». Кн. 1. Текст. 2006. 114 с.
11. Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Савлунинський О.М, Гайовий О.В. Оцінка потенційного впливу промислового видобутку залізистих кварцитів Гульпільського родовища на довкілля. *Гірнична геологія та геоекологія*, 2021. № 2 (3). С. 43–64.
12. Peter Morris, Riki Therivel, Riki Therivel, Graham Wood. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment*, 4th Edition, 2017. Pub. Location New York. 740 p. <https://doi.org/10.4324/9781315626932>
13. Chang J., Hu T., Liu X., Ren X.. Construction of green infrastructure in coal-resource based city: a case study in Xuzhou urban area. *Int J Coal Sci Technol*, 2018. № 5(1). P. 92–104, <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0191-8>,
14. Lèbre Glen É., Corder D., Golev A. Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource. *Minerals Engineering*, 2017. V. 107. P. 34–42.
15. Karlheinz Spitz, John Trudinger. *Mining and the environment: from ore to metal*. 2nd edition. CRC Press: London, 2019. 812 p. <https://doi.org/10.1201/9781351183666>

ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

УДК 504.45.058

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.9>

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИРОДНО-ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ НА РІЗНОТИПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ УКРАЇНИ

Коротецький В.П.¹, Полятикіна О.О.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
вул. Васильківська, 37, 03022, м. Київ
mars108@meta.ua, gelios009@gmail.com

Вивчено особливості формування природно-штучного меліоративного комплексу на різноманітних водних об'єктах України, наукова спрямованість праці полягає у розробленні низки науково-практичних біоманіпуляцій, що дозволять на основі отриманих наукових даних практично вжити у водних екосистемах різних типів та призначення комплекс заходів, що підвищить ефективність їх експлуатації. Запропоновані рекомендації базуються на наявному на сьогодні різноманітті природної біоти водойм з штучним «внесенням», практично, інтродукцією певних видів, які зможуть бути біомеліорантами, життєдіяльність яких в екосистемі сприятиме мінімізації біологічних загроз.

Організми-біомеліоранти, які зможуть зменшити і мінімізувати негативний вплив наявних біологічних загроз, необхідно використати насамперед аборигенні гідробіоти, а також риб – представників далекосхідного іхтіокомплексу, які досить широко інтродуковані у водоймах України, зокрема: білий і строкатий товстолобик, білий і чорний амур, короп, їх гібриди.

Для створення та забезпечення оптимального функціонування ПШБК необхідно здійснювати комплексні мікробіологічні дослідження бактеріального населення водойм. Зважаючи на особливості гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного режиму, необхідні дослідження й інших компонентів флори (фітопланктон і ВВР) і фауни безхребетних і риб.

Для забезпечення ефективної експлуатації водойм різних типів та призначення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу були проведені комплексні наукові дослідження основних компонентів біоти та практичне впровадження технології на водоймах.

Основними біотичними чинниками, що визначають взаємозв'язки між угрупованнями гідробіотів різних екологічних груп, є трофічні зв'язки – різноманітні трофічні ланцюги гідробіотів, які контактують між собою харчовими взаємовідношеннями. Відповідно, трофічні ланцюги являють – це один з найважливіших механізмів адаптації гідробіотів для свого існування в конкретній водній екосистемі. Зазначено, що зміна якісного складу, величин чисельності (біомаси) навіть одного виду, безперечно, вплине на розвиток гідробіотів на більш високих рівнях структурно-функціональної організації біоти.

Отримані результати дозволяють формувати найбільш оптимальні засади для структурно-функціональної організації біоти, що є базовим для природно-штучного біомеліоративного комплексу за своєю біотехнологією та ефективністю роботи.
Ключові слова: природно-штучний біомеліоративний комплекс, біомеліорація, біологічні загрози, фітопланктон, вищі водні рослини, рослиноїдні риби, біомеліоранти.

Recommendations for implementation of the natural and artificial biomeliorative complex on various water bodies of Ukraine. Korotetskyi V., Poliatykina O.

Peculiarities of the formation of a natural-artificial melioration complex on various types of water bodies of Ukraine have been investigated, the scientific essence of the work consists in the development of a series of scientific and practical biomanipluations that will allow, on the basis of the received scientific data, to practically implement a set of measures in water ecosystems of various types and purposes, which will increase the efficiency their exploitation. The proposed recommendations are based on the existing diversity of natural biota of water bodies with the artificial "introduction", practically, the introduction of certain species that can be biomeliorants, whose vital activity in the ecosystem will contribute to the minimization of biological threats.

Biomeliorant organisms, which can reduce and minimize the negative impact of existing biological threats, must be used first of all aboriginal hydrobionts, as well as fish – representatives of the Far Eastern ichthyological complex, which have already been widely introduced in the reservoirs of Ukraine: white and variegated carp, white and black grass carp, carp, their hybrids

In order to create and ensure the optimal functioning of the PSHBK, it is necessary to conduct comprehensive microbiological studies of the bacterial population of water bodies. Also, taking into account the peculiarities of the hydrological, hydrochemical, hydrobiological regime, studies of other components of the flora (phytoplankton and BVR) and fauna of invertebrates and fish are also necessary.

In order to ensure the effective exploitation of reservoirs of various types and purpose by creating a natural-artificial biomelioration complex, a complex scientific study of the main components of biota and practical implementation of technology on reservoirs was conducted.

The main biotic factors that determine the relationships between groups of hydrobionts of different ecological groups are trophic relationships. They are various trophic chains of hydrobionts that are in contact with each other through nutritional relationships.

Accordingly, trophic chains represent one of the most important mechanisms of adaptation of hydrobionts for their existence in a specific aquatic ecosystem. A change in the qualitative composition, abundance (biomass) of even one species will undoubtedly affect the development of hydrobionts at higher levels of the structural and functional organization of the biota.

The obtained results make it possible to form the most optimal foundations for the structural and functional organization of the biota, which is the basis of the natural-artificial biomelioration complex in terms of its biotechnology and work efficiency. *Key words*: natural-artificial biomelioration complex, biomelioration, biological threats, phytoplankton, higher aquatic plants, herbivorous fish.

Постановка проблеми. Проведення заходів із запобігання біологічним загрозам (біоперешкодам) водним екосистемам шляхом формування природно-штучного біомеліоративного комплексу (ПШБК) рекомендовано на поверхневих водоймах водогосподарських організацій, що забезпечують зрошення сільськогосподарських угідь, питне та технічне водопостачання, на водних об'єктах населених пунктів, які знаходяться під постійним антропогенним навантаженням, на різних водосховищах, як штучно побудованих водних об'єктах, екологічний стан водної екосистеми яких потребує штучного регулювання та моніторингу, на водоймах-охолоджувачах ТЕС і АЕС, на яких, у зв'язку з підвищеним температурним режимом відбувається надмірний розвиток біологічних перешкод, як то водна рослинність та зообрустання, що заважають роботі технологічного обладнання, на водоймах кар'єрного і шахтного типу, хімічний склад яких зазвичай не відповідає нормам, на водостоках, шлюзах та на водних об'єктах інших типів. На різних типах поверхневих водойм впроваджується окрема методика досліджень та розрахунків вселення біологічних компонентів, кожний з яких виконує власне завдання в ПШБК, наприклад: фітопланктон може виконувати функцію сорбенту поллютантів у водному середовищі, таких як нафтопродукти, солі важких металів, інших негативних сполук; деякі види зоопланктону, зокрема, фітофаги можуть споживати фітопланктон, що є забрудненим поллютантами; макрофіти, у тому числі біоплато, сформоване з вищих водних рослин також має природні властивості щодо очищення поверхневих шарів водних об'єктів; зообрустання молюском дрейсени також здійснюють фільтрацію водних мас і фільтрують негативні сполуки у воді; риби, як організми вищої ланки водної екосистеми, мають природні властивості щодо споживання всіх перерахованих компонентів (фітопланктонофаги, зоопланктонофаги, макрофітофаги, тощо), через вилучення яких з водного об'єкту відбувається усунення поллютантів та біологічних перешкод.

З огляду на тенденцію на погіршення якості поверхневих вод та збільшення біоперешкод, ПШБК рекомендовано впроваджувати на різномісних водних об'єктах з метою забезпечення збереження, науково обґрунтованого, раціонального використання вод для потреб населення і галузей економіки, екологічного відтворення водних ресурсів, охорони вод від забруднення, запобігання шкідливим діям вод та ліквідації їх наслідків, поліпшення стану водних об'єктів, охорони прав підприємств, установ, орга-

нізацій та громадян на водокористування якісними поверхневими водами.

Аналіз попередніх досліджень (публікацій). Під час впровадження ПШБК на різномісних водних об'єктах України необхідно знати і розуміти деякі застереження, що можуть не лише впливати на досягнення відповідного біомеліоративного ефекту, але мати й негативні наслідки для довкілля та соціально економічного стану регіону.

За інформацією дослідників водойм басейну р. Дністер, С. Снігірьова (ОНУ імені І.І. Мечникова) та С. Бушуєва (ДУ Інститут морської біології НАН України) про особливості рибальства на Нижньому Дністрі та Дністровському лимані, у тому числі й про аспекти рекреаційного та ННН-рибальства [1]. За приблизними оцінками дослідників, під час піку сезону на водоймах басейну нижнього Дністра в межах Одеської області одночасно можуть займатися аматорським рибальством кілька тисяч осіб на день. Загальна кількість відвідувань Дністровського лиману за рік може налічувати близько 200000 осіб. Щорічний обсяг вилову водних біоресурсів рибалками-аматорами в Дністрі та Дністровському лимані, за окремими оцінками, орієнтовно в межах 300–400 т.

Автори дослідження зазначають, що пріоритетними об'єктами такого рибальства на Нижньому Дністрі та у Дністровському лимані, означені сазан (короп), тарань (плітка), карась сріблястий, окунь, лящ, судак, щука, плоскирка, сом. Частка карася в аматорських уловах гачковим знаряддям у Дністровському лимані за останні роки досить висока, а в нижній течії річки зазвичай не перевищує 20% [2]. Обсяги вилучення інших промислових видів (крім карася) під час такого рибальства у басейні в цілому можуть приблизно вдвічі перевищувати офіційні показники улову промислових рибалок.

С. Снігірьов і С. Бушуєв зазначають, що станом на 2020 рік офіційна статистика промислових уловів демонструє не тільки значно занижену величину, але й спотворену структуру вилову. Дані про вилучення водних біоресурсів рибалками-аматорами майже відсутні, причому оцінка реального впливу такого рибальства на водні біоресурси та його ефективне регулювання не здійснюються [1].

З огляду на викладене, розроблені та рекомендовані відповідні вимоги для здійснення любительської риболовлі на водоймах, де впроваджений ПШБК на платній основі. Визначено розмірний стан низки об'єктів іхтіофауни, яких можуть вилучувати рибалки-аматори (табл. 1).

Таблиця 1

Мінімально дозволені для вилову розміри об'єктів іхтіофауни під час здійснення аматорського рибальства у водоймах з ПШБК, (см)

№ п/п	Види об'єктів іхтіофауни	Канали	Водосховища
1	Бичок*	10	10
2	Білизна	30	30
3	Білий амур	60	40
4	Головень	24	24
5	Карась сріблястий	12	12
6	Лин	20	20
7	Лящ	35	30
8	Плітка	12	12
9	Тараня	18	18
10	Рибець звичайний	20	20
11	Річковий рак	11	10
12	Сазан (короп)	35	30
13	Синець	22	22
14	Сом звичайний	80	80
15	Судак звичайний	45	45
16	Товстолобик	60	40
17	Лососеві	20	20
18	Чехоня	24	24
19	Щука	50	50

Для здійснення ротації ПШБК в частині вилучення «відпрацьованих» біомеліорантів рекомендовано застосовувати активні та пасивні прилади у вигляді традиційних знарядь лову, що використовуються у промисловому рибальстві (зяберні сітки, уловлювачі – неводи тощо). Це може викликати питання у експертів галузі рибного господарства щодо незаконного використання знарядь лову водних біоресурсів, що передбачено чинним законодавством у сфері охорони, використання, відтворення водних біоресурсів та регулювання рибальства. Ротація біомеліорантів не може відбуватися без застосування відповідних знарядь і пристроїв, як і вилучення об'єктів аквакультури.

Окрім цього, варто зазначити, що впровадження заходів з біомеліорації мають свої особливості щодо регулювання ПШБК.

Перше, на що треба звернути увагу під час прийняття рішення щодо доцільності впровадження біомеліоративних заходів у вигляді ПШБК на водних об'єктах, – це необхідність проведення комплексних (гідрохімічних, гідробіологічних, іхтіологічних) досліджень та здійснення ретроспективного аналізу (в динаміці) екологічного стану окремого водного об'єкту, вивчення можливих наслідків впливу вселення біомеліорантів на аборигенну біоту та впливу аборигенних гідробіонтів на біомеліорантів різних якісних та вікових категорій. Визначення співвідношення між ефективним функціонуванням водних екосистем і оптимальною видовою, кількісною, розмірно-віковою структурою вселених біомеліорантів (з урахуванням таких факторів, як наявність факультативних хижаків, кількісні та якісні показники кор-

мовної бази, можливі наслідки від стану вселенців під час резорбції ікри, іхтіологічних і паразитарних захворювань, харчової конкуренції, їх можливого впливу на стан біоти водних екосистем та інших особливостей від тимчасового вселення біомеліорантів), з метою стабільного функціонування ПШБК з мінімізацією можливих негативних наслідків впливу на довкілля.

Наприклад, за наявності у водному об'єкті активних хижих видів риб, треба утриматися від формування ПШБК молоддю риб-меліорантів рослиноїдного комплексу вагою до 250–300 грамів, оскільки інтродуковані коропові види, які складають основну масу біомеліорантів меншої ваги, будуть легкою здобиччю для факультативних хижаків українських водойм (щука, сом, окунь, судак тощо). Для розрахунків формування ПШБК для водойм з посиленням тиском хижаків рекомендується використовувати вагові категорії риб-меліорантів (табл. 2).

При цьому, кількісні показники щодо вселення біомеліорантів розраховуються відповідно до наявних біоперешкод та якості поверхневих вод, в залежності від очікуваних результатів ПШБК, передбачених технічним завданням.

Важливу роль у прийнятті рішення щодо формування ПШБК на водному об'єкті відіграють гідрологічні умови функціонування водної екосистеми. Зокрема, важливо дослідити зовнішній водообмін, внутрішньоводоймну динаміку вод, гідрофізичні характеристики водних мас та донних ґрунтів. Аналіз таких даних є важливим для визначення

Таблиця 2
**Рекомендовані вагові категорії риб-меліорантів
 рослинного комплексу для формування
 ПШБК на водоймах з посиленням тиском
 природних хижаків**

№ з/п	Назва біомеліоранта	Наважка, грам
1	Білий товстолобик	300
2	Строкатий товстолобик	250-300
3	Білий амур	300-350
4	Чорний амур	300-350
5	Короп (сазан)	200-300
6	Веслоніс	500-700
7	Піленгас	від 150
8	Гибрид коропа-карася	100-250

загальних гідрологічних характеристик різнотипних водних об'єктів, що є основою для визначення доцільності впровадження біомеліоративних заходів та будь-яких подальших розрахунків щодо формування ПШБК.

Дослідження гідрохімічного режиму водних екосистем та його просторово-часової динаміки, зокрема, динаміки газового режиму (вміст O_2 , % насичення, вміст CO_2 , рН), вмісту біогенних елементів: неорганічні сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , S N), фосфор фосфатів (PO_4^{3-}), залізо (Fe^{2+}), оцінки балансу органічних речовин: біхроматна окиснюваність (БО), перманганатна окиснюваність (ПО). Аналіз даних базових елементів розкриває реальний хімічний стан водного об'єкту і висвітлює проблемні питання, на основі чого визначається причина погіршення якості води та сезонна динаміка її стану.

Під час формування та експлуатації ПШБК рекомендується приділяти особливу увагу до обсягів та рівня води у водоймах, оскільки кількісні вселення риб-меліорантів в деяких випадках можуть перевищувати нормативи рибогосподарських зариблень водойм в аквакультурі, тому, відсутність вчасного моніторингу основних екологічних показників ПШБК може призвести до негативних екологічних наслідків.

За дослідженнями фахівців концентрація кисню у воді залежить як від температури, так й від забрудненості води. Максимально можлива концентрація кисню у воді при розчиненні становить 14,56 мг/дм³ за температури повітря 0 °С. За даними Івлева В. С., у дослідженнях з вуглекислою смертельна концентрація CO_2 знижується з 120 мг/дм³ при 1 °С до 55 мг/дм³ – при підвищенні температури до 30 °С. Вміст розчиненого кисню зазначають у мг/дм³ та у відсотках щодо рівноважної концентрації кисню за даної температури. Інтенсивність зниження кисню залежить від декількох факторів, але, більш за все, від швидкості течії та температури води. Так, у липні за відсутності течії відзначаються критичні для гідробіонтів концентрації кисню. У серпні вміст

кисню буває найнижчим, що пов'язано з максимальним прогріванням води та інтенсивнішими процесами розкладання органічних речовин.

У природних водоймах (більшість озер чи ставків) розподіл кисню та температури ускладнюється багатьма іншими чинниками: глибиною та розмірами водойми, географічним розташуванням та характером навколишньої місцевості, кількістю органічних речовин, розчинених речовин, кліматичними умовами та ін. Проте з'ясовано, що в озерах на глибинах більше 15–20 м у літній період утворюється теплова шаруватість води, а разом з цим – і в концентрації кисню.

Досить важливим елементом комплексних досліджень є вивчення еколого-токсикологічної ситуації, зокрема, це виявлення вмісту нафтопродуктів і фенолів, визначення концентрації хлорорганічних пестицидів і синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) у різних компонентах водних екосистем, вміст важких металів в абіотичних компонентах та біоті, оцінка токсичності води і донних відкладів водних екосистем методом біотестування з використанням рослинних і тваринних тест-об'єктів. До водойм з перевищеною концентрацією даних сполук відносяться промислові відстійники, деякі водойми кар'єрного типу, ставки на територіях населених пунктів з слабкою проточністю та значним антропогенним навантаженням тощо.

Характеристика радіоекологічної ситуації за пріоритетними радіонуклідами чорнобильського походження (^{90}Sr , ^{137}Cs): міст ^{90}Sr і ^{137}Cs у воді та у зависях, розподіл ^{90}Sr і ^{137}Cs у донних відкладах, радіонукліди в гідробіонтах різних трофічних рівнів та екологічних груп. До водойм з підвищеними показниками за даними характеристиками можна віднести, наприклад, водойму-охолоджувач Чорнобильської АЕС, шахтні води (хвостосховища) шахт із видобутку уранової руди, водойми-охолоджувачі інших АЕС в Україні, а також деякі кар'єрні водойми.

Під час прийняття рішення щодо доцільності розроблення ПШБК важливу роль відіграє оцінка біорізноманіття водних екосистем, що передбачає вивчення різноманіття водоростей різних екологічних груп (планктону, бентосу, перифітону) на різних рівнях систематичної ієрархії. Дані про різноманіття водоростей, їх стан та розвиток надають розуміння стосовно наявності або відсутності певних видів біологічних перешкод у водному об'єкті та необхідність запобігання їх розвитку шляхом впровадження ПШБК. Наприклад, перифітон – це угруповання організмів, що мешкають на межі фаз: твердої та рідкої та існують у межах певного біотопу і заселяють щільні субстрати (підводні частини суден, гідротехнічних споруд, рослин та ін.). Надмірний розвиток перифітону загрожує пошкодженням зануреного технологічного обладнання та гідроспоруд, завдаючи, як наслідок, матеріальних затрат користувачам. Тому, під час розроблення ПШБК передбачено все-

лення певних біомеліорантів (дикої форми сазана або коропа, тощо).

Кількісне різноманіття водоростей (N, B) та структура домінуючого комплексу водоростевих угруповань, також відіграють важливу роль у водній екосистемі і можуть визначатися, як біологічні перешкоди при їх надмірному розвитку. Для запобігання та видалення таких біоперешкод під час розроблення ПШБК передбачається вселення білого амура в певних вагових категоріях, розрахованих відповідно різних факторів водного об'єкту.

Оцінка якості води, інтенсивності продукційних процесів, самоочищення-самозабруднення, потенційної рибопродуктивності за фітопланктоном, що визначається під час досліджень, допомагає визначити доцільність впровадження ПШБК, його біологічних компонентів за якісними та кількісними показниками. Вивчення процесів самоочищення-самозабруднення водної екосистеми дозволяє розробляти ПШБК з врахуванням штучної мінімізації самозабруднення, що в підсумку сприятиме поліпшенню якості води. Вивчення потенційної рибопродуктивності за фітопланктоном дозволяє оцінити можливості аборигенних риб-фітофагів (лящ, верхівка, уклейка тощо), визначити необхідність та розрахувати кількість інтродукованих риб-фітофагів (білий товстолобик, або гібрид білого і строкатого в бік білого) для формування ПШБК.

Визначення розвитку та вивчення різноманіття вищих водних рослин різних екологічних груп, оцінка потенційної рибопродуктивності за вищою водною рослинністю є необхідними компонентами для визначення необхідності та розрахунку риб-меліорантів макрофітофагів при розробленні ПШБК.

Так, макрофіти, зокрема вища водна рослинність (рогоз, очерет, осока тощо), у зв'язку з глобальними змінами клімату, маловоддям та антропогенним навантаженням на водні об'єкти, останнім часом набули ознак одних з основних біоперешкод різнотипних водойм всіх річкових басейнів України. На досліджуваних протягом 2015–2023 року водоймах, що перебувають у сфері управління Державного агентства водних ресурсів (ГКМК, КМУВГ, ДМУВГ) спостерігалось заростання до 60% плеса, що заважало використанню водойм іригаційного призначення для здійснення зрошення, а також прокачки води за допомогою насосних станцій.

Формування ПШБК з вселенням певних вагових категорій білого амура (0,7–1 кг) у відповідній кількості особин, дозволило скоротити заростання Козійського водосховища ВВР з 60% до 20% лише за один рік спостережень (2021–2022 рр.). Це дозволило поліпшити гідрологічний режим водосховища та зменшити витрати КМУВГ на електрику, експлуатацію транспортних засобів, паливно-мастильних матеріалів, механізмів, зекономити частку фонду заробітної плати працівників, які щорічно здійснювали ручне прибирання ВВР.

Важливими компонентами дослідження для формування ПШБК є таксономічне різноманіття безхребетних водної товщі, дна та обростань, кількісний розвиток водних безхребетних та оцінка потенційної рибопродуктивності за зоопланктоном, зообентосом і зооперифітоном.

Дані цих досліджень лягають в основу розрахунків ПШБК. Особливо це стосується водойм, що забруднені токсинами або радіонуклідами. Проведення альголізації забруднених водойм певними штамми мікроводоростей, що є сорбентами поллютантів, створюють додаткову від природної кормову базу для зоопланктону та інших водних організмів, які, в свою чергу, є кормовою базою для риб – зоопланктонофагів (строкатий товстолобик, веслоніс, карась, плітка тощо). Отже, в кормовому ланцюгу, після відпрацювання всіх біологічних компонентів та вилучення риб-меліорантів, відбувається часткове позбавлення водного об'єкту поллютантів та радіонуклідів.

Процес видалення поллютантів з водного об'єкту з використанням харчового ланцюга гідробіонтів відображений на рис. 1.

Варто зазначити, що під час впровадження та експлуатації ПШБК на технологічних водоймах та водних об'єктах водогосподарських організацій, у випадку технологічних вимог щодо необхідності здійснення пікового скиду, наповнення, зміни течії, гідрологічного, температурного та інших режимів у водогосподарських системах, що є критичним для забезпечення технологічних процесів життєдіяльності установ (підприємств), пріоритетним є забезпечення таких процесів як збереженням біомеліорантів у ПШБК та інших гідробіонтів.

Висновки. Рекомендації щодо впровадження природно-штучного біомеліоративного комплексу на різнотипних водних об'єктах України зумовлені багаторічними дослідженнями на різних річ-

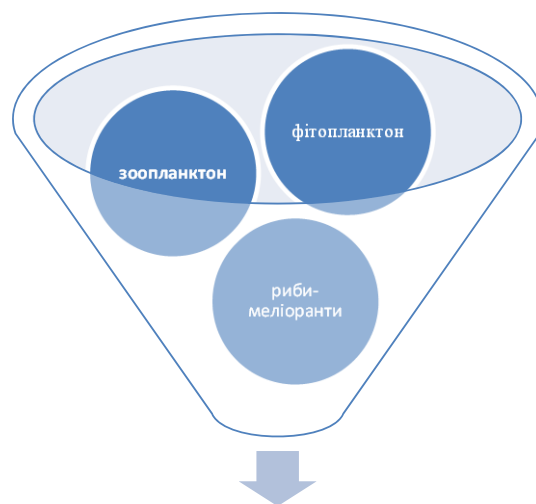


Рис. 1. Видалення з водного об'єкту поллютантів шляхом впровадження ПШБК

кових басейнах, де отримані позитивні результати. Рекомендовані різні види досліджень водних екосистем є обов'язковими для прийняття рішення щодо впровадження та експлуатації ПШБК.

Очевидним є те, що система ПШБК достатньо досліджена. Підтвердження цьому – її впроваджен-

ням на різномісних водних об'єктах різних річкових басейнів України. Продовження експлуатації ПШБК суб'єктами господарювання, де він був упроваджений, засвідчує ефективність використання такої системи з метою запобігання біологічним загрозам та поліпшення якості поверхневих вод.

Література

1. Бушуєв С.Г., Снігірьов С.М. Організація рибальства у Нижньому Дністрі і Дністровському лимані (аналітичний огляд). Морський екологічний журнал № 1. 2020.
2. Бушуєв С.Г., Снігірьов С.М. Рибальство в Нижньому Дністрі і в Дністровському лимані. Одеса, 2019.
3. Біологія і промисел далекосхідних рослиноїдних риб великих водосховищ України / Бузевич І.Ю. та ін. Київ, 2012.
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
5. Патент № UA 101959 U Україна, МПК (2015.01) C02F 3/00. Спосіб покращення природної якості води та ефективності роботи спеціальних об'єктів водозабезпечення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу / винахідники і власники патенту: Щербак В.І., Коротецький В.П., Сидоренко О.В., Боліла Н.О., Якобчук Ю.О. № u 2015 03296; заявл. 07.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.
6. Спосіб поліпшення природної якості води та ефективності роботи спеціальних об'єктів водозабезпечення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу / винахідники і власники патенту: Щербак В.І., Коротецький В.П., Сидоренко О.В., Боліла Н.О., Якобчук Ю.О.: пат. UA 101959 U Україна, МПК (2015.01) C02F 3/00. № u 2015 03296; заявл. 07.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.
7. Куліуш Т. Ю., Гуслиста М. О., Новіцький Р. О. Проміжні результати біомеліоративних робіт на Дніпровському водосховищі у 2016–2018 рр. / Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали X Міжнародної наукової конференції (м. Дніпро, 18–19 листопада 2019 р.). Дніпро: Ліра, 2019.
8. Закон України «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17#Text>
9. Корисна модель № 2022 00829 «Спосіб запобігання біологічним загрозам (біоперешкодам) водних екосистем на озерах та водосховищах», 2022 р. Сидоренко О.В., Щербак В.І., Яцюк М.В., Коротецький В.П., Полятикіна О.О., Лещук В.О.

УДК 614.777(477.64)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.10>

ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВОДИ М. ЗАПОРІЖЖЯ ЗА ДЕЯКИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЕПІДЕМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З ГІДРОБІОЛОГІЧНОЮ СКЛАДОВОЮ

Крупей К.С.¹, Домбровський К.О.², Рильський О.Ф.², Оверченко А.В.¹¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
пр. Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя²Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя

krupeyznu@gmail.com, dombrov1717@ukr.net, rytsky@ukr.net, overchenko.a.v@zsmu.edu.ua

Мікробіологічну оцінку зразків питної води проводили у 3-х районах м. Запоріжжя, дніпровської води – у 3-х місцях водозабору (в липні 2023 року). Визначали основні епідемічні показники: загальне мікробне число (ЗМЧ) – глибинним методом, коли-індекс – титраційним методом. При опрацюванні проб дніпровської води для гідробіологічного аналізу (дослідження угруповань зоопланктону) використовували загальноприйняті методики. Для розрахунку індексу сапробності Пантле-Букка застосовували прикладну програму для обробки гідробіологічних даних «Saprogram-ZB», розроблену співробітниками інституту гідробіології НАН України.

ЗМЧ водогінної води у всіх зразках перевищувало норму. Найвищий показник ЗМЧ зареєстрували у 3-му зразку (вода з Комунарського району) – $214 \pm 11,9$ (в 2,4 та 1,4 рази більше ніж в 1-му та 2-му, відповідно). Дніпровська вода у всіх точках відбору також характеризувалася високими значеннями ЗМЧ. Найвище ЗМЧ зафіксували у зразку № 3 ($18350 \pm 220,2$ КУО/см³). Показник ЗМЧ у зразку № 1 та № 2 був нижче в 1,5 та 2 рази, відповідно, ніж в 3-му місці забору води. За коли-індексом питна вода у зазначених точках відбору проб не перевищувала норму. Коли-індекс дніпровської води у всіх 3-х зразках був вище норми. Зразок води із Запорізького водосховища (№ 1) за коли-індексом перевищував норму в 4,2 рази (21000), зразок № 2 – в 14 раз (70000), зразок № 3 – вище норми в 48 раз (коли-індекс був > 240000).

В угрупованнях зоопланктону домінували ракоподібні, які склали 80 % (пляж «Центральний») та 47 % (пляж ДЮСШ «Локомотив») від загальної кількості видів. Найбільша чисельність та біомаса зоопланктону була зареєстрована на ділянці № 2 (пляж «Центральний»). Результати розрахунку індексу сапробності за методикою Пантле-Букка вказують на низький рівень забруднення органічними речовинами р. Дніпро та Запорізького водосховища на досліджених станціях спостереження. Показник сапробності для усіх станцій спостереження змінювався у дуже незначному діапазоні – від 1,29 до 1,91. Водні маси р. Дніпро та Запорізького водосховища на досліджених ділянках характеризувалися олігосапробними та β-мезосапробними водами, відповідаючи II-му класу якості вод. *Ключові слова*: загальне мікробне число, коли-індекс, зоопланктон, індекс сапробності Пантле-Букка.

Hygienic assessment of water in the city of Zaporizhzhia by some indicators of epidemic safety with a hydrobiological component. Krupiei K., Dombrovskiy K., Rytsky O., Overchenko A.

Microbiological assessment of drinking water samples was carried out in 3 districts of Zaporizhzhia, and of Dnipro water – at 3 water intake sites (in July 2023). The main epidemic indicators were determined: total microbial count (TMC) – by the depth method, coliform index – by the two-phase fermentation method. When processing samples of Dnipro water for hydrobiological analysis (study of zooplankton communities), generally accepted methods were used. To calculate the Pantlé-Bucca saprobity index, we used the “Saprogram-ZB” application program for processing hydrobiological data developed by the staff of the Institute of Hydrobiology National Academy of Sciences of Ukraine.

The TMC of tap water in all samples exceeded the norm. The highest value of the TMC was recorded in the 3rd sample (water from the Komunarskyi district) – 214 ± 11.9 CFU/cm³ (2.4 and 1.4 times higher than in the 1st and 2nd samples, respectively). The Dnipro water at all sampling points was also characterized by high TMC values. The highest TMC was recorded in sample 3 (18350 ± 220.2 CFU/cm³). In samples 1 and 2, the TMC was 1.5 and 2 times lower, respectively, than in the 3rd water sampling site. According to the coliform index, drinking water at these sampling points did not exceed the standard. The coliform index of Dnipro water in all 3 samples was above the norm. The water sample from the Zaporizhzhia reservoir exceeded the norm by 4.2 times (21000), sample 2 – by 14 times (70000), sample 3 – by 48 times (coli index was > 240000).

Crustaceans dominated the zooplankton communities, accounting for 80 % (“Tsentrallyi” beach) and 47 % (“Lokomotiv” beach) of the total number of species. The highest number and biomass of zooplankton was recorded at site 2 (“Tsentrallyi” beach). The results of calculating the saprobity index using the Pantlé-Bucca methodology indicate a low level of organic pollution of the Dnipro river and Zaporizhzhia reservoir at the studied observation stations. The saprobity index for all observation stations varied within a very small range – from 1.29 to 1.91. The water masses of the Dnipro river and the Zaporizhzhia reservoir in the studied areas were characterized by oligosaprobic and β-mesosaprobic waters, corresponding to the second class of water quality. *Key words*: total microbial count, coli-index, zooplankton, Pantlé-Bucca index of saprobity.

Постановка проблеми. Якість більшості поверхневих вод в Україні не відповідає вимогам санітарного законодавства та водопостачання [1], а в умовах

воєнного стану ситуація продовжує загострюватися, оскільки близько 80 % питного водопостачання України забезпечується поверхневими водами. На

жаль, безліч басейнів річок за гігієнічною класифікацією характеризуються як забруднені та дуже забруднені [2]. Виходячи з цього, гігієнічна оцінка води господарсько-питного та культурно-побутового використання є вкрай важливим завданням, особливо впродовж воєнного стану в Україні.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю комплексного екологічного моніторингу в умовах війни та після техногенних / екологічних катастроф на території України.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Результати проведених досліджень сприяють інформуванню населення України щодо епідемічної ситуації в деяких регіонах та є підґрунтям до розробки практичних рекомендацій безпечного водоспоживання та водокористування, а також аргументують важливість включення гідробіологічної оцінки в комплексний екологічний моніторинг водних екосистем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

В умовах воєнного стану результати лабораторних досліджень питної води (за органолептичними, деякими фізико-хімічними та токсикологічними показниками) повинні відповідати нормам згідно з додатками ДСанПіН № 683 [3], а показники епідемічної та радіаційної безпеки – ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]. Попри вдосконалення методів знезаражування води та переважання централізованого водопостачання у населених пунктах, вивчення епідемічного значення води є актуальним, оскільки вона є фактором передачі безлічі кишкових інфекцій, збудники яких передаються за фекально-оральним механізмом, та є причиною виникнення епідемій та пандемій [5]. Н. Рингач (2022) та Тіфф-Енні Кенні (2020) вважають, що безліч країн сьогодні перебувають в стані синдемії (одночасне поширення епідемій різних захворювань в межах однієї популяції), у тому числі й Україна в умовах війни. Md. Zobaidul Alam зі співавт. зазначає, що у країнах СНД щороку від 1,5 до 2 млн дітей помирають від кишкових інфекцій, пов'язаних з неякісним водопостачанням та порушенням правил санітарії та гігієни [6], тому комплексна оцінка стану водних ресурсів є одним із першочергових завдань сьогодення.

Мета. Провести санітарно-гігієнічну оцінку водогінної та дніпровської води м. Запоріжжя за основними показниками епідемічної безпеки та угрупованнями зоопланктону.

Об'єкт дослідження – мікробіологічні показники питної води та поверхневих джерел, угруповання зоопланктону дніпровської води.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проведена оцінка якості води за мікробіологічними та гідробіологічними показниками у м. Запоріжжя в умовах воєнного стану.

Новизна. Вперше були досліджені основні епідемічні показники води м. Запоріжжя з урахуван-

ням кількісного та якісного складу зоопланктону дніпровської води й наслідків техногенної катастрофи, що сталася в червні 2023 року (підрив греблі Каховської ГЕС).

Методологічне або загальнонаукове значення.

Отримані результати досліджень демонструють важливість комплексного підходу при екологічній оцінці стану водних ресурсів та врахування гідробіологічних досліджень при мікробіологічній оцінці якості та безпечності води.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження якості та безпечності водогінної і дніпровської води м. Запоріжжя за деякими мікробіологічними та гідробіологічними показниками проводили на базі кафедри загальної та прикладної екології і зоології Запорізького національного університету. Зразки води відбирали наприкінці липня 2023 року (майже через 2 місяці після підриву російськими окупантами греблі Каховської ГЕС).

Точки відбору проб водогінної води у м. Запоріжжя були наступні:

- 1 – Вознесенівський (вул. В'ячеслава Зайцева);
- 2 – Олександрівський (вул. Гоголя);
- 3 – Комунарський (вул. Лазаретна).

Точки відбору проб дніпровської води у м. Запоріжжя включали (рис. 1):

- 1 – пляж «Правобережний» (t води 25 °C);
- 2 – пляж «Центральний» (t води 23 °C);
- 3 – пляж ДЮСШ «Локомотив» по вул. Чубанова, 1-г (t води 24 °C).

Мікробіологічну оцінку зразків води проводили за 2-ма показниками: загальне мікробне число (далі – ЗМЧ), яке визначали глибинним методом, коли-індекс (кількість лактозопозитивних бактерій групи кишкової палички (далі – БГКП або ЛПКП)) – титраційним методом (двофазним бродильним).

Для відтворення глибинного методу в стерильні чашки Петрі вносили по 0,2 см³ водогінної / дніпровської води (останню розбавляли 1:200). Після чого в кожену чашку додали 1,5 %-й стерильний поживний агар, охолоджений до температури 45 °C (по 10–12 см³). Надалі чашки з вмістом перемішували на поверхні столу, залишали на горизонтальній поверхні до застигання середовища, після цього ставили в термостат догори дном на інкубацію за t 37 °C на 1 добу. Дослід проводили у 3-х кратній повторності. На 2-гу добу проводили підрахунок колоній, що виростили (у перерахунку на 1 см³ нерозведеної води), виділяли домінуючі морфотипи колоній (КУО – колонієутворюючі одиниці), робили культуральний опис колоній, а потім – мазки, які забарвлювали за методом Грама. Для визначення коли-індексу зразки води засівали на глюкозо-пептонне середовище (далі – ГПС) Ейкмана, через добу (після інкубації за t 37 °C) з флаконів, де було помутніння та газоутворення, проводили засівання на диференційно-діагностичне середовище Ендо. Після інкубації протягом 18–20 годин робили мазки з колоній,

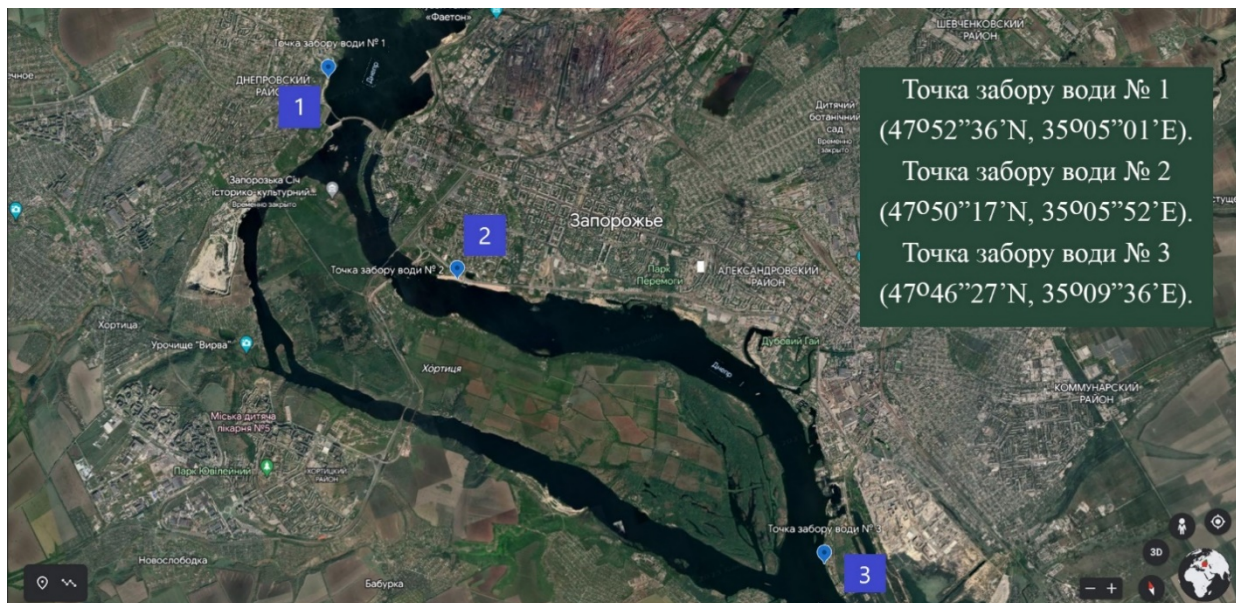


Рис. 1. Точки забору проб дніпровської води у м. Запоріжжя на карті

що вирости, та забарвлювали їх за Грамом, а також ставили тест на цитохромоксидазу (“OXItest”). У випадку виявлення грамнегативних та оксидазонегативних колоній, визначали колі-індекс за таблицею й порівнювали отриманий результат з нормативним значенням [7–9].

Гідробіологічний матеріал (зоопланктон) відбирали у липні 2023 року на 3-х станціях (Запорізьке водосховище, точка № 1; верхня ділянка р. Дніпро в межах м. Запоріжжя, точки № 2–3), тобто там, де відбирали проби дніпровської води для мікробіологічних досліджень (див. рис. 1). Для збору літорального зоопланктону використовували планктонну конічну сітку Апштейна (газ № 72, діаметр вхідного отвору 18 см), через яку пропускали воду об’ємом 100 дм³. Отриманий матеріал фіксували 70° розчином етилового спирту. При опрацюванні проб та аналізі даних використовували загальноприйняті методики [10, 11]. Ідентифікацію видового складу зоопланктону проводили за допомогою визначників із використанням стереомікроскопу. Для розрахунку індексу сапробності Пантле-Букка використовували прикладну програму для обробки гідробіологічних даних “Saprogram-ZB”, розроблену співробітниками інституту гідробіології НАН України [12].

Виклад основного матеріалу. Гігієнічну оцінку водогінної та дніпровської води проводили шляхом визначення ЗМЧ та колі-індексу (табл. 1).

ЗМЧ водогінної води у всіх зразках перевищувало норму – 50 КУО/см³. Найвищий показник ЗМЧ був у 3-му зразку (у 2,4 та 1,4 рази більше ніж в 1-му та 2-му варіанті, відповідно). Такі показники здебільшого можуть бути пов’язані з застарілою водогінною мережею, всередині якої утворюється біоплівка з мікроорганізмів різних видів. Н.Ф. Петренко зі співавт. [1] також зазначають, що 75,3 % проблем забезпечення якісною питною водою в Україні пов’язано з відсутністю зон санітарної охорони.

Дніпровська вода у всіх точках відбору також характеризувалася високими значеннями ЗМЧ. Найвище ЗМЧ зафіксували у зразку № 3 (18350 КУО/см³). У зразку № 1 та № 2 ЗМЧ було в 1,5 та 2 рази нижче, відповідно, ніж в 3-му місці забору води (рис. 2, 3, табл. 2).

Серед колоній, що вирости на поживному агарі з усіх зразків водогінної та дніпровської води, відмітили декілька домінантних морфотипів та провели їх культуральний опис і вивчили тинкторіальні, морфологічні властивості.

Рельєф всіх вивчених колоній був плоским, форма 50 % колоній – кругла, характер країв – суцільний, колір – білий, структура – однорідна. Консистенція 68,75 % колоній характеризувалася як м’яка, 18,75 % – щільна, 12,5 % – з вrostанням в агар. Домінантні колонії відрізнялися також за розміром, у рівних співвідношеннях були представлені коло-

Таблиця 1

Загальне мікробне число та колі-індекс води м. Запоріжжя

Показник	Водогінна вода			Дніпровська вода		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
ЗМЧ (КУО/см ³)	89±5,7	156±7,5	214±11,9	12200±231,8	8960±188,2	18350±220,2
Колі-індекс (БГКП/дм ³)	< 3	< 3	< 3	21000	70000	>240000

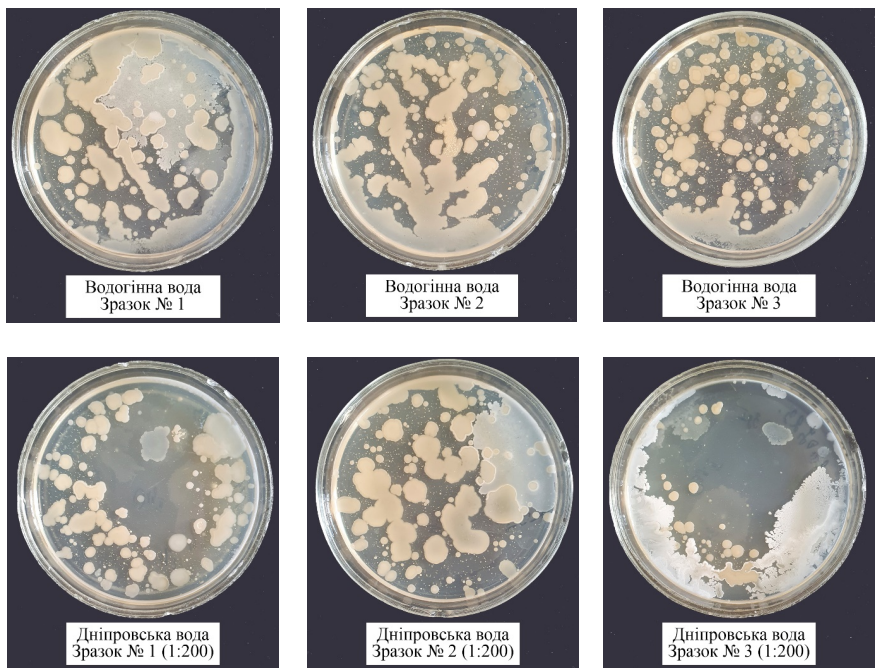


Рис. 2. Результати засівання водогінної та дніпровської води на поживний агар

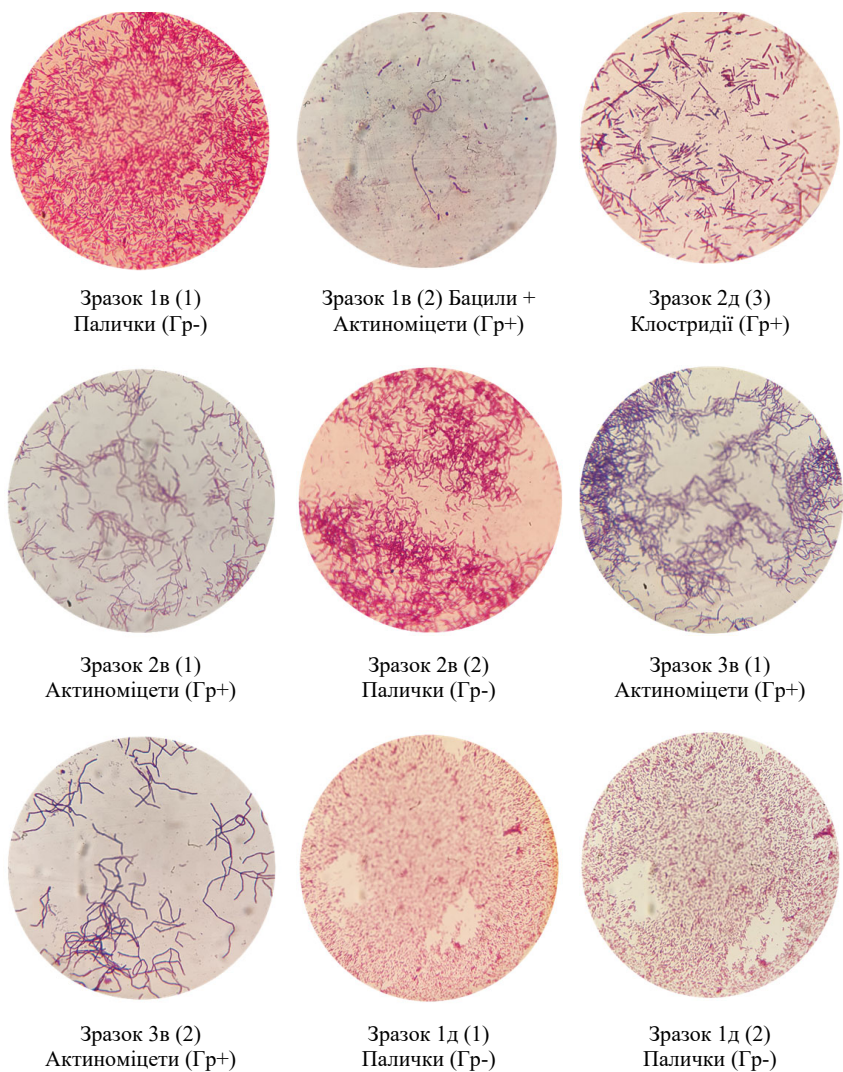


Рис. 3. Бактерії (забарвлення за Грамом) з доміантних морфотипів колоній

Таблиця 2

Культуральний опис домінантних колоній мікроорганізмів, вирощених на поживному агарі

№ КУО	Форма	Характер країв	Колір	Структура	Консистенція	Розмір (мм)
1в (1)	непра-вильна	хвилястий	бежевий	однорідна	м'яка	7
1в (2)	ризоїдна	волокнис-тий	білий	неоднорідна	вростає в агар	3,5
1в (3)	непра-вильна	лопатовий	білий	грубо-зерниста	м'яка	20
2в (1)	кругла	суцільний	білий	однорідна	м'яка	4,3
2в (2)	кругла	суцільний	бежевий	однорідна	м'яка	4,1
3в (1)	кругла	суцільний	бежевий	однорідна	м'яка	5,2
3в (2)	ризоїдна	волокнис-тий	білий	неоднорідна	вростає в агар	2,4
1д (1)	кругла	суцільний	білий	однорідна	м'яка	7,1
1д (2)	кругла	суцільний	бежевий	однорідна	м'яка	3,9
1д (3)	витягнута	суцільний	білий	однорідна	м'яка	6,1
2д (1)	кругла	суцільний	бежевий	однорідна	м'яка	4,2
2д (2)	непра-вильна	хвилястий	бежевий	грубо-зерниста	щільна	35
2д (3)	непра-вильна	лопатовий	білий	грубо-зерниста	щільна	5,4
3д (1)	непра-вильна	зубчастий	молоч-ний	дрібно-зерниста	м'яка	24
3д (2)	кругла	суцільний	бежевий	однорідна	м'яка	3,3
3д (3)	кругла	суцільний	білий	дрібно-зерниста	щільна	3,5

Примітки (тут і далі): 1...3 в/д – водогінна/дніпровська вода з певного зразка. У дужках – номер домінантного морфотипу колоній. Рельєф колоній – плоский.

нії середніх розмірів (від 3,0 до 5,0 мм) та великі (від 5 мм), колонія, яка виділена зі зразка № 3, була дрібна (2,4 мм).

За колі-індексом питна вода у зазначених точках відбору проб не перевищувала норму (норма – < 3 ЛПКП в 1 дм³ води). При засіванні водогінної води всіх 3-х зразків на середовище Ейкмана, помутніння зафіксували лише в одному об'ємі по 0,01 см³ у зразку № 3 (вода з Комунарського району). При пересіванні матеріалу з цього флакону на середовище Ендо вирости слабо-рожеві дрібні колонії, забарвлений за Грамом мазок з бактеріями був негативний.

Для визначення колі-індексу проводили тест на цитохромоксидазу з колоній, що вирости в об'ємі 0,01 см³, який виявився позитивним (індикаторний папірець набув синьо-фіолетового кольору). Виходячи з позитивного окситесту можна стверджувати, що колі-індекс не перевищував норму в 3-му зразку питної води, оскільки ЛПКП є оксидазонегативними.

Колі-індекс дніпровської води у всіх 3-х зразках перевищував норму. Норма цього показника у поверхневих водоймах на територіях рекреаційних зон, пляжів складає не більше 5000 ЛПКП в 1 дм³ води [8, 9].

При засіванні води із Запорізького водосховища (1-ша точка відбору проб) у ГПС зафіксували помутніння у 2-х об'ємах по 1,0 та 0,01 см³ та 1-му об'ємі по 0,1 см³ (колі-індекс дорівнює 21000, що вище норми в 4,2 раза).

У зразку № 2 помутніння у флаконах з ГПС та досліджуваною водою було у 2-х об'ємах по 1,0 та

0,1 см³ та 1-му об'ємі по 0,01 см³ (колі-індекс перевищував норму в 14 раз – 70000). Вода з 3-го місця водозабору (територія пляжу ДЮСШ «Локомотив») характеризувалася найвищим показником колі-індексу – > 240000 (вище норми в 48 раз та більше), оскільки помутніння було у всіх флаконах з ГПС.

При пересіванні матеріалу з флаконів, де було помутніння та газоутворення, спостерігався ріст лактозопозитивних, грамнегативних та оксидазонегативних культур. У всіх досліджених зразках водогінної та дніпровської води домінантними морфологічними групами бактерій, що вирости на поживному агарі, були палички, актиноміцети, бацили та клостридії.

Одним з індикаторів стану водних екосистем може виступати зоопланктон – угруповання нижчих водних безхребетних тварин, які в процесі життєдіяльності зумовлюють синтез і деструкцію органічної речовини у водоймах та формують якість води. Тому зоопланктон може успішно використовуватись як індикаторне угруповання для оцінки органічного забруднення природних вод.

Зоопланктон Запорізького водосховища (пляж «Правобережний») характеризувався невисокими показниками видового різноманіття та кількісним розвитком. У його складі зареєстровано 9 таксонів (чотири – веслоногі ракоподібні, два таксони – гіллястовусі, один таксон – коловертки, інші групи – нематоди і остракоди були представлені одним видом). В зоопланктоні головним чином домінували ракоподібні (веслоногі та гіллястовусі), які разом складала до 56 % від загальної кількості таксонів угруповання. Чисельність зоопланктону

становила 5200 екз/м³, біомаса – 134,5 мг/м³. За чисельністю та біомасою домінували гіллястовусі ракоподібні, які склали 35 % та 65 % від загальної чисельності і біомаси зоопланктону. Також можна зазначити, що в період досліджень у прибережній мілководній ділянці Запорізького водосховища почалося інтенсивне «цвітіння» води представниками *Cyanoprokaryota*. Синьо-зелені водорості дослідженої ділянки водосховища головним чином були представлені 2 видами. В пробі домінували основні збудники «цвітіння» води – *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. wesenbergii* (Komárek) Komárek.

Видовий склад зоопланктону ділянок відкритої літоралі р. Дніпро в межах м. Запоріжжя був представлений 23 видами, які відносяться до 3 систематичних груп. Максимальною кількістю таксонів були представлені коловертки – 9, веслоногі та гіллястовусі ракоподібні налічували по 7 таксонів. В угрупованнях зоопланктону домінували ракоподібні, які склали 80 % (пляж «Центральний») та 47 % (пляж ДЮСШ «Локомотив») від загальної кількості видів. Найбільша чисельність та біомаса зоопланктону була зареєстрована на ділянці № 2 (пляж «Центральний»). Кількісні показники розвитку зоопланктону на цих обстежених ділянках річки Дніпро коливались у певних межах, чисельність 16380–23200 екз/м³ і біомаса 254,71–1587,6 мг/м³ (табл. 3).

За чисельністю та біомасою на досліджених ділянках р. Дніпро домінували головним чином гіллястовусі ракоподібні – *Bosmina coregoni* Baird, *Daphnia (D.) cristata* Sars та коловертки – *Brachionus calyciflorus* Pallas.

Для проведення оцінки сапробіологічного стану досліджених водних об'єктів ми використовували індикаторні зоопланктонні організми сапробності води, які відомі із літературних джерел. В зоопланктонних угрупованнях водних екосистем в цілому було виявлено 19 видів гідробіонтів, які є індикаторами сапробності води. Серед цих індикаторних видів 10 (52,6 %) відносяться до олігосапробів, 9 (47,4 %) – до β-мезосапробів. Індекс сапробності досліджених ділянок поверхневих водних об'єктів на станціях (пляж «Правобережний») і пляж

«Центральний») коливався у межах 1,29–1,41. Якість води досліджених ділянок за індексом сапробності відповідала чистим водам. Результати розрахунку індексу сапробності на станції (пляж ДЮСШ «Локомотив») за методикою Пантле і Букка – 1,91 вказують на незначний рівень органічного забруднення вод, а якість води водотоку відповідала помірно забрудненим водам. Про це свідчать також і результати розрахунку середньої індивідуальної маси зоопланктонів, яку отримували шляхом ділення загальної біомаси на загальну чисельність угруповання [13]. Так, найнижче значення даного показника (0,016) було виявлено в районі пляжу ДЮСШ «Локомотив», що відповідає органічному забрудненню даної ділянки та збільшенню відносної кількості дрібно розмірних коловертків та молоді ракоподібних в угрупованні зоопланктону.

Головні висновки. Проведені моніторингові дослідження стану водогінної води у м. Запоріжжя свідчать про те, що вода досліджуваних зразків не відповідала нормам за ЗМЧ, але відповідала за колі-індексом, а стан дніпровської води, окрім високих значень ЗМЧ, характеризувався також значно підвищеним колі-індексом. Результати розрахунку індексу сапробності за методикою Пантле і Букка вказують на низький рівень забруднення органічними речовинами дніпровської води на досліджених станціях спостереження. Показник сапробності для усіх станцій спостереження змінювався у діапазоні від 1,29 до 1,91. Водні маси р. Дніпро й Запорізького водосховища на досліджених ділянках характеризувалися олігосапробними та β-мезосапробними водами (відповідали II-му класу якості вод).

Перспективи використання результатів дослідження. За результатами досліджень автори створили навчальний відеофільм для використання в освітньому процесі студентів біологічних та медичних факультетів ЗВО [Режим доступу: <https://youtu.be/X7QjVuwscj8g>]. Результати дослідження також будуть висвітлені в регіональних наукових телепередачах при інформуванні населення Запорізької області про екологічний стан питної води та поверхневих джерел.

Таблиця 3

Чисельність (N, тис. екз/м³) і біомаса (B, мг/м³) основних груп літорального зоопланктону досліджених ділянок Запорізького водосховища та р. Дніпро в межах м. Запоріжжя

Групи	Точки відбору проб					
	Пляж «Правобережний»		Пляж «Центральний»		Пляж ДЮСШ «Локомотив»	
	N	B	N	B	N	B
Rotatoria	0,26	0,05	2,00	8,80	8,84	59,80
Copepoda	1,82	87,88	8,00	298,40	4,42	84,15
Cladocera	1,04	41,60	13,20	1280,40	3,12	110,76
Загалом	3,12	129,53	23,20	1587,60	16,38	254,71
Середня індивідуальна маса зоопланктонів	0,042		0,068		0,016	

Література

1. Петренко М.Ф., Мокієнко А.В., Платов С.М. Загальна гігієнічна оцінка якості питної води та питного водопостачання в Україні. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2018. № 4(54). С. 7–16.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. К., 2019. 407 с.
3. Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» : наказ МОЗ України від 22.04.2022 № 683.
4. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» : наказ МОЗ України від 12.05.2010 № 400 (із змінами, внесеними Наказом МОЗ України № 341).
5. Бабієнко В.В., Мокієнко А.В. Гігієна води та водопостачання населених місць : навчальний посібник. Одеса : Прес-кур'єр, 2021. 372 с.
6. Md. Zobaidul Alam, Abdullah Al Mukarrom. Hygiene, sanitation facility, and assessment of drinking water quality in the schools of Chattogram city, Bangladesh. *Global Health Journal*. 2022. Vol. 6. P. 204–211.
7. Про затвердження методичних вказівок «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води» : наказ МОЗ України від 03.02.2005 № 60.
8. «Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» : наказ МОЗ України від 02.06.2022 № 721.
9. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : наказ МОЗ України від 19.06.1996 № 173 (із змінами, внесеними згідно з Наказами МОЗ України № 362 та № 653).
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Гідробіологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної та заочної форм навчання / В.В. Сондак, М.І. Чижняк. Рівне : НУВГП, 2019. 26 с.
11. Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів : навчальний посібник. К. : УФЦ, 2014. 269 с.
12. Афанасьєв С.О., Юришинець В.І., Воліков Ю.М., Усов О.С., Ляшенко А.В. Прикладні програми для обробки гідробіологічних даних : методичний посібник. К. : Інститут гідробіології НАН України, 2019. 28 с.
13. Пашкова О.В. Зоопланктон у системі біоіндикації органічного забруднення водних екосистем (Огляд). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. Т. 1(26). С. 116–124.

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. ПІВДЕННИЙ БУГ В АКВАТОРІЇ МІСТА МИКОЛАЄВА ПІД ВПЛИВОМ ДОЩОВИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТІЧНИХ ВОД

Остапенко В.В., Григор'єва Л.І.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
ostapenkovlad635@gmail.com, ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

Стаття присвячена дослідженню вмісту хімічних поллютантів у воді водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва: річок Південний Буг, Інгул та Бузького лиману. Водне середовище на території м. Миколаєва складається з поверхневих вод гирл рр. Інгул і Південний Буг та верхньої частини Південно-Бузького лиману. На р. Інгул багато населених пунктів і підприємств, які використовують річкову воду для своїх потреб та скидають у річку свої рідкі відходи. Разом зі стічними водами у річки потрапляють нафтопродукти, сульфати, феноли, азот амонійний та нітритний, важкі метали, залізо, хлориди та інші шкідливі речовини. Каналізаційні стоки промислових підприємств і комунальних господарств несуть загрозу додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси. Занепокоєність викликають неконтрольовані стоки дощової каналізації. У м. Миколаєві зареєстровано 49 дощових стоків, з яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми.

Метою роботи виступали дослідження вмісту хімічних поллютантів у воді поверхневих водойм в районі м. Миколаєва та хімічного складу і об'єму каналізаційних дощових міських стоків до Бузького лиману.

Показано, що в міській акваторії реєструються нафтопродукти, феноли, амонійний азот і нітрати, які теж можуть створювати осадові комплекси і накопичуватись на дні гирл річок Бузького лиману. Рівень вмісту вищевказаних поллютантів у водному середовищі м. Миколаєва щомісячно змінюється, а підвищенні концентрації нафтопродуктів, фенолів і нітритного азоту реєструвались в акваторії морського порту м. Миколаєва. За результатами лабораторних аналізів вмісту хімічних речовин у Бузькому лимані в місцях виходу міських дощових каналізаційних стоків (4 точки) у 2021 р. показано, що у стоках дощової каналізації м. Миколаєва присутні фосфати, нафтопродукти, азот амонійний. Кратність перевищень гранично-допустимих концентрацій складає: за біологічним споживанням кисню у 14–37 разів; нітритів у 10–39 разів; хімічного споживання кисню у 7–18 разів. Показано, що за частину речовин, які забруднюють дощову каналізацію (фосфати, нітрати) здебільшого відповідають самовільні підключення господарсько-побутової та промислової каналізації. Показано, що обмеженість або відсутність системи спостереження за вмістом забруднювачів у водній біоті і донних відкладеннях водного середовища не дозволяє здійснювати наукову оцінку та прогнозувати стан водного середовища. *Ключові слова:* вміст хімічних поллютантів у воді, стоки дощової каналізації, Південний Буг, Інгул Бузький лиман.

Ecological state of the Southern Bug river in the Mykolaiv city aquarium under the influence of rain sewage wastewater. Ostapenko V., Grygorieva L.

The article is devoted to the study of the content of chemical pollutants in the water of water bodies in the water area of the city of Mykolaiv: the Southern Bug, Ingul rivers and Bug estuary. The water environment on the territory of Mykolaiv consists of the surface waters of the mouths of the Ingul and Southern Bug rivers and the upper part of the Bug estuary. The Ingul River is home to many settlements and enterprises that use river water for their own needs and discharge their liquid waste into the river. Along with wastewater, oil products, sulphates, phenols, ammonium and nitrite nitrogen, heavy metals, iron, chlorides and other harmful substances are discharged into the river.

Sewage from industrial enterprises and utilities poses a threat of additional pressure on limited regional water resources. Uncontrolled stormwater runoff is another concern. In the city of Mykolaiv, 49 stormwater drains are registered, of which 19 are directly discharged into open water bodies.

The aim of the study was to investigate the content of chemical pollutants in the water of surface water bodies in the Mykolaiv area and the chemical composition and volume of urban stormwater runoff to the Bug Estuary.

It is shown that oil products, phenols, ammonium nitrogen and nitrates are registered in the urban water area, which can also create sedimentary complexes and accumulate at the bottom of the river mouths of the Bug estuary. The level of the above mentioned pollutants in the water environment of Mykolaiv varies monthly, and increased concentrations of oil products, phenols and nitrite nitrogen were recorded in the water area of the Mykolaiv seaport. The results of laboratory analyses of chemicals in the Bug Estuary at the outlets of municipal stormwater runoff (4 points) in 2021 showed that phosphates, oil products, and ammonium nitrogen are present in the stormwater runoff of Mykolaiv. The multiplicity of exceedances of the maximum permissible concentrations is: biological oxygen consumption – 14–37 times; nitrite – 10–39 times; chemical oxygen consumption – 7–18 times. It has been shown that unauthorised connections of domestic and industrial sewage systems are mainly responsible for some of the substances that pollute stormwater (phosphates, nitrates). It is shown that the limited or absence of a system for monitoring the content of pollutants in aquatic biota and bottom sediments of the aquatic environment does not allow for scientific assessment and forecasting of the state of the aquatic environment. *Key words:* content of chemical pollutants in water, stormwater runoff, Southern Bug, Ingul Bug estuary.

Постановка проблеми. Проблеми зеленого мереж стають все більш актуальними для українського відновлення, відбудовування зруйнованих міських ських міст і територій. Для міста Миколаєва, для

якого і в довоєнні часи питання забруднення прилеглих водних об'єктів були актуальними, через зруйнований питний водовід з р. Дніпро під час воєнних дій, ці питання зараз набувають більшої гостроти. Водне середовище на території м. Миколаєва складається з поверхневих вод гирл рр. Інгул і Південний Буг та верхньої частини Бузького лиману. На р. Інгул багато населених пунктів і підприємств, які використовують річкову воду для своїх потреб та скидають у річку свої рідкі відходи. Разом зі стічними водами у річку потрапляють нафтопродукти, сульфати, феноли, азот амонійний та нітритний, важкі метали, залізо, хлориди та інші шкідливі речовини.

Це визначає актуальність екологічних досліджень екологічного стану басейну р. Південний Буг в акваторії м. Миколаєва.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Процес сучасної урбанізації характеризується негативним впливом на навколишнє середовище, посилює екологічні проблеми, які виступають характерною ознакою сучасного існування світової цивілізації. Дослідженнями впливу антропогенного навантаження на поверхневі води займалися Данільченко О.С. [4], Клименко М.О. [7, 8], Магась Н.І. [9], Пічура В.І. [13, 14] Gilvear D.J. [1] та інші. Окремі дослідження присвячено одному з головних чинників забруднення поверхневих вод у міському середовищі – стокам з дощовою каналізацією.

В основі сучасних екологічних досліджень стану поверхневих вод покладено басейновий або еко-

системний підхід на основі комплексної їх оцінки якості. Екологічна складова у даному випадку означає впровадження принципів повторного використання ресурсів. Підхід заснований на впровадженні процесів повторного використання потоків матеріалів, як цілісної альтернативи традиційним рішенням. За ідеальних умов потрібно мінімізувати забруднення вод, одночасно забезпечуючи економне та повторне використання води.

Це вимагає проведення досліджень для визначення всіх чинників забруднення водою.

Матеріали експериментальних досліджень

– результати гідрохімічних досліджень р. Інгул, Південний Буг і Бузького лиману, виконаних Миколаївським обласним центром з гідрометеорології у 2022 рр.;

– результати аналізу гідрохімічних досліджень досліджень р. Інгул, Південний Буг і Бузького лиману у 2020 р., проведеного у Науковому Інституті радіаційної та техногенно-екологічної безпеки ЧНУ імені Петра Могили;

– результати хімічних аналізів проб води з п'яти дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва у 1997 р.;

– результати хімічних аналізів проб води з чотирьох дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва, виконаних у 2021 р. ТОВ «Ліміт Плюс».

Результати експериментальних досліджень.

В межах державного моніторингу водних ресурсів м. Миколаєва, який здійснює Миколаївським обласним центром з гідрометеорології, точками спостережень є (рис. 1): р. Інгул, міська набережна (т. 1);

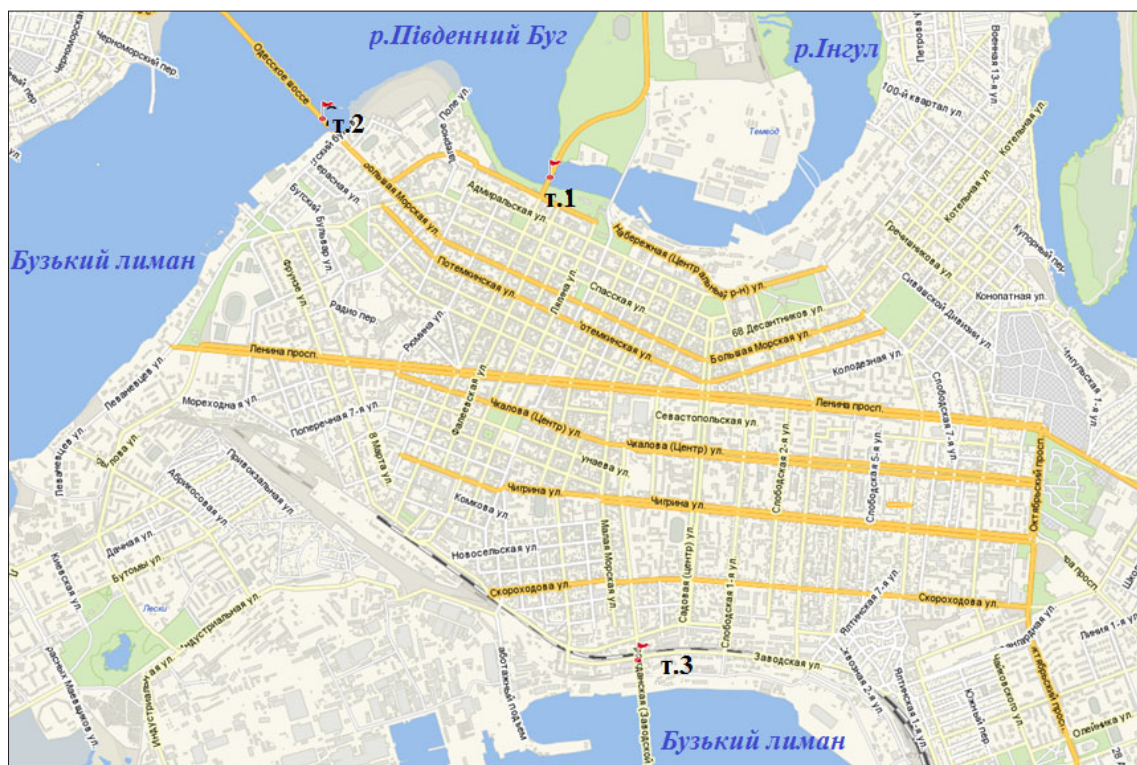


Рис. 1. Схема відбору проб води з контрольних точок

р. Південний Буг, Варварівський міст (т. 2); Бузький лиман, морський порт (т. 3).

Моніторинг здійснювався за солоністю води; нітритним азотом, нафтопродуктами, фенолом, БСК₅.

Аналіз результатів гідрохімічних досліджень у р. Інгул, Південний Буг і Бузького лиману у 2022 р. свідчив, що величина солоності в гирлових водах р. Південний Буг та р. Інгул була зафіксована в межах 2,53–5,33%. Перевищення гранично-допустимої концентрації (ГДК) за вмістом амонійного азоту не спостерігалось. Протягом року перевищення ГДК за вмістом фенолів зафіксовано на станціях Варварівський міст та морський порт, склавши від 5,3 та 1,3 ГДК відповідно. Незначне перевищення ГДК за нітритним азотом спостерігалось на початку місяця на станціях набережна Інгулу, мор-

ський порт склало 20–21 мкг/л (при ГДК 20 мкг/л). Перевищення ГДК за вмістом нафтопродуктів спостерігали в окремі місяці.

Вміст розчиненого кисню протягом місяця на поверхневому горизонті в районах спостережень складав:

- набережна Інгулу – 9,85–12,75 мг/л;
- Варварівський міст – 11,40–12,95 мг/л (92–96% насичення);
- морський порт – 12,10–12,89 мг/л (94–96% насичення).

Щомісячні зміни вмісту вищевказаних речовин у водному середовищі м. Миколаєва наведено на рис. 2–4. Найбільший вміст нафтопродуктів реєструвався в серпні, а фенолів – в липні, вересні і жовтні.

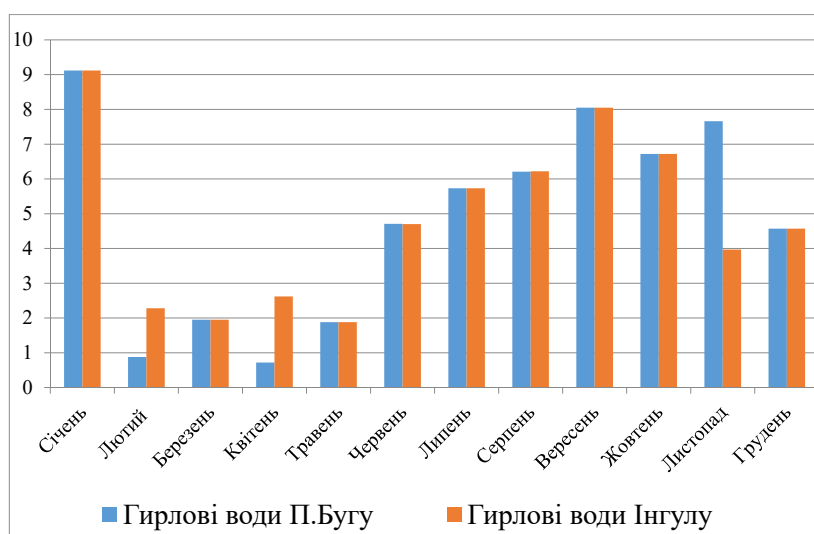


Рис. 2. Солоність води водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва у 2022 р., г/л

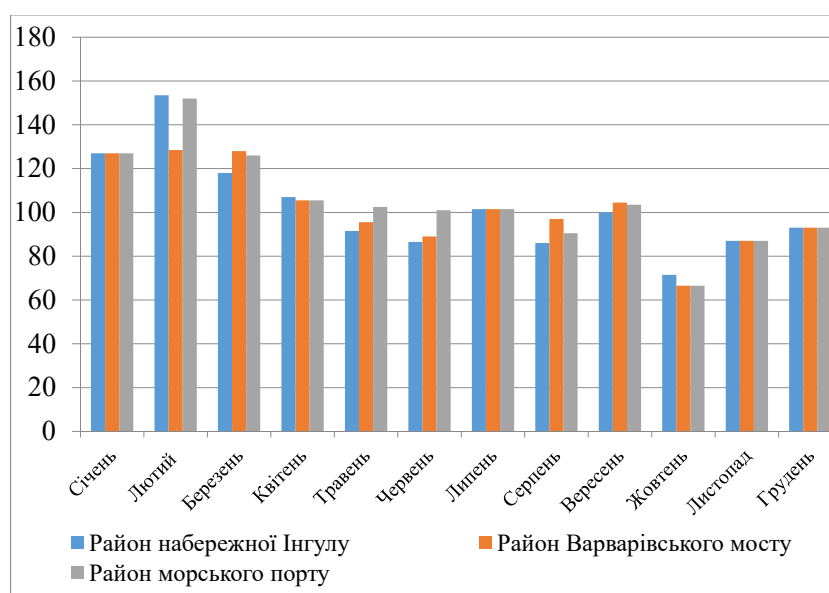


Рис. 3. Вміст розчиненого кисню у воді водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва у 2022 р., г/л

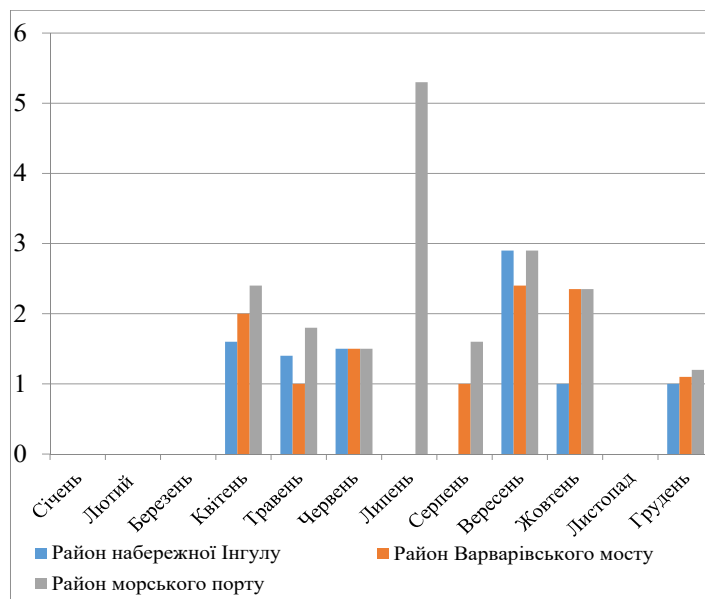


Рис. 4. Вміст фенолів у воді водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва у 2022 р., г/л

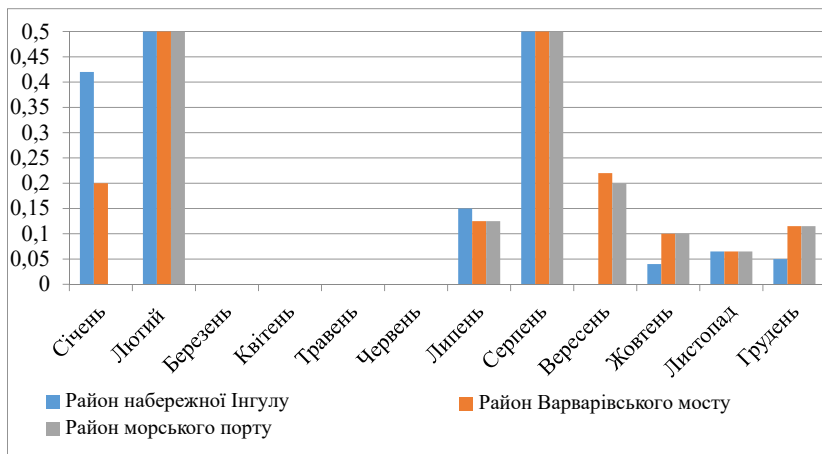


Рис. 5. Вміст нафтопродуктів у воді водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва у 2020 р., мг/л

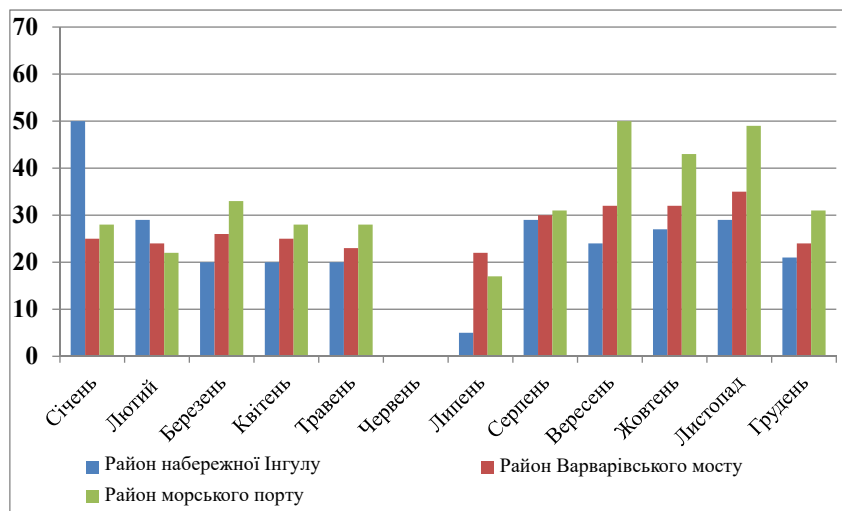


Рис. 6. Вміст нітритів у воді водних об'єктів в акваторії міста Миколаєва у 2022 р., мг/л

Серед точок контролю підвищені концентрації нафтопродуктів, фенолів і нітритного азоту протягом 2022 р. реєструвались в акваторії морського порту м. Миколаєва.

Для аналізу впливу на річкову воду скидів дощової каналізації відбір проб води у 2021 р. здійснено з чотирьох точок дощових стоків (т. 1. – р. Інгул, Аляудівський півострів; 2. р. Інгул, понтоний міст; т. 3. – р. Інгул поблизу ВТФ «Велам»; т. 4 – Бузький лиман, Каботажна гавань), які наведено на рис. 7.

Результати аналізу проб води представлено у таблиці 1.

За результатами нормативної оцінки можна стверджувати, що всі представлені проби вод мають значні перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом БСК₅, нітритів та ХСК. Кратність перевищень за показниками складає: БСК₅ 14–37 разів; нітрити 10–39 разів; ХСК 7–18 разів. Ці показники характеризують стан забруднення водойм, основними індикаторами якого є вміст органічних речовин та

амонійних сполук, від яких у значній мірі залежать умови збереження необхідного рівня вмісту кисню, у річках, що є основою для стабільного розвитку водної екосистеми. Отже, кратність перевищення рівня БСК₅ та ХСК свідчить про забруднення вод стоками.

Орієнтований розрахунок скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва здійснено станом на 2021 р. У таблиці 2 наведено використані у розрахунках дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р.

У таблиці 4 приведено порівняння величин скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва у 1997 та у 2021 рр.

Таким чином, за результатами розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва у 2021 р. об'єми скидів склали:

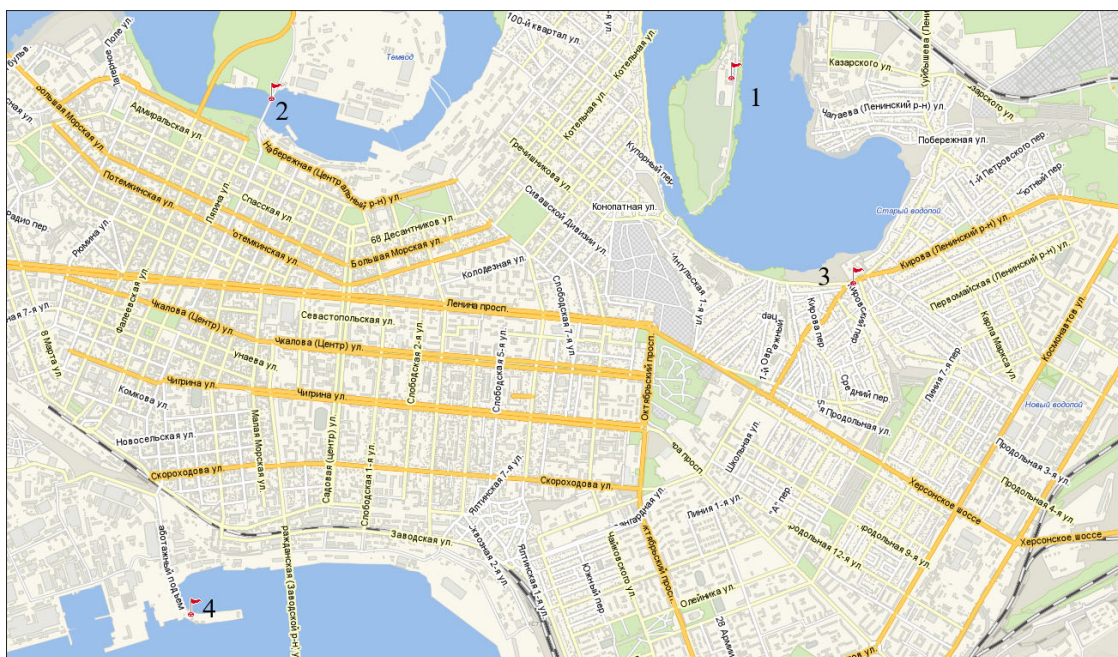


Рис. 7. Схема відбору проб води з 4 дощових каналізаційних стоків у 2021 р.

Таблиця 1

Склад та властивості проб води дощової каналізації м. Миколаєва (дата відбору проб 24.02.2021)

Показник якості води	Середнє значення зі стандартним відхиленням $\bar{X} \pm \sigma(x)$, мг/л	Значення ГДК мг/л	Кратність перевищення ГДК
Біологічне споживання кисню, БСК ₅ , мгО ₂ /л	58±12	3,0	14 – 37
Хімічне споживання кисню, мг/л	2,9±0,9	0,3	7 – 18
Зважені речовини, мг/л	0,8±0,2	0,25	4
Азот амонійний, мг/л	0,3±0,1	0,5	2
Нітрити, мг/л	690±230	50,0	10 – 39
Нафтопродукти, мг/л	0,19±0,02	0,05	2 – 5
Фосфати, мг/л	0,10±0,02	0,1	5 – 15

Таблиця 2

Дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р.

Дата	Тривалість дощу, ч	Висота шару опадів, см	Середня інтенсивність дощу, мм/год (мм/хвил)
04.04.2021	5,21	2,1	0,35 (0,006)
17.07.2021	6,17	5,7	1,11 (0,019)
26.08.2021	5,18	19,2	2,29 (0,049)
17.09.2021	6,29	3,9	0,90 (0,008)

Таблиця 3

Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р.

Назва забруднюючої речовини	Денний змив з міської території, т	Річний змив з міської території, т
Зважені речовини	3,4	416,1
Нафтопродукти	0,722	263,53
Фосфати	0,050	18,25
ХСК	11,02	4022,3
БСК 5	22,04	8004,6
Нітроти	0,043	15,69
Азот амонійний	1,14	416,1

Таблиця 4

Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р.

Назва забруднюючої речовини	Добовий змив з міської території, т/добу		Річний змив з міської території, т/рік	
	1997 рік	2021 рік	1997 рік	2021 рік
Зважені речовини	143,394	3,4	52333,8	416,1
Нафтопродукти	0,289	0,722	105,49	263,53
Свинець	0,0188	-*	6,862	-*
Миш'як	0,00007	-*	0,0268	-*
Нікель	0,008	-*	2,92	-*
Залізо	0,858	-*	313,17	-*
Мідь	0,023	-*	8,395	-*
Хром +3	0,0015	-*	0,547	-*
Цинк	0,027	-*	9,855	-*
ХСК	10,318	11,02	3766,07	4022,3
БСК 5	12,497	22,04	4561,4	8004,6
БСК 20	13,015	-*	4750,48	-*
СПАР	0,023	-*	8,395	-*
Нітроти	0,050	0,043	18,25	15,69
Азот амонійний	0,241	1,14	87,97	416,1

* – не вимірювали.

- зважені речовини: 3,4 т/добу (416,1 т/рік),
- азот амонійний: 1,14 т/добу (416,1 т/рік),
- нітроти: 0,043 т/добу (15,69 т/рік),
- нафтопродукти: 0,722 т/добу (263,53 т/рік),
- фосфати: 0,050 т/добу.

Висновки:

1. Підвищення солоності річкової води (р. Південний Буг в районі м. Миколаєва) впливає на її мінеральний склад, що в свою чергу змінює

фізико-хімічні умови у водному середовищі, які обумовлюють створення різних осадових комплексів з розчиненими у воді окремими природними і техногенними речовинами та їх сполуками.

2. В міській акваторії реєструються нафтопродукти та шкідливі сполуки: феноли, амонійний азот і нітрати, які теж можуть створювати осадові комплекси і накопичуватись на дні гирл річок Бузького лиману. Рівень вмісту вищевказаних поллютантів

у водному середовищі м. Миколаєва щомісячно змінюється, а підвищенні концентрації нафтопродуктів, фенолів і нітритного азоту реєструвались в акваторії морського порту м. Миколаєва.

3. За результатами лабораторних аналізів вмісту хімічних речовин у Бузькому лимані в місцях виходу міських дощових каналізаційних стоків (4 точки) у 2021 р.:

– БСК₅: середнє значення 58 ± 12 мгО₂/л, кратність перевищення ГДК 14–37 разів;

– ХСК: середнє значення $2,9 \pm 0,9$ мг/л, кратність перевищення ГДК 7–18 разів;

– Зважені речовини: середнє значення $0,8 \pm 0,2$ мг/л, кратність перевищення ГДК – 4 рази;

– Азот амонійний: середнє значення $0,3 \pm 0,1$ мг/л, кратність перевищення ГДК – 2 рази;

– Нітрити: середнє значення 690 ± 230 мг/л, кратність перевищення ГДК – 10–39 разів;

– Нафтопродукти: середнє значення $0,19 \pm 0,02$ мг/л, кратність перевищення ГДК – 2–5 разів;

– Фосфати: середнє значення $0,10 \pm 0,02$ мг/л, кратність перевищення ГДК – 5–15 разів.

4. За результатами розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва у 2021 р. об'єми скидів склали:

– Зважені речовини: 3,4 т/добу (416,1 т/рік),

– Азот амонійний: 1,14 т/добу (416,1 т/рік),

– Нітрити: 0,043 т/добу (15,69 т/рік),

– Нафтопродукти: 0,722 т/добу (263,53 т/рік),

– Фосфати: 0,050 т/добу.

5. Також встановлено, що всі вибрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчить про несанкціоноване підключення до них промислових чи побутових каналізацій.

6. Обмеженість або відсутність системи спостереження за вмістом забруднювачів у водній біоті і донних відкладеннях водного середовища не дозволяє здійснювати наукову оцінку та прогнозувати стан водного середовища.

Література

1. Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of environmental management*. 2013. Vol. 126. P. 30–43.
2. Биткова Т.В., Ричак Н.Л., Гричаний О.М. Використання дощової води на урбанізаційних територіях та управління якістю зливових стоків: еколого-економічний аспект. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Економічна*. 2018. Випуск 94. С. 15–28.
3. Винарчук О. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейнів річок Лівобережного лісостепу України за критеріями мінералізації води та забруднення компонентами соляного складу. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 4: Географія і сучасність*. 2014. № 20. С. 78–84.
4. Данильченко О. С. Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. Т. 4. С. 179–188.
5. Дослідження технологічних характеристик поверхневого стоку з автомобільних доріг / В.О. Юрченко, М.В. Коротченко, О.В. Бригада, Л.С. Михайлов. *Автошляховик України*. Київ, 2012. Вип. 4 (228). С. 44–47.
6. Екологічні основи управління водними ресурсами / Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В. Б. та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
7. Клименко М. О., Клименко О. М., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Екологічна безпека*. Випуск 6. 2010. С. 177–181.
8. Клименко М.О., Бедункова О.О. Біоіндикація стану гідроекосистем за морфологічними та цитогенетичними характеристиками гомеостазу риб. Рівне: НУВГП, 2017. 302 с.
9. Магась Н. І., Трохименко А. Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. Випуск 2. С. 48–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2013_2_12
10. Матеріали хімічної лабораторії Миколаївського обласного центру гідрометеорології. Режим доступу: <http://mcgmk.mk.ua/structure/laboratory/>
11. Мостепан О.В. Дослідження впливу зливових вод з автомобільних доріг у забруднення водних об'єктів (на прикладі м. Харкова). *Вісник Харківського національного автомобільного дорожнього університету*. 2010. Випуск 48. С. 37–41.
12. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов. Київ: ВПЦ Київський університет. 2015. 172 с.
13. Пічура В.І., Потравка Л.О., Скок С.В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсон). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 19–34.
14. Пічура В.І., Шахман І.О., А.М. Бистрянцева. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. С. 44–57.
15. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод. Одеса: Екологія, 2012. 168 с.

ОЦІНКА СТАНУ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНИХ ГІДРОЕКОСИСТЕМ МАЛИНЩИНИ

Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Кірейцева Г.В., Демчук Л.І., Скиба Г.В., Вовк В.М.
Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
ke_miyu@ztu.edu.ua, gef_kgv@ztu.edu.ua, ke_dlm@ztu.edu.ua,
skybagalya26@gmail.com, vovkvadim1983@gmail.com

Стаття присвячена впровадженню принципів оцінки стану водних об'єктів за Водною Рамковою Директивою ЄС (ВРД). Імпактний моніторинг стану малих річок відіграє критично важливу роль при створенні умов для стійкого збереження та відновлення екосистем, забезпеченні цілей сталого розвитку (особливо №6 та №14) та охороні здоров'я людей. Малі річки часто є домівкою для унікальних видів рослин та тварин. Моніторинг дозволяє виявляти зміни в екосистемі раніше, ніж це призведе до непоправних наслідків для місцевого біорізноманіття. Малі річки можуть використовуватися для побутових потреб, сільського господарства або промисловості. Якість води в них впливає на здоров'я людей та ефективність використання води в господарській діяльності. Моніторинг дозволяє своєчасно виявляти джерела забруднення, що допомагає приймати заходи для їх усунення. Дослідження малих річок може допомогти в розумінні того, як глобальні зміни клімату впливають на локальні водойми. Малі річки можуть мати значущий вплив на місцеві спільноти, забезпечуючи їх робочими місцями, рекреаційними можливостями та іншими соціально-економічними перевагами. Результати моніторингу можуть використовуватися для підвищення обізнаності громади про стан місцевого довкілля та стимулювання участі громадян у захисті природних ресурсів. Варто підсумувати що, імпактний моніторинг малих річок є ключовим інструментом у прийнятті раціональних рішень щодо управління водними ресурсами, збереження природних екосистем і забезпечення благополуччя місцевих спільнот. Досліджено екологічний стан та рівень антропогенної трансформації основних річок Малинської територіальної громади за принципами ВРД, поєднання гідробіологічних, гідрохімічних та картографічних показників. Здійснена аутофітоіндикаційна оцінка стану річок Ірші та Здривлі, фітоценотичний опис рослинності біля джерел техногенного забруднення. Було проведено гідрохімічний аналіз води на досліджуваних ділянках річок за такими показниками, як мінералізація води, рН, вміст кисню. Дисперсійний аналіз даних (σ^2 від 0,25 до 0,37) свідчить що значення досліджуваних показників на всіх ділянках наближені до середнього значення та відповідають існуючим санітарним нормам. У роботі обґрунтовано принциповість проведення імпактного моніторингу за комплексом різнотипних показників для водних об'єктів. Виконані дослідження сприяють впровадженню системи раціонального використання та адекватного управління гідромережею Малинської територіальної громади. *Ключові слова:* Водна Рамкова Директива, антропогенна трансформація, біоіндикація, гідрохімічний аналіз, фіторемерація.

Evaluating the condition and phytoremediation potential of anthropogenically transformed hydroecosystems of the malyn district. Tsyhanenko-Dziubenko I., Kireitseva H., Demchuk L., Skyba G., Vovk V.

The article is devoted to the implementation of the principles of assessing the state of water bodies according to the EU Water Framework Directive (WFD). Impactful monitoring of the state of small rivers plays a critical role in creating conditions for sustainable conservation and restoration of ecosystems, achieving the Sustainable Development Goals (especially Sustainable Development Goals 6 and 14) and protecting human health. Small rivers are often home to unique species of plants and animals. Monitoring allows for the detection of changes in the ecosystem before they lead to irreparable consequences for local biodiversity. Small rivers can be used for domestic purposes, agriculture or industry. The quality of water in them affects human health and the efficiency of water use in economic activities. Monitoring allows timely identification of sources of pollution, which helps to take measures to eliminate them. The study of small rivers can help in understanding how global climate change affects local water bodies. Small rivers can have a significant impact on local communities, providing jobs, recreational opportunities and other socio-economic benefits. Monitoring results can be used to raise community awareness of the local environment and encourage citizen participation in protecting natural resources. To summarise, impact monitoring of small rivers is a key tool in making rational decisions on water management, conservation of natural ecosystems and ensuring the well-being of local communities. An auto-phytoindicative assessment of the condition of the Irsha and Zdryvlya rivers, a phytocoenotic description of the vegetation near the sources of man-made pollution was carried out. A hydrochemical analysis of water was carried out in the studied sections of the rivers according to indicators such as water mineralization, pH, and oxygen content. The variance analysis of the data (σ^2 from 0,25 to 0,37) shows that the values of the studied indicators in all areas are close to the average value, and comply with existing sanitary standards. The paper substantiates the principles of conducting impact monitoring based on a complex of various indicators for water bodies. The conducted studies contribute to the implementation of the system of rational use and adequate management of the hydroelectric network of the Malin Territorial Community. *Key words:* Water Framework Directive, anthropogenic transformation, bioindication, hydrochemical analysis, phytoremediation.

Постановка проблеми. У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості, транспорту, посиленням процесів урбанізації та глобалізації у всьому світі все більше загострюється проблема охорони навко-

лишнього середовища. У більшості промислово розвинених регіонів надмірне забруднення води, повітря та ґрунтів негативно впливає на здоров'я та працездатність населення. Особливої актуальності

нашого часу набуває проблема використання запасів прісної води, головним джерелом якої є річки. Із одного боку, річки відіграють важливу роль у загальному кругообігу води в природі, з іншого – мають величезне економічне та соціальне значення. Їхня чистота значною мірою впливає на умови проживання людей. Ведення моніторингу басейнів малих річок в Україні регламентовано галузевим нормативом. Останнім часом інтенсифікованим джерелом забруднення поверхневих вод стала розробка родовищ (переважно нерудних). Посилення антропогенного впливу на водойми, водотоки та водозбірні ландшафти призвело до порушення умов формування стоку, гідрологічного режиму та зниження самовідновного потенціалу водних об'єктів.

Унаслідок забруднення різнотипних водойм та водотоків токсикантами та ксенобіотиками, які надходять із атмосфери шляхом осадження дрібнодисперсного пилу та аерозолів, у першу чергу сполуками сульфуру та нітрогену, може значно підвищитись їх кислотність і, як наслідок, порушення рівноваги гідролого-гідрохімічного режиму.

Тому метою дослідження було здійснити комплексну оцінку стану різнотипних водних об'єктів Малинської територіальної громади (далі Малинська ТГ) за принципом Водної Рамкової Директиви ЄС та з'ясувати рівень антропогенної трансформації гідромережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Екологічний стан – поняття, що немає однозначного тлумачення. Утім не можна обійти Водну Рамкову Директиву 2000/60/ЄС – документ [4], підписаний Урядом України, що покликаний наблизити вітчиз-

няні нормативи оцінки стану гідромережі та якості водного середовища до західноєвропейських. За Водною Рамковою Директивою (ВРД), екологічний стан водойм (власне водойм та водотоків) – це сукупність біотичної (її ще називають біологічною), гідроморфологічної (гідрогіологічної) та гідрохімічної (ширше фізико-хімічної) складових. Відповідне оцінювання здійснюється за даними моніторингу (різнотипного), який має стосуватися всіх трьох перелічених складових, а саме біологічної, морфологічної та фізико-хімічної [4]. Малі річки формують ресурси, гідрохімічний режим та якість води середніх та великих річок, створюють природні ландшафти великих територій, тому їх екологічний стан і моніторинг мають велике значення [5, 10]. Існує і зворотний зв'язок – функціонування басейнів малих річок визначається станом регіональних ландшафтних комплексів [6].

На Житомирщині площі водних об'єктів становлять 128,8 тис. га (4,3% території області). В області налічується 43 водосховища. На даний час ряд водосховищ об'ємом понад 1,0 млн. м³ залишаються у списках ставків через відсутність будь-якої технічної документації на них. Технічний стан 16 водосховищ незадовільний. Вони мають аварійні гідровузли [7, 8, 13].

Значна частина водоймищ через аварійний стан гідровузлів несуть серйозну небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій, у разі яких можуть бути затоплені населені пункти та угіддя [5].

Річки Ірша та Здривля відносяться до гідрологічних об'єктів Малинської територіальної громади (рис. 1).

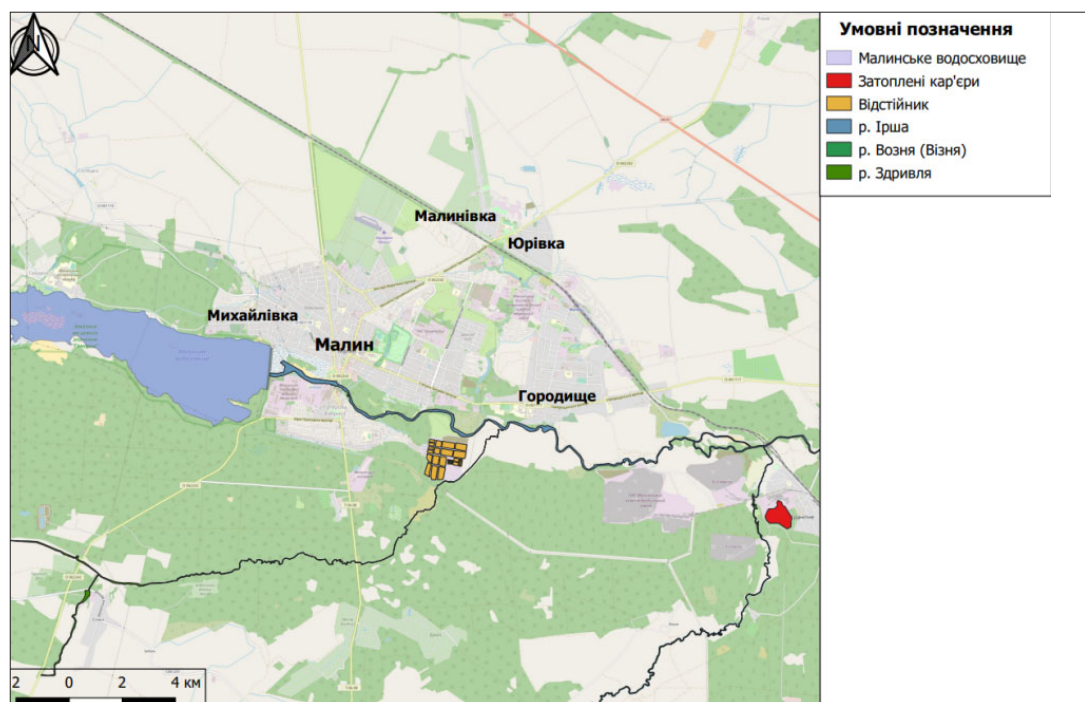


Рис. 1. Основні гідрологічні об'єкти Малинської територіальної громади

Річка Ірша є лівою притокою річки Тетерів. Протікає в Житомирському, Коростенському районах та частково в Київській області. Бере початок поблизу с. Івановичі Житомирського району, впадає у р. Тетерів поблизу села Стасева Малинської ТГ Житомирської області. Загальна довжина річки 136 км, глибина – від 30 см до 4,5 м, площа басейну 3370 км². В 70-х роках ХХ ст. на річці побудовано Малинське водосховище площею 740 га, об'ємом 12,5 млн. м³. Вода з Малинського водосховища надходить у водогін міста, використовується для технологічних потреб промислових підприємств (рис. 1) [5, 13].

Річка Здривля є правою притокою річки Ірші. Протікає у Малинській ТГ Житомирської області. Бере початок у болотистих місцевостях с. Тарасівка на висоті 172 м. Протікає через інші населені пункти. Річка має важливе значення в розвитку та веденні господарства Малинської ТГ (рис. 2).

Інтенсивне промислове та побутове забруднення, розорювання та гідротехнічні меліорації водозборів, знищення лісів у долинах річок, замулення русел внаслідок ерозії ґрунтів, необмежене використання біоресурсів та інші фактори призводять до деградації малих річок, та до повного їх зникнення.

Матеріали, методи та методики дослідження. За період проведення дослідження було здійснено 4 експедиції в межах р. Ірші та Здривлі. Було дослі-

джено 8 джерел забруднення водного середовища даних річок та здійснено 12 фітоценотичних описів. Джерела промислового забруднення водних об'єктів було закартографовано. У дослідженні 12-ти ділянок входили такі складові ланки: гідрохімічний аналіз води, фітоценотичний опис рослинності. Було визначено більше 20 видів вищих водних рослин.

Геоботанічні дослідження здійснювали за загальноприйнятою методикою [9, 12]. Аутфітоіндикація – використання окремих рослин (в основному едифікаторів або «будівників» угруповань та домінантів, тобто тих видів, проєктивне покриття яких – найбільше) як індикаторів (оскільки кожен вид має особливу екологічну амплітуду, то зростання певного виду характеризує екотоп) [6]. Гідрохімічні властивості водою вимірювали в польових умовах за допомогою портативних приладів: водневий показник – за допомогою рН-метра РН-107, загальну мінералізацію – за допомогою TDS Meter TDS-2. Вміст кисню в дослідних пробах води, після попередньої фіксації одразу після відбору 40%-вим MnCl₂ та 30%-вим NaOH, вимірювали в лабораторних умовах за методом Вінклера [3]. Дані вважалися достовірними (за t-критерієм Стьюдента) за рівня значущості $p \leq 0,05$. Кількість біологічних повторів та аналітичних повторностей у досліді – не менше трьох. Для аналізу отриманих показників цього річного експедиції було використано метод непрямой ординації.

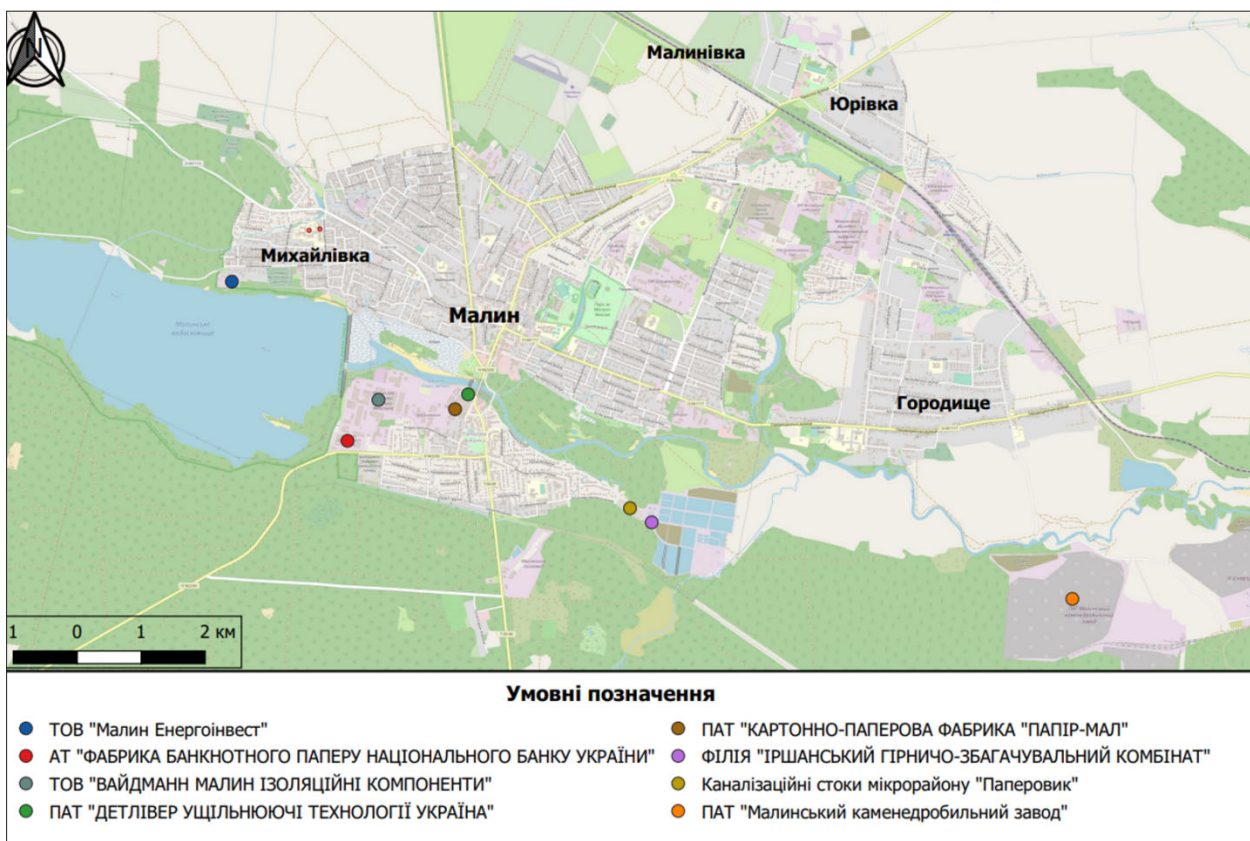


Рис. 2. Головні прирічкові виробничі комплекси Малинської територіальної громади

Результати досліджень та їхнє обговорення. Характеристика стану вищої водної рослинності річок Ірші та Здривлі. Перший опис рослинності було здійснено біля місця скидання промислових стічних вод підприємства ТОВ «Малинська фабрика спеціального паперу». Вода, що надходила з труби прямо в річку біля міської греблі була прозорою, але мала неприємний запах та за напрямом течії води спостерігалось осідання осаду цегляного кольору. На досліджуваній ділянці мав місце мул того ж забарвлення. Видове різноманіття водної рослинності на даній ділянці налічує лише 5 видів. Домінує з проективним покриттям 60% *Ceratophyllum demersum* L. Також він є едифікатором в даному угрупованні. Через близькість до місця виведення промислової води середній показник життєвості усіх видів сягає 2,6 за 5-ти бальною системою, що відповідає видам з повним циклом розвитку, нормальним ростом, які за таких умов квітують та плодоносять.

Другий опис рослинності було здійснено за 500 метрів вище по течії від місця виведення промислових стоків ТОВ «Малинська фабрика спеціального паперу». Вода була прозорою, на досліджуваній ділянці присутній мул темно-сірого кольору. Тут було виявлено 8 видів макрофітів. На ділянці переважає надводна рослинність, хоча домінантним видом в фітоценозі виступає *C. demersum* із проективним покриттям 70%. Середній показник життєвості рослин сягає близько 4,1, що підтверджує надмірний ріст деяких рослин надводного ярусу та всіх видів плаваючого.

Третя ділянка, на якій проводили опис рослинності, знаходилась за 500 метрів нижче по течії від вищевказаного підприємства. Вода на ділянці прозора, дно річки вкрите буро-коричневим мулом. Видове різноманіття даної ділянки сягає 8 видів. Присутні ті самі, що й на перших двох ділянках рідкісні види (*Nuphar lutea* (L.) Smith та *Trapa natans* L.), але їхні розміри на третій ділянці найменші – в *N. lutea* діаметр листової пластинки дорівнює 0,25 м, а у *T. natans* розетка листків – 0,55 м. На даній ділянці переважають рослини надводного ярусу. Едифікатором та водночас домінантом в угрупованні є *Typha latifolia* L. з проективним покриттям 60%. Середній показник життєвості рослин на даній ділянці становить 3,1, що відповідає нормальним показникам росту рослин. Явно пригніченим за зовнішніми ознаками є *T. natans*.

Для подальших досліджень було обрано джерело забруднення р. Ірші на промисловій території ВАТ «Малинський каменедробильний завод» с. Гранітного, Малинської ТГ (№ 4). Вода була прозорою. Є мул кольору хакі. Опис рослинності здійснювався на ділянці річки, що знаходиться найближче до схилів гранітовидобувного кар'єру. На даній ділянці було знайдено лише 5 видів рослин. Рослинність переважно представлена надводними макрофітами. Едифікатором та домінантом досліджуваного фіто-

ценозу є *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel з проективним покриттям 40%. Середній показник життєвості становить 3,4, але *T. latifolia* з рівнем життєвості 2 бали не відповідає загальній тенденції, а за зовнішні ознаками рослини свідчить про розвиток нижче нормального, але зі збереженням здатності квітувати і плодоносити.

Наступний опис рослинності було зроблено на п'ятій ділянці, що знаходиться за 500 метрів вище за течією від попередньої, яка перебувала під найсильнішою дією забруднювача (осідання дрібнодисперсного пилу від видобутку граніту та щебеню на рослинах та на дні цієї ділянки річки Ірші. Вода прозора, але дно вкрите мулом темно-сірого кольору. Даний фітоценоз утворюють 7 видів. Едифікатором та домінантом рослинності даної ділянки є *Stratiotes aloides* L. з проективним покриттям 80%. Середній показник життєвості рослин становить 2,6. Хоча найбільш поширений вид – *S. aloides* має лише 1 бал за показником життєвості, оскільки за усіма зовнішніми ознаками він був явно пригніченим. Аналогічна ситуація спостерігається з *P. australis* – його досить широке поширення не відповідає низьким показникам життєвості рослин.

Наступний опис (шоста ділянка) здійснювався за 500 метрів вниз по течії від попередньої. Вода мала зелений відтінок, на дні був мул кольору хакі. Видове різноманіття водних рослин – 7 видів. Едифікатором та домінантом з проективним покриттям 75% на даній ділянці була *Lemna minor* L. Середній показник життєвості більшості рослин на даній дослідній ділянці становить близько 3,6. Явно пригніченим виявився тільки *P. australis*.

Наступне джерело забруднення на ділянці річки Ірші це підприємство ТОВ «Малин ЕнергоІнвест», На ділянці №7 відбувалося постійне скидання господарсько-побутових вод даного підприємства. Вода на ділянці була прозорою. Дно встеляв пісок світлого кольору. Тут було знайдено 6 видів рослин. Едифікатором виявився домінуючий вид – *P. australis* з проективним покриттям 95%. Середній показник життєвості – 3,3. Тільки *C. demersum* та *P. australis* за зовнішніми ознаками показали ознаки вегетативного розвитку рослин нижче норми, але здатність квітувати та плодоносити не втратили.

Наступна, восьма, дослідна ділянка була обрана за 500 метрів вверх по течії від ділянки, що знаходиться під прямою дією забруднювача. Вода прозора, дно було встелене піском світлого кольору. На даній дослідній станції було знайдено всього 4 види рослин. Домінантний вид *P. australis* з проективним покриттям 90% виявився едифікатором даного фітоценозу. Середній показник життєвості видів сягав 4,8, що відповідає видам з надмірним ростом та швидким розвитком, що виходять за межі норми.

Дев'ята, ділянка була умовно позначена як контрольна, оскільки саме на ній проводиться моніторинг водоочисною станцією ТОВ «Малин ЕнергоІнвест»

та за їхніми багаторічними спостереженнями та гідрохімічним аналізом води тут склалася найкраща ситуація. Хоча за результатами, можна констатувати, що видове різноманіття даної дослідної ділянки не є найбільшим серед усіх зроблених описів. Вода на ділянці прозора. Дно вкрите піском світлого кольору. Видове різноманіття – 5 видів. До того ж едифікатором даного угруповання виявився саме рідкісний вид *N. lutea* з проективним покриттям 45%, хоча за проективним покриттям 67% домінував *P. australis*. Середня життєвість рослин становила 4,2.

Десята ділянка, розташована на р. Здривлі, виявилася найбільш насиченою за кількістю труб, що скидали стічні води, серед яких і господарсько-побутові стоки «Фабрики банкнотного паперу Національного Банку України», і промислові стоки ТОВ «Картонно-паперової фабрики «ПапірМал»» і попередньо очищені каналізаційні стоки мікрорайону «Паперовик». Вода була каламутна, з мало-вираженим запахом, дно вкрите значним шаром темно-сірого мулу. Видове різноманіття – 6 видів. Едифікатором та домінантом виявився *Typha angustifolia* L. з проективним покриттям 68%. Середній показник життєвості рослин становив 3,5.

Одинадцятий опис було здійснено за 500 метрів вверх по течії на переході з притоки до самої р. Ірші. При проведенні дослідження на даній ділянці було виявлено трубу промислових стоків швейцарського підприємства «Вайдманн». Вода на ділянці була прозорою, дно вкрите сірим піском. Видове різноманіття в межах опису склало 4 види. Едифікатором угруповання був *Butomus umbellatus* L. з проективним покриттям 10%, а домінантом – *L. minor*, що займає 30% ділянки. Середній показник життєвості рослин – 4.

Вниз за 500 метрів від головного забруднювача на р. Ірші, знаходиться дванадцята ділянка, на якій розміщена стічна труба промислового підприємства ВАТ «Детвілер ущільнюючі технології Україна». Вода прозора, з незначним запахом. На даній ділянці було виявлено 5 видів рослин. Едифікатором та водночас домінантом даного фітоценозу є *P. australis* з проективним покриттям 76%. Середній показник життєвості рослин – 3,8.

Аутофітоіндикаційна оцінка стану гідромрежі Малинської територіальної громади. Перша дослідна ділянка, що налічувала 5 видів рослин мала за едифікатора – *C. demersum*: сциофіт, геліосциофіт, нейтрофіт. За індикаторними властивостями даного виду можна стверджувати, що дана ділянка р. Ірші має характер евтрофної, слабо солонуватоводної водойми, зі значним антропогенним евтрофуванням та з потужними органо-мінеральними донними відкладами і сильно лужною реакцією середовища [1].

Другий за описом фітоценоз формував вид *T. natans*: геліофіт, термофіт, нейтрофіт, слабкий кальціофоб. Даний вид свідчив про евтрофну недобре проточну ділянку водойми з мулисто-піщаними

донними відкладами зі значним прошарком сапропеля. Наявність даного виду на ділянці вказує на помірний вміст CaCO_3 .

Щодо 3-ої ділянки, де едифікатором був вид *T. latifolia*: геліофіт, індіферент та нітрофіл. Можна стверджувати про заболочення ділянки з наявним ґрунтовим та поверхневим підтопленням та коливанням рівня води в широкому діапазоні, а також мулисто-торфяними відкладами на дні.

4, 7, 8 та 12 дослідну ділянку формує один з найпоширеніших видів в дослідженні – *P. australis*: геліосцифіт, гігрофіт, реофіл. Політопічний вид, тобто може існувати за будь-яких умов. Його індикаторні властивості потрібно розглядати в зв'язку зі змінами структурних і продуктивних показників. На всіх ділянках прослідковується розрідження заростей, що свідчить про накопичення солей та зниження рівня води, процесів заболочення та зниження продуктивності фітоценозів. Відомо, що *P. australis* може рости за умов, як хлоридного (до 2,5–3%), так і сульфатного (до 5%) забруднення, що пригнічує можливість точної індикації умов середовища наведених ділянок і потребує додаткових досліджень структури фітоценозу і характеристики інших присутніх на ділянці видів.

За едифікатором та водночас домінантом 5-ої ділянки – *S. aloides*: геліофіт, ацидофіл, було з'ясовано що дана ділянки річки Ірші мала характер мезо-евтрофної прісноводної прогрітої замкнутої стоячої або зі слабкою течією водойми, а також з наявними донними відкладами багатими органічними речовинами. Також *S. aloides* показав, що дана ділянка піддається постійному заболоченню, а також слабкому та середньому антропогенному впливові, що підтверджується нашими гідрохімічними дослідженнями.

L. minor, що будує фітоценоз 6-ої ділянки, є індикатором мезо- та евтрофних, мало прогрітих, або за короткий час замкнутих, чи слабо проточних прісноводних водойм зі слабкими мулисто-піщаними донними відкладами та відкладами детрита, ділянок незабруднених лісових рівчаків. Індикатор наявності неорганічного азоту.

N. lutea: геліофіт, слабкий ацидофіл, термофіл. Едифікатор рослинності 9-ої дослідної ділянки вказав на коливання рівня води, наявність несильної течії та мулисто-піщані донні відклади.

Домінував та формував фітоценоз 10-ої ділянки *T. angustifolia*: геліофіт, індіферент. Вказав на незначні коливання рівня води на ділянці.

Едифікатором 11 ділянки став *B. umbellatus*: геліофіт, індіферент, відносно теплолюбний, гемерофіл. Показав наявність слабо-лужних і слабо-мінералізованих субстратів. Високі показники життєвості особин вказують на коливання рівня води або на передуючі оголення донних відкладень. А подальша його масова поява на бідних поживними речовинами ґрунтах та загалом збільшення площ заростей свід-

чать про розвиток процесів антропогенного евтрофування водойми.

Індикаторами забруднення водного середовища солями важких металів і загальної високої мінералізації є – *C. demersum*, *Potamogeton perfoliatus* L., *Potamogeton natans* L., а неорганічного азоту – *L. minor*.

Оптимальність умов росту макрофітів, що видно із багатьох показників життєвості, свідчить про потреби рослин у тих, чи інших хімічних речовинах. Для забезпечення фізіологічних процесів досліджувані водні макрофіти поглинають, накопичують у своєму тілі та акумулюють різні речовини, що є передумовою природної фітореємедіації забруднених водойм.

Гідролого-гідрохімічна характеристика річок Малинської територіальної громади. Було проведено гідрохімічний аналіз води на досліджуваних ділянках річок за такими показниками, як мінералізація води, рН, вміст кисню та прослідковано динаміку органолептичних та фізико-хімічних показників за 2008–2021 рр. на контрольній ділянці (водозабір р. Ірші). Результати аналізу було співставлено з ГДК (рибогосподарськими та санітарно-гігієнічними нормами). Вміст кисню у воді коливається від 3,2 до 22,4 мг O_2 /л (таблиця 1). Вміст кисню впливає на інтенсивність окисно-відновних біологічних процесів. Максимальний вміст кисню у водоймах спостерігається на ділянках зарослих рослинністю. В даних дослідженнях виявлено високий вміст кисню (до 22,4 мг O_2 /л) на ділянці №8 в літній період, що пов'язано з наявністю вищої водної рослинності та фітопланктону, оптимальною температурою води та сприятливими умовами для фотосинтезу в цей період.

Таблиця 1

Дисперсія показників гідрохімічного аналізу

Значення	Окисність, мг/л	Мінералізація, мг/л	рН
mean	12,8	275,5	6,8
max	22,4	335	7,4
min	3,2	216	6,2
σ^2	0,374	0,2603	0,25

Колівання цього показника пов'язане не тільки з інтенсивністю фотосинтезу, а й з використанням

кисню в товщі води і в донних відкладеннях при біохімічних процесах деструкції органічних речовин, перетворенні NH_4^+ , окисненні солей заліза та ін. За дисперсійним аналізом показник вмісту кисню на всіх ділянках ($\sigma^2 = 0,37$) наближений до середнього значення. Це свідчить про нормальний перебіг біологічних процесів у водоймі та переважання продукції над деструкцією органічних речовин.

Найнижчий показник дисперсії характеризує рН ($\sigma^2 = 0,25$) (табл. 1). Рівень рН води на більшості досліджуваних ділянок мав допустимі значення, які відповідали оптимальному значенню для природних вод (норма 6,0–7,0). Показник мінералізації води коливається від 216 до 335 мг/л.

На контрольній моніторинговій ділянці було відібрано проби води, для проведення повного гідрохімічного аналізу на базі Малинського міжрайонного відділу ДУ «Житомирський ОЛЦ ДСЕСУ». Їх результати збігаються з середніми показниками, отриманими в ході дослідження, та відповідають існуючим санітарним нормам та ГДК води в річках. Також були проаналізовані результати аналізу води на вміст іонів важких металів, зробленого лабораторією ТОВ «Малин ЕнергоІнвест» за 2008–2021 рр. (таблиця 2).

Були зафіксовані випадки, коли показники вмісту у воді сполук важких металів перевищували ГДК (таблиця 2 – нормативні значення приведені згідно НД: СанПіН 4630-88).

За результатами показників повного аналізу води за 2008–2021 рр. простежується тенденція зниження концентрацій іонів важких металів. Таке явище можна пояснити, як зменшенням антропогенного навантаження, так і природною фітореємедіацією [2], оскільки всі ці елементи (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) використовуються рослинами на фізіологічні потреби.

Висновки:

1. На території Малинської ТГ розміщено більше десяти прирічкових промислових комплексів, які скидають відпрацьовані стічні води до річок. Такий антропогенний прес не сприяє збереженню якості води та різноманіття водних і коловодних біоценозів річок Ірші та Здривлі, які приймають ці стоки, про що свідчить проведений гідрохімічний аналіз води та зроблені описи рослинності.

2. Едифікатори, домінанти та субдомінанти водних фітоценозів Малинської ТГ за показниками аут-

Таблиця 2

Концентрація іонів важких металів у гідротопах моніторингової ділянки

Катіон	ГДК, мг/дм ³	Період, роки	Виявлені показники, мг/дм ³	Період, роки	Виявлені показники, мг/дм ³	Період, роки	Виявлені показники, мг/дм ³
Cu^{2+}	0,1	2008-12	0,10-0,24	2013-17	0,15-0,08	2018-21	0,21-0,11
Fe^{2+}	0,3	2008-12	0,35-1,40	2013-17	0,15-0,5	2018-21	0,16-0,63
Mn^{2+}	0,1	2008-12	0,18-2,50	2013-17	0,06-0,35	2018-21	0,03-0,47

фітоіндикації виявились стійкі до антропогенного впливу, а також свідчать про хімічне забруднення води та евтрофування водойм. Високі показники життєвості та збільшення площ заростей цих видів характеризують річки Малинської ТГ як забруднені та з достатнім рівнем антропогенного навантаження і подальшою трансформацією.

Аналіз гідрохімічних показників водного середовища, як у ретроспективі, так і на сьогодні, вказує на досить високий рівень антропогенного впливу та трансформації всієї гідромережі. Проте прослідковується тенденція зниження концентрацій іонів важких металів, що вказує на процеси природної фіторе-медіації у водному середовищі

Література

1. Alpatova O., Maksymenko I., Patseva I., Khomiak I., Gandziura V. Hydrochemical state of the post-military operations water ecosystems of the Moschun, Kyiv region. XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment", Kyiv, 15–18 November 2022. Kyiv, 2022.
2. Demchuk, L. I., Alpatova, O. M., Maksymenko, I. Y. (2022). Environmental security as a component of national sustainability: worldview analysis. Publishing House "Baltija Publishing".
3. EPA: Environmental Indicators of Water Quality in the United States. USEPA Rep. 841-R-96-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. 1996.
4. EU Water Framework Directive 2000/60/EC 2000 Official Journal of the European Communities. L327. 118 p.
5. Галік О.І., Яковишина М.С. Однорідність рядів спостережень річного стоку у зв'язку зі змінами клімату на прикладі річок Поліської області надмірної водності: збірник наук. праць V Всеукраїнської наук. конференції. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2011. С. 26–28.
6. Гончаренко І.В. Фітоіндикація антропогенного навантаження: монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2017. 127 с.
7. Горшкальова В.П., Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Алпатова О.М., Луньова О.В. Ресурси водних екосистем Житомирського Полісся в умовах інтенсифікації антропогенного впливу. Житомир: «Житомирська політехніка». 2022. С. 98–99.
8. Демчук Л., Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І., Вовк В. Концепція екологічної безпеки держави в контексті сталого розвитку та євроінтеграції. Проблеми хімії та сталого розвитку. 1. 2023. С. 3–11.
9. Дубина М.М., Гроудова З. Макрофіти – індикатори змін природного середовища. К.: Наукова думка, 1993. 435 с.
10. Kotsiuba I.G., Skyba G.V., Skuratovskaya I.A., Lyko S.M. Ecological monitoring of small water systems: Algorithm, software package, the results of application to the Uzh river basin (Ukraine). Methods and Objects of Chemical Analysis. 2019. 14(4). P. 200–207.
11. Корбут М.Б., Мальований М. С., Давидова І.В., Скиба Г.В. Оцінювання звалищ твердих побутових відходів на гідрохімічний режим прилеглих територій (на прикладі полігону Житомирської територіальної громади). Науковий вісник НЛТУ України. 2023. Т. 23. № 3. С. 40–45.
12. Мусієнко М.М., Ольхович О.П. Методи дослідження вищих водних рослин: навчальний посібник. Київський ВПЦ Університет. 2005. 60 с.
13. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2021 році: веб-сайт. URL: <https://mepg.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-ZHytomyraska-ODA-2021.pdf>

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

УДК 504.064.36

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.13>

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ДЛЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Михайлов С.С.

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків

mss220797@gmail.com

Стаття спрямована на вибір типу комплексної системи моніторингу довкілля регіонів (КРСМД) України методом аналізу ієрархій Томас Сааті.

З метою забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні створена і функціонує державна система моніторингу довкілля (ДСМД). Реалізує державну політику у сфері охорони довкілля та методично забезпечує організацію спостережень за його станом, рівнем забруднення центральний орган виконавчої влади, що є відповідальним за цю сферу державної діяльності. Згідно з Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XI від 25.06.91 р. [1] (частина четверта ст. 22 із змінами, внесеними згідно із Законом України № 5456-VI від 16.10.2012 р.), державні органи разом з відповідними науковими установами забезпечують організацію короткострокового і довгострокового прогнозування змін довкілля, які повинні враховуватися при розробці і виконанні програм та заходів щодо економічного та соціального розвитку України, в тому числі щодо охорони довкілля, використання і відтворення природних ресурсів та гарантування екологічної безпеки.

Увесь процес моніторингу довкілля має бути запланований і послідовно виконуватись з урахуванням інформаційних потреб і специфіки наявної екологічної ситуації. В регіонах України моніторинг довкілля здійснюють регіональні системи моніторингу, які є основними складовими ДСМД, та деякі підприємства (при наявності систем моніторингу довкілля).

Принциповий підхід до вдосконалення моніторингу довкілля повинен бути комплексним і потребує інтеграції зусиль усіх суб'єктів ДСМД. Ці зусилля мають бути спрямовані на виключення дублювання й введення нових функцій з моніторингу, оптимізацію мереж і програм спостережень, підвищення рівня, уніфікацію й постійне вдосконалення технічного, методичного, метрологічного, наукового забезпечення функціонування мереж спостережень, що можливо реалізувати лише шляхом впровадження комплексних систем моніторингу довкілля в регіонах України (КРСМД). *Ключові слова:* моніторинг довкілля, комплексна система моніторингу довкілля, метод аналізу ієрархій.

Scientific substantiation of the structure of the integrated environmental monitoring system for the regions of Ukraine. Mykhailov S.

The article is aimed at selecting the type of integrated environmental monitoring system for the regions of Ukraine by the hierarchy analysis method by Thomas Saaty.

In order to ensure the collection, processing, storage and analysis of information on the state of the environment, forecast its changes and develop scientifically based recommendations for making effective management decisions, the State Environmental Monitoring System (SEMS) has been established and is functioning in Ukraine. The central executive body responsible for this area of state activity implements the state policy in the field of environmental protection and methodically ensures the organisation of monitoring of its condition and pollution levels. According to the Law of Ukraine "On Environmental Protection" No. 1264-XI of 25.06.91 (part four of Article 22 as amended by the Law of Ukraine № 5456-VI of 16.10.2012), state bodies together with relevant scientific institutions ensure the organisation of short-term and long-term forecasting of environmental changes that should be taken into account when developing and implementing programmes and measures for economic and social development of Ukraine, including environmental protection, use and reproduction of natural resources and guaranteeing

The entire process of environmental monitoring should be planned and consistently implemented, taking into account information needs and the specifics of the existing environmental situation. In the regions of Ukraine, environmental monitoring is carried out by regional monitoring systems, which are the main components of the SFMS, and some enterprises (if they have environmental monitoring systems).

The principled approach to improving environmental monitoring should be comprehensive and require integration of efforts of all the actors of the SSMS. These efforts should be aimed at eliminating duplication and introducing new monitoring functions, optimising observation networks and programmes, raising the level, unifying and continuously improving the technical, methodological, metrological and scientific support for the operation of observation networks, which can only be achieved through the implementation of integrated environmental monitoring systems in the regions of Ukraine (IEMS). *Key words:* environmental monitoring, integrated environmental monitoring system, hierarchy analysis method.

Постановка проблеми. Охорона навколишнього природного середовища (НПС), раціональне використання природних ресурсів, гарантування екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Важливими елементами державної системи моніторингу довкілля є РСМД, які організують діяльність усіх суб’єктів моніторингу довкілля регіону, визначати рівень забруднення довкілля на певній території за певний проміжок часу. Завдяки цим даним визначається відповідність стану довкілля вимогам його якості, здійснюється контроль та оцінка впливу на якість довкілля заходів, спрямованих на обмеження викидів забруднюючих речовин, проводиться оцінка впливу забруднення довкілля на здоров’я та життєдіяльність населення.

Принциповий підхід до вдосконалення моніторингу довкілля повинен бути комплексним і потребує інтеграції зусиль усіх суб’єктів ДСМД, зокрема й на рівні регіонів.

Актуальність дослідження полягає у необхідності реалізації вимог Законів та Постанов Кабінету Міністрів України та Директив Європейського Парламенту щодо проведення моніторингу довкілля в регіонах України.

Зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає у визначенні базової структури для створення КРСМД для України, що має забезпечувати потреби органів самоврядування та громадськості в екологічній інформації і приведення оцінки та управління якістю довкілля до вимог Директив ЄС, Законів та Постанов Кабінету Міністрів України щодо охорони довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом з’явилося багато наукових досліджень, що стосуються вдосконалення механізмів, аналізу та ефективності функціонування існуючого системи моніторингу довкілля, зокрема й на регіональному рівні, оптимізації її роботи та обґрунтуванню потреб щодо загального переоснащення системи. Але аналіз попередніх досліджень показує, що досі не приділялася увага базовій структурі КРСМД, яку можна рекомендувати для використання всім регіонам України при створенні регіональних систем моніторингу довкілля.

Наукова новизна статті полягає у тому, що вперше на основі аналізу та теоретичних узагальнень розроблено та визначено структуру КСМД для регіонів України, з урахуванням інформаційних потреб і специфіки наявної екологічної ситуації.

Методологічне або загальнонаукове значення: Результати представлені у статті забезпечують методичними основами з моніторингу довкілля фахівців, що працюють за напрямом створення систем моніторингу, організації проведення моніторингу довкілля, зокрема на регіональному рівні.

Викладення основного матеріалу. Найважливіша вимога до систем моніторингу навколишнього середовища – її ефективність. Це властивість забезпечується за рахунок отримання необхідної кількості та якості інформації при проведенні оптимального числа спостережень.

Для цього необхідно враховувати закономірності часового та просторового розподілу ЗР об’єктів моніторингу та сформуванню системи характеристик зміни їх стану. Для організації ефективної системи моніторингу повинна бути сформована цільова функція системи, її оптимальна структура, обрані найбільш ефективні методи і засоби моніторингу. Дуже важливу роль при цьому відіграють засоби збирання, обробки даних та підтримки прийняття управлінських рішень – інформаційно-аналітичні системи.

Ключовими параметрами систем моніторингу навколишнього середовища є:

- перелік об’єктів, що знаходяться під контролем з їх суворою територіальною прив’язкою;
- перелік показників контролю та допустимих областей їх зміни;
- часові масштаби (регламент моніторингу) – періодичність відбору проб, частота і час представлення даних (хронологічна організація моніторингу).

Сьогодні в програмах моніторингу на зміну традиційного «ручного» пробовідбору приходять збір даних з використанням електронних вимірювальних пристроїв автоматичного дистанційного спостереження в режимі реального часу.

Перевагою спостереження в реальному масштабі часу є те, що в одній базовій станції для зберігання та аналізу можуть використовуватися багато каналів даних. Це різко підвищує оперативність моніторингу при досягненні порогових рівнів контрольованих показників. Такий підхід дозволяє за даними моніторингу вжити негайних управлінських дій, якщо пороговий рівень перевищено [2].

На основі наукових рекомендацій та керуючись аналізом літературних джерел нами була розроблена базова структура комплексної системи екологічного моніторингу навколишнього середовища для регіонів України.

В рамках системи пропонується організувати спостереження за якістю основних складових навколишнього середовища:

- атмосферного повітря;
- водних об’єктів;
- ґрунтів;
- біотичних компонентів (рослинного і тваринного світу);
- радіаційної обстановки.

До основних функцій запропонованої комплексної системи моніторингу відносяться:

- вимір в автоматичному режимі концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та показників якості поверхневих вод;

– вимір в автоматичному режимі метеорологічних величин;

– відбір проб та визначення вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, поверхневих водах, атмосферних опадах, ґрунтах, сніговому покриві і рослинності;

– спостереження за рідкісними і зникаючими видами тварин і рослин;

– оцінка і прогноз забруднення, в тому числі і у випадках позаштатних ситуацій техногенного та природного характеру;

– збір, зберігання, передача та представлення інформації.

Результатом впровадження системи має стати отримання об'єктивних вихідних та прогнозних даних для забезпечення процесу прийняття управлінських рішень, в тому числі щодо вжиття заходів зі зниження впливу від джерел забруднення.

Отже, спостереження за станом навколишнього середовища, по суті, є збиранням інформації про фактичний стан складових навколишнього середовища, тобто весь процес технології моніторингу можна описати як алгоритм: вимір – аналіз – опис – моделювання – оптимізація [3].

Варіанти РКСМД. Системи моніторингу використовуються як для автоматизованого контролю параметрів навколишнього середовища, так і для прийняття та реалізації організаційно-технічного рішення, підвищення ефективності прогнозу розвитку та ліквідації надзвичайних ситуацій, що дозволяє в короткі терміни та в потрібній оперативній

обстановці приймати найбільш правильні, ефективні та економічно обґрунтовані управлінські дії.

Сьогодні технічне оснащення регіональних систем моніторингу довкілля здебільшого можна охарактеризувати як морально і фізично застаріле, що не забезпечує оперативного надання інформації основним споживачам. Значно ускладнює ситуацію проблеми з упровадженням у практику екологічного моніторингу технологій гео-інформаційних систем і дистанційного зондування Землі, а також відсутність сучасних систем отримання інформації з супутникових метеорологічних систем.

В даний час, процес мініатюризації електронних схем дійшов до молекулярного рівня, роблячи реальним повністю автоматизовані, з всеосяжним програмним забезпеченням, складні багатоцільові та водночас компактні, повністю автономні системи моніторингу якості навколишнього середовища. Розвиток систем моніторингу на базі сучасного обладнання стримується не технічними, а передусім фінансовими труднощами і, як не дивно, організаційними проблемами багаторівневого управління такими системами. Саме тому оптимальним для створеної РКСМД може бути комбінація автоматичних, автоматизованих та ручних методів здійснення моніторингу довкілля.

Отже, розглянемо можливі варіанти комплексної системи моніторингу довкілля (табл. 1).

Отже, можна сказати, що в міру модернізації виробництва та розвитку сучасних технологій автоматизовані системи моніторингу застосовуються все

Таблиця 1

Варіанти комплексної системи моніторингу довкілля для регіонів України

Варіанти	Складові довкілля	Методи здійснення моніторингу довкілля		
		Автоматично	Ручний відбір проб	Індикативно
1	2	3	4	5
1 варіант – автоматична система моніторингу довкілля	атмосфера	100 %	0 %	0 %
	вода	100 %	0 %	0 %
	ґрунт	50 %	50 %	0 %
	біорізноманіття	50 %	50 %	0 %
	радіаційна обстановка	100 %	0 %	0 %
2 варіант – автоматизована система моніторингу довкілля	атмосфера	< 75 %	25%	0 %
	вода	< 75 %	25 %	0 %
	ґрунт	50 %	50 %	0 %
	біорізноманіття	50 %	25 %	25 %
	радіаційна обстановка	75 %	25%	0 %
3 варіант – автоматична комбінована система моніторингу довкілля з використанням вимірювальних та індикативних засобів спостереження	атмосфера	50 %	0 %	50 %
	вода	50 %	0 %	50 %
	ґрунт	25 %	50 %	25 %
	біорізноманіття	50 %	25 %	25 %
	радіаційна обстановка	50 %	0 %	50 %

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
4 варіант – система «ручного» моніторингу довкілля	атмосфера	< 25 %	50 %	< 25 %
	вода	< 25 %	50 %	< 25 %
	грунт	25 %	50 %	25 %
	біорізноманіття	25 %	50 %	25 %
	радіаційна обстановка	25 %	50 %	25 %
5 варіант – автоматизована комбінована система моніторингу довкілля з використанням вимірювальних та індикативних засобів спостереження	атмосфера	33 %	34 %	33 %
	вода	34 %	33 %	33 %
	грунт	25 %	50 %	25 %
	біорізноманіття	25 %	50 %	25 %

ширше. Але зі зростанням ролі АСМ необхідно приділяти більше уваги питанням правильної роботи систем та захисту одержуваних даних.

У всіх варіантів є переваги та недоліки. Тому їх слід оцінити за рядом критеріїв. У роботі оцінку варіантів пропонується оцінювати за методом аналізу ієрархій (метод Т. Л. Сааті).

Оцінка варіантів КРСМД методом аналізу ієрархій Томас Сааті [4]. Одним із варіантів ситуації прийняття рішення щодо ієрархії варіантів є так звана критеріальна (інтерактивна критеріальна) постановка. У цьому випадку особа, яка приймає рішення, вибирає найкращі альтернативи для досягнення певної мети шляхом задоволення набору критеріїв. Основа методу Сааті – попарні порівняння альтернатив по кожному з критеріїв та попарне порівняння критеріїв з погляду важливості для поставленої мети.

Етапи застосування методу Сааті:

1. Виділення проблеми. Визначення мети.
2. Виділення основних критеріїв, що зумовлюють досягнення мети.
3. Виділення групи альтернатив, що становлять найбільший інтерес.
4. Побудова ієрархії: дерево від мети через критерії альтернатив.
5. Побудова матриці попарних порівнянь критеріїв цілі.
6. Побудова матриць попарних порівнянь альтернатив за критеріями.
7. Застосування методики аналізу отриманих матриць.
8. Визначення ваг альтернатив системи ієрархії.

Виділення основних критеріїв, що зумовлюють досягнення мети. Для вибору найбільш ефективного варіанту комплексної регіональної системи моніторингу довкілля для регіонів України, на основі попереднього аналізу пропонується 5 критеріїв оцінки: вартість впровадження та експлуатації системи, оперативність отримання інформації, достовірність та актуальність отриманої інформації, обсяг та повнота отриманої інформації, об'єктивність отримання інформація.

1. Вартість впровадження та експлуатації комплексної регіональної системи моніторингу довкілля.

Вартість – це суспільно необхідна праця, яку потрібно затратити на виготовлення продукту, послуги чи цінності [5].

Виходячи з найзагальніших міркувань для діяльності КРСМД можна попередньо оцінити обсяг витрат на проведення моніторингу. До них відносяться:

- інвестиційні витрати на впровадження системи, придбання землі, будівництво приміщень та споруд, закупівлю обладнання, інших інструментів для здійснення програми екологічного моніторингу;
- експлуатаційні витрати на заробітну плату лабораторних операторів, фахівців, що забезпечують збір, аналіз, подання інформації, інженерів, що забезпечують роботу обладнання, які працюють повний робочий день, для виконання програми екологічного моніторингу. Також до експлуатаційних витрат відносяться витрати, на безпосередню роботу обладнання для пробовідбору та спеціального аналітичного обладнання, накладні витрати, податки та інші витрати для забезпечення відповідної концепції та проведення періодичних досліджень стану довкілля в рамках системи моніторингу довкілля;
- амортизаційні відрахування та інші витрати, які не можуть бути віднесені економічно доцільним шляхом безпосередньо до конкретного об'єкта витрат.

2. Оперативність отримання інформації.

Термін «інформація» визначає відомості, повідомлення або знання про реально існуючі процеси і об'єкти, а також про їх зв'язки та взаємодію, що доступні для практичного використання людиною.

Для системи моніторингу довкілля інформація – це відомості про навколишнє середовище (об'єкти, явища, події, процеси тощо), які зменшують міру існуючої невизначеності та неповноти знань про нього. Однією з вимог до якісної інформації є оперативність її отримання.

Оперативність (своєчасність) інформації – оперативною є така інформація, яка надходить на той чи інший рівень управління не пізніше задалегідь при-

значеного моменту часу, узгодженого з часом розв'язування задач управління та відображає актуальність інформації для необхідних розрахунків та прийняття рішень в умовах змін.

3. Достовірність та актуальність отриманої інформації.

Достовірність інформації – це властивість інформації відображати реально діючі об'єкти з необхідною точністю. Вимірюється достовірність інформації довірчою ймовірністю необхідної точності. Таким чином, достовірність – визначає допустимий рівень спотворення, як вхідної так і вихідної інформації, при якому зберігається ефективність функціонування системи.

Точність інформації – визначається ступенем наближення відображуваного інформацією параметра та його істинного значення.

Інформація достовірною, якщо вона відображає справжній стан справ, сповнена, якщо її достатньо для прийняття рішення.

4. Обсяг та повнота отриманої інформації.

Обсяг – основна кількісна характеристика інформації. Обсяг інформації вимірюється кількістю символів у повідомленні. Повнота інформації для систем моніторингу довкілля означає, що вона має мінімальний набір показників, але він достатній для розуміння та прийняття ефективного управлінського рішення. Як неповна, так і надмірна інформація знижує ефективність управління.

5. Об'єктивність отримання інформації.

Об'єктивність – інформація об'єктивна, якщо вона не залежить від методів її фіксації, чиєї завгодно свідомості, думки або судження. Об'єктивну інформацію можна отримати, наприклад, за допомогою справних вимірювальних приладів. Об'єктивнішою прийнято вважати ту інформацію, до якої методи вносять менший суб'єктивний елемент. Об'єктивна

інформація завжди достовірною, але достовірною інформація може бути як об'єктивною, так і суб'єктивною [6].

Альтернативними варіантами визначені 5 варіантів комплексної системи моніторингу довкілля для регіонів України, що викладені у табл. 1.

Наступним кроком методу МАІ є побудова ієрархії: дерево від мети через критерії до альтернатив. Дерево ієрархії представлено на рис. 1. У ряді випадків виконання цього пункту плану не є обов'язковим. Тим не менш, дерево ієрархії дає наочне уявлення про ситуацію прийняття рішення і дозволяє уникнути деяких помилок при її аналізі.

Отже, у даному випадку повна ієрархія проблеми багатокритеріального вибору включає три рівні: мета, критерії, альтернативи.

Розрахунок матриць попарних порівнянь альтернатив за критеріями. Основа методу Сааті – попарні порівняння альтернатив по кожному з критеріїв та попарне порівняння критеріїв з погляду важливості для поставленої мети. Таким чином, усі порівняння в даному методі виробляються попарно, тобто найпростішим і очевидним методом.

Для порівняння Сааті запропонував використовувати якісні ознаки, що переводяться потім у кількісні за 9-ти бальною шкалою (табл. 2).

Шляхом колективного обговорення порівнюємо між собою критерії з погляду відповідності мети. На основі таблиці 3 будується відповідна таблиця якісного порівняння критеріїв – матриця балів (табл. 3). Під головною діагоналлю записуються числа, обернені до відповідних чисел над діагоналлю.

Далі застосовуємо методики аналізу одержаних матриць:

1) знаходимо суму елементів кожного стовпця.

Аналогічно будуються матриці порівняння окремих альтернатив щодо кожного з критеріїв. Опустимо

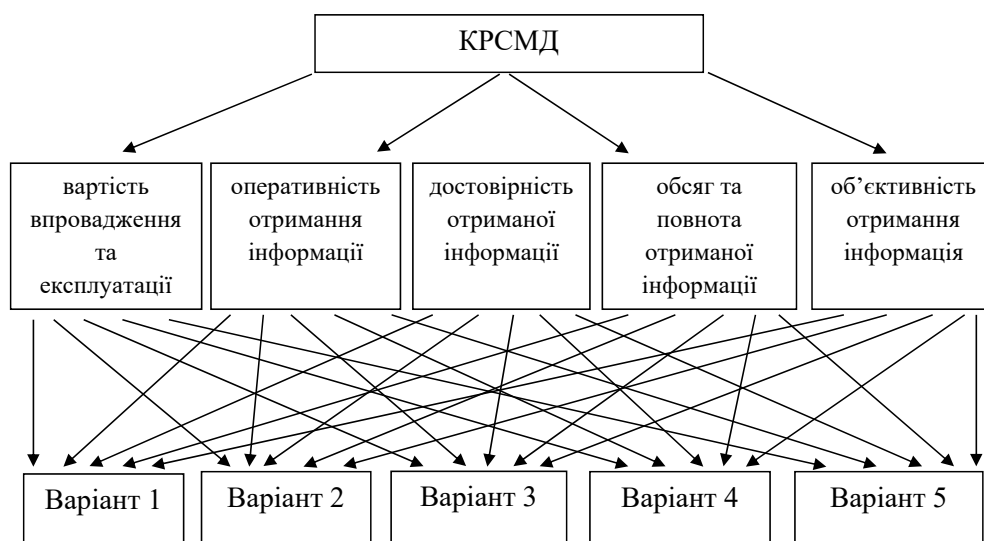


Рис. 1. Ієрархія проблеми вибору КРСМ

Таблиця 2

Якісні варіанти порівняння та відповідні їм кількісні бали

Бал	Пояснення
1	Рівна важливість порівнюваних елементів ієрархії. Порівнювані елементи мають однакову значимість для елемента вищого рівня
3	Помірна перевага і-го елемента ієрархії над j-им. Попередній досвід та оцінка говорять про трохи більшу значущості одного елемента порівняно з іншим
5	Істотна чи сильна перевага і-го елемента. Попередній досвід та оцінка говорять про більш високу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
7	Значна перевага і-го елемента. Дуже висока значимість елемента явно виявилася у минулому.
9	Дуже значна перевага і-го елемента. Йдеться про максимально можливу різницю між двома елементами.
2, 4, 6, 8	Проміжні ступені переваги. Значення потрапляють до інтервалу між визначеними вище балами значущості.

Таблиця 3

Якісне порівняння критеріїв для вибору КРСМД

Критерії	Вартість впровадження та експлуатації системи	Оперативність отримання інформації	Достовірність отриманої інформації	Обсяг та повнота отриманої інформації	Об'єктивність отримання інформація
Вартість впровадження та експлуатації системи	1	1/3	1	3	3
Оперативність отримання інформації	3	1	1	5	3
Достовірність отриманої інформації	1	1	1	3	1
Обсяг та повнота отриманої інформації	1/3	1/5	1/3	1	1/3
Об'єктивність отримання інформація	1/3	1/3	1	3	1
Σ	5,333	2,533	3,333	12	8,333

докладний виклад всіх операцій і наведемо нижче лише матриці кількісних балів (табл. 4–8);

2) ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця;

3) визначаємо ваги рядків – для цього просто визначаємо середнє значення в кожному рядку останнього з отриманих матриць.

Перевірка обмеженості оцінки пріоритетів.

На цьому етапі обчислюється так званий індекс узгодженості (ІУ) суджень щодо кожної матриці за формулою:

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1}, \quad (2.1)$$

де n – розмірність матриці, а λ обчислюється так:

– підсумовується кожен стовпець матриці парних порівнянь;

– сума першого стовпця множиться на першу компоненту локального вектора пріоритетів, сума другого стовпця на другу компоненту тощо;

– отримані результати додаються.

Потім необхідно порівняти ІУ з тією величиною, яка б вийшла при випадковому виборі суджень за фундаментальною шкалою (1/9 ... 9) для заданого значення. Значення цієї величини, вона називається випадковою узгодженістю (ВУ), відомі та представлені в табл. 15. Значення ІУ залежить тільки від розмірності матриці парних порівнянь.

Таблиця 4

Кількісні бали порівняння альтернатив по вартості впровадження та експлуатації системи

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Варіант 1	1	1/3	1/5	1/9	1/5
Варіант 2	3	1	1/3	1/7	1/4
Варіант 3	5	3	1	1/5	1/3
Варіант 4	9	7	5	1	5
Варіант 5	5	4	3	1/5	1
Σ	23	15,333	9,533	1,65	6,78

Таблиця 5

Кількісні бали порівняння альтернатив по оперативності отримання інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Варіант 1	1	3	1/3	8	5
Варіант 2	1/3	1	1/5	7	3
Варіант 3	3	5	1	9	7
Варіант 4	1/8	1/7	1/9	1	1/6
Варіант 5	1/5	1/3	1/7	6	1
Σ	4,658	9,476	1,787	31	16,167

Таблиця 6

Кількісні бали порівняння альтернатив по достовірності отриманої інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Варіант 1	1	1/3	5	1/6	3
Варіант 2	3	1	7	1/5	5
Варіант 3	1/5	1/7	1	1/8	1/4
Варіант 4	6	5	8	1	7
Варіант 5	1/3	1/5	4	1/7	1
Σ	10,533	6,676	25	1,635	16,25

Таблиця 7

Кількісні бали порівняння альтернатив по обсягу та повноті отриманої інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Варіант 1	1	3	7	3	5
Варіант 2	1/3	1	6	3	3
Варіант 3	1/7	1/6	1	1/5	1/5
Варіант 4	1/3	1/3	5	1	3
Варіант 5	1/5	1/3	5	1/3	1
Σ	2,001	4,833	24	7,533	12,2

Таблиця 8

Кількісні бали порівняння альтернатив по об'єктивності отримання інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Варіант 1	1	5	3	9	7
Варіант 2	1/5	1	1/3	5	3
Варіант 3	1/3	3	1	7	5
Варіант 4	1/9	1/5	1/7	1	1/3
Варіант 5	1/7	1/3	1/5	3	1
Σ	1,787	9,533	4,676	25	16,333

Таблиця 9

Ваги рядків критеріїв для вибору КРСМД

Критерії	Вартість впровадження та експлуатації системи	Оперативність отримання інформації	Достовірність та актуальність отриманої інформації	Обсяг та повнота отриманої інформації	Об'єктивність отримання інформації	Середнє значення	Вага у відсотках, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Вартість впровадження та експлуатації системи	0,188	0,132	0,3	0,25	0,36	0,246	24,6
Оперативність отримання інформації	0,563	0,395	0,3	0,417	0,36	0,407	40,7
Достовірність отриманої інформації	0,188	0,395	0,3	0,25	0,12	0,251	25,1

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7	8
Обсяг та повнота отриманої інформації	0,063	0,079	0,01	0,083	0,04	0,055	5,5
Об'єктивність отримання інформація	0,063	0,132	0,3	0,25	0,12	0,173	17,3

Таблиця 10

Ваги рядків альтернатив по вартості впровадження та експлуатації системи

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5	Середнє значення	Вага у відсотках, %
Варіант 1	0,044	0,022	0,021	0,067	0,03	0,037	3,7
Варіант 2	0,131	0,065	0,035	0,087	0,037	0,071	7,1
Варіант 3	0,217	0,196	0,105	0,121	0,049	0,148	14,8
Варіант 4	0,391	0,457	0,52	0,61	0,148	0,425	42,5
Варіант 5	0,217	0,261	0,315	0,121	0,03	0,189	18,9

Таблиця 11

Ваги рядків альтернатив по оперативності отримання інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5	Середнє значення	Вага у відсотках, %
Варіант 1	0,215	0,317	0,186	0,258	0,309	0,257	25,7
Варіант 2	0,072	0,106	0,112	0,226	0,186	0,14	14
Варіант 3	0,644	0,528	0,56	0,29	0,433	0,491	49,1
Варіант 4	0,027	0,015	0,062	0,032	0,01	0,029	2,9
Варіант 5	0,043	0,035	0,08	0,194	0,062	0,062	6,2

Таблиця 12

Ваги рядків альтернатив по достовірності інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5	Середнє значення	Вага у відсотках, %
Варіант 1	0,095	0,05	0,2	0,102	0,185	0,126	12,6
Варіант 2	0,285	0,15	0,28	0,122	0,301	0,228	22,8
Варіант 3	0,019	0,021	0,04	0,077	0,015	0,035	3,5
Варіант 4	0,57	0,749	0,32	0,612	0,431	0,536	53,6
Варіант 5	0,032	0,03	0,16	0,087	0,062	0,074	7,4

Таблиця 13

Ваги рядків альтернатив по обсягу та повноті отриманої інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5	Середнє значення	Вага у відсотках, %
Варіант 1	0,499	0,621	0,292	0,398	0,41	0,444	44,4
Варіант 2	0,167	0,207	0,25	0,398	0,246	0,209	20,9
Варіант 3	0,071	0,035	0,042	0,027	0,016	0,038	3,8
Варіант 4	0,167	0,069	0,208	0,133	0,246	0,165	16,5
Варіант 5	0,01	0,069	0,208	0,044	0,082	0,083	8,3

Визначивши ІУ та ВУ, знаходимо загальну узгодженості (ЗУ) (для матриць розмірності більше 2) за формулою:

$$ЗУ = \frac{ІУ}{ВУ}, \quad (2.2)$$

Якщо для конкретної матриці виявиться, що $-0,1 < ЗУ < 0,1$, можна стверджувати, що судження

експерта, на основі яких заповнена досліджувана матриця, сильно неузгоджені, й потрібно заповнити матрицю знову, більш уважно використовуючи при цьому шкалу парних порівнянь. У іншому випадку судження експерта приймаються.

Обчислимо загальну узгодженість по матриць парних порівнянь критеріїв:

Таблиця 14

Ваги рядків альтернатив по об'єктивності отримання інформації

Альтернативи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5	Середнє значення	Вага у відсотках, %
Варіант 1	0,56	0,525	0,642	0,36	0,429	0,503	50,3
Варіант 2	0,112	0,105	0,071	0,2	0,184	0,134	13,4
Варіант 3	0,186	0,315	0,214	0,28	0,306	0,26	26
Варіант 4	0,062	0,021	0,031	0,04	0,02	0,035	3,5
Варіант 5	0,08	0,035	0,043	0,12	0,061	0,068	6,8

Таблиця 15

Значення величини випадкової узгодженості

Розмірність матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

1) Для критеріїв вибору КРСМД

$$\lambda = 5,333 \cdot 0,246 + 2,533 \cdot 0,407 + 3,333 \cdot 0,251 + 12 \cdot 0,055 + 8,333 \cdot 0,173 = 5,281;$$

$$IU = \frac{5,281 - 5}{5 - 1} = 0,07$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$. Тоді $ZU = IU/BU = 0,07/1,12 = 0,06$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

2) Для альтернатив по вартості впровадження та експлуатації системи

$$\lambda = 23 \cdot 0,037 + 15,333 \cdot 0,071 + 9,533 \cdot 0,148 + 1,65 \cdot 0,425 + 6,78 \cdot 0,189 = 5,333;$$

$$IU = \frac{4,278 - 5}{5 - 1} = 0,083$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$. Тоді $ZU = IU/BU = 0,083/1,12 = 0,074$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

3) Для альтернатив по оперативності отримання інформації

$$\lambda = 4,658 \cdot 0,257 + 9,476 \cdot 0,14 + 1,787 \cdot 0,491 + 31 \cdot 0,029 + 16,167 \cdot 0,062 = 5,303;$$

$$IU = \frac{5,303 - 5}{5 - 1} = 0,076$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$. Тоді $ZU = IU/BU = 0,076/1,12 = 0,068$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

4) Для альтернатив по достовірності отриманої інформації

$$\lambda = 10,533 \cdot 0,126 + 6,676 \cdot 0,228 + 25 \cdot 0,035 + 1,635 \cdot 0,536 + 16,25 \cdot 0,074 = 4,609;$$

$$IU = \frac{4,609 - 5}{5 - 1} = -0,098$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$.

Тоді $ZU = IU/BU = -0,098/1,12 = -0,088$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

5) Для альтернатив по обсягу та повноті отриманої інформації

$$\lambda = 2,001 \cdot 0,444 + 4,833 \cdot 0,209 + 24 \cdot 0,038 + 7,533 \cdot 0,165 + 12,2 \cdot 0,083 = 5,066;$$

$$IU = \frac{5,066 - 5}{5 - 1} = 0,017$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$. Тоді $ZU = IU/BU = 0,017/1,12 = 0,015$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

6) Для альтернатив по обсягу та повноті отриманої інформації

$$\lambda = 1,787 \cdot 0,503 + 9,533 \cdot 0,134 + 4,676 \cdot 0,26 + 25 \cdot 0,035 + 16,333 \cdot 0,068 = 5,378;$$

$$IU = \frac{5,378 - 5}{5 - 1} = 0,095$$

Для $n=5$ із табл. 16 отримуємо $BU=1,12$. Тоді $ZU = IU/BU = 0,095/1,12 = 0,085$. Отримане значення ZU відповідає залежності $-0,1 < ZU < 0,1$, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

В результаті пунктів 2.2 та 2.3 сформовано:

– вектор ваг критеріїв;
– матриця ваг альтернатив по кожному критерію (яка складається з отриманих вагових стовпців).

Визначення ваг альтернатив. Помножуючи отримані у пункті 2.2 матриці на стовпець за правилом рядок на стовпець (матричне), отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення мети:

$$\begin{pmatrix} 0,037 & 0,257 & 0,126 & 0,444 & 0,503 \\ 0,071 & 0,14 & 0,228 & 0,209 & 0,134 \\ 0,148 & 0,491 & 0,035 & 0,038 & 0,26 \\ 0,425 & 0,029 & 0,536 & 0,165 & 0,035 \\ 0,189 & 0,062 & 0,074 & 0,083 & 0,068 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,246 \\ 0,407 \\ 0,251 \\ 0,055 \\ 0,173 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,257 \\ 0,166 \\ 0,292 \\ 0,266 \\ 0,107 \end{pmatrix}$$

В результаті отримуємо ваги альтернатив з вибору найоптимальнішої КРСМД.

Ваги альтернатив з точки зору досягнення мети

	Вага у частках	Вага у %
Варіант 1	0,257	27,7
Варіант 2	0,166	16,6
Варіант 3	0,292	29,2
Варіант 4	0,266	26,6
Варіант 5	0,107	10,7

Таким чином, Варіант 3 є найбільш привабливою для поставленої мети.

Висновки. Першочергова увага до охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, забезпечення екологічної і техногенної безпеки життєдіяльності населення – беззаперечна умова сталого розвитку регіону і, в цілому, країни. Державна система моніторингу довкілля України може бути успішно реалізована тільки за умови належного функціонування регіональних систем МД. Адже системи моніторингу довкілля областей організаційно інтегровані в ДСМД. Загалом це потужна багатофункціональна інформаційно-аналітична система, яка узгодженими спільними зусиллями усіх суб'єктів МД [7].

Розрахунки показали, що оптимальним для створеної РКСМД є комбінована система моніторингу довкілля з використанням вимірювальних та індикативних засобів спостереження. Актуальна та

достовірна екологічна інформація отримана за допомогою такої системи має стати необхідним ресурсом для роботи державної системи природоохоронного управління. Навчання щодо набуття досвіду й практики використання екологічної інформації в державному управлінні призведе до підвищення її ролі та значення у процесі прийняття управлінських рішень, і як наслідок – суттєвого підвищення їх оперативності і дієвості. Прийняття управлінських рішень у сфері захисту довкілля на основі об'єктивних та якісних даних моніторингу довкілля, також позитивно вплине на рівень довіри населення до державного управління у цій сфері [8].

Перспективи використання результатів дослідження. Результати представлені у статті сприятимуть оптимізації здійснення моніторингу довкілля, отримання первинних даних, підготовки на їх основі звітності, інформації для громадськості щодо стану довкілля в межах регіону.

Література

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.91 р. № 1264-XI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 22.07.2023).
2. Проектування систем моніторингу та принципи раціональної організації спостережень. *Екологічний моніторинг* : веб-сайт. URL: https://stud.com.ua/135905/ekologiya/proektuvannya_sistem_monitoringu_printsipy_ratsionalnoyi_organizatsiyi_sposterezhen (дата звернення: 28.07.2023).
3. Коваленко Ю. Л. Моніторинг довкілля : конспект лекцій для студентів 2 і 3 курсів денної та 3 курсу заочної форм навчання за спеціальностями 183 – Технології захисту навколишнього середовища та 101 – Екологія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 144 с.
4. Метод аналізу ієрархій. *Методи прийняття рішень* : веб-сайт. URL: <https://dss.tg.ck.ua/ahp-help> (дата звернення: 05.08.2023).
5. Словник української мови. *Академічний тлумачний словник* : веб-сайт. URL: <http://sum.in.ua/s/vartistj> (дата звернення: 06.08.2023).
6. Сутність інформації та роль інформації системи в управлінні економічної діяльності організації. *Інформаційні системи і технології в управлінні організацією* : веб-сайт. URL: https://pidru4niki.com/74218/informatika/sutnist_informatsiyi_rol_informatsiyanoi_sistemi_upravlinni_ekonomichniiy_diyalnosti_organizatsiyi (дата звернення: 12.08.2023).
7. Поп С. С., Шароді І.С., Шароді В.В. Моніторинг навколишнього природного середовища : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Ужгород: УжНУ, 2020. 82 с.
8. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля : аналітична записка/Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf (дата звернення: 20.08.2023).

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖИ МІСТА КИЄВА

Шевченко Р.Ю., Мовчан М.М.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

Означені наукові засади організації еколого-картографічного моніторингу та географічному рекогносцируванню екологічної мережі м. Києва. Наукова проблема географічного та екологічного вивчення каркасу екомережі м. Києва картографічними методами моніторингу розв'язана не повною мірою, отже, потребує нових підходів, особливо із залученням інноваційних технологій цифрового картографування та математико-картографічного алгоритмічного моделювання.

Природно-заповідний фонд м. Києва надзвичайно різноманітний та багатформатний. В статті представлений матеріал з класифікації територіальної організації кластерів екомережі мегаполісу: екологічні коридори, екологічні ядра, екологічні модулі. Дискретні складові екомережі Києва представлені на розробленій картографічній моделі «Проект елементів екологічної мережі на 2023 р.».

Особливу увагу приділено сучасним екооб'єктам столиці – це ревіталізовані долини малих річок, озер, боліт та інших складових природно-територіального комплексу Києва. Проведені окремі еколого-географічні експедиції влітку 2023 р. до басейну озера Тельбін (лівий берег Дніпра) та у ренатуралізовану долину р. Коноплянка (правий берег Дніпра). Результатом рекогносцирування стала картографічна модель еколого-туристичної та рекреаційної стежки за пагорбами знакових урочищ північно-західної частини міста. Це практична апробація залучення нових сегментів природно-заповідного фонду до коридорів екомережі Києва. У дослідженні представлені авторські світлини природоохоронних ексклюзивів довкілля.

Розроблений алгоритм еколого-географічного геоінформаційного картографування екомережі м. Києва за допомогою космічних та наземних систем дистанційного зондування Землі. Важливою складовою алгоритму є його практичне впровадження для потреб екологічного туризму та рекреаційної діяльності у системі мобільного навігаційного обладнання дослідників або рекреантів. Як наслідок успішної роботи алгоритму укладена у середовищі ГІС ArcGIS «Прогнозна ортокосмофотокарта зруйнованих екокоридорів екомережі м. Києва під час руйнації греблі Київської ГЕС».

Розроблений математичний апарат картографо-алгебраїчного моделювання стану стійкості функціонування проектного каркасу екомережі м. Києва. Розрахований високий природно-рекреаційний геопотенціал м. Києва. Одержані відповідні показники досить важливі під час розробки та затвердження Генерального плану розвитку м. Києва до 2050 р., де вперше екомережа буде зазначена як кластер сталого розвитку столиці України під час післявоєнної відбудови. *Ключові слова:* екологічна мережа, екокаркас, природно-територіальний комплекс, картографічна модель екомережі, математико-картографічне моделювання, туризм та рекреаційна діяльність.

Monitoring of the Ecological Network of the city of Kyiv. Shevchenko R., Movchan M.

The article is devoted to the scientific principles of the organization of ecological and cartographic monitoring and geographic reconnaissance of the Ecological Network of the city of Kyiv. The scientific problem of geographical and ecological study of the framework of the Kyiv Econetwork by cartographic monitoring methods is not completely solved and needed new approaches, especially with the involvement of innovative technologies of digital mapping and mathematical-cartographic algorithmic modeling.

The nature reserve fund of the city of Kyiv is extremely diverse and multiformal. The article presents material on the classification of the territorial organization of the megalopolis Econetwork clusters: Ecological Corridors, Ecological Cores, Ecological Modules. Discrete components of the Kyiv Econetwork are presented on the developed cartographic model «Project of Ecological Network elements for 2023».

Special attention in the publication is drawn to the newest objects of the Kyiv Econetwork. These are revitalized valleys of small rivers, lakes, swamps and other components of the natural and territorial complex of the capital of Ukraine. Separate ecological and geographical expeditions were conducted in the summer of 2023 to the basin of Lake Telbin (left bank of the Dnieper) and to the renaturalized valley of the Konoplyanka River (right bank of the Dnieper). The result of the reconnaissance was a cartographic model of the ecotourist and recreational trail along the hills of prominent tracts of the northwestern part of the city. This is a practical test of attracting new segments of the nature reserve fund to the corridors of the Kyiv Econetwork. The work presents author's photos of nature conservation exclusives of the Econetwork.

The algorithm of ecological-geographic geoinformational mapping of the Econetwork of the city of Kyiv with the help of space and ground systems of remote sensing of the Earth was developed. An important component of the algorithm is its practical implementation for the needs of ecological tourism and recreational activities in the system of mobile navigation equipment of researchers or recreationists. As a result of the successful operation of the algorithm, the «Prognostic orthocosmophotomap of the destroyed Ecocorridors of the Ecogrid of the city of Kyiv during the destruction of the Kyiv HPP dam» was compiled in the ArcGIS GIS environment.

A mathematical apparatus for cartographic-algebraic modeling of the state of sustainability of the functioning of the project framework of the Kyiv Econetwork was developed. The calculated high natural and recreational geopotential of the Econetwork of the city of Kyiv. The corresponding indicators are important in the development and approval of the General Development Plan of the city of Kyiv until 2050, where for the first time the Econetwork will be indicated as a cluster of sustainable development of the capital of Ukraine during the post-war reconstruction. *Key words:* Ecological Network, Ecoframework, natural-territorial complex, cartographic model of the Econetwork, mathematical-cartographic modeling, tourism and recreational activity.

Постановка проблеми. Місто Київ розташоване в північній частині України на межі двох фізико-географічних зон: Лісостепу із зоною змішаних та широколистяних лісів та Полісся із невеликими заболоченими територіями у північно-західній частині мегаполісу (Романівське болото) та на заході міста (болото Колпит). Кліматичні умови території відповідають середньоконтинентальному клімату із гібридними елементами озерного, що формує велика акваторія Київського водосховища.

Унікальне фізико-географічне розташування столиці України визначається надзвичайно важливими факторами формування ексклюзивної екомережі, яка є невід'ємною частиною національного та європейського еколого-захисного та природоохоронного ланцюга «Смарагдової мережі». складовою частиною спеціальних екологічних коридорів у вигляді національного та регіональних природних парків, геологічних, ботанічних та гідрологічних пам'яток природи, що формують її туристично-рекреаційний потенціал.

Досвід природоохоронної діяльності, напрацьований у Департаменті захисту довкілля та адаптації до кліматичних змін Київської міської державної адміністрації, свідчить, що розгалужена екомережа мегаполісу та агломерації є експериментальним полігоном апробації загальноєвропейської стратегії біологічного та ландшафтного різноманіття [1].

Відомо, що функціонування природно-територіального комплексу у мегаполісах визначається високим рівнем соціально-економічного комфорту для територіальної громади. Це, насамперед, розвиток інженерної та технологічної інфраструктури у виробничому секторі економіки великого міста. Патогенним наслідком розвитку інноваційних технологій розвитку урбосфери та техносфери, є генерування екологічних проблем та деградація на рівні біогеоценозів об'єктів природно-заповідного фонду. Показовий приклад – знищення урочищ в районі острова Жукова, потенційне зникнення осокорківських ландшафтів, перетворення каскаду озер у Дарницькому районі у небезпечні відстійники отруйних речовин, тощо.

Джерелом катастрофічного забруднення заповідних територій у столиці стає розвиток транспортної, енергетичної та радіотелекомунікаційної інфраструктури, трансформація та зміна функціонального призначення лукових земель на півночі Києва, наприклад, під час будівництва в Оболонському районі нової ділянки Великої кільцевої дороги. Таким чином, внаслідок фрагментації системи природоохоронних земель Києва, зникають цілі площі екосистем (наприклад, долина р. Коноплянка дефрагментована при будівництві ЖК «Паркове місто» на Пріорці).

Вище викладені проблеми функціонування екомережі в м. Києві завдають непоправного негативного впливу на міграцію представників фауни, ізоляції популяцій в закритих рекреаціях приватних

житлових комплексів, значно знижується та збіднюється продуктивність екосистем і, як наслідок, – постає проблема якості життя територіальної громади, поширення ендемічних хвороб, спричинених призупиненням процесів самооздоровлення екомереж та екосистем в місті. Такі фактор-ризиків підвищуються загальнопланетарними змінами у мікрокліматі, гідрогеологічними умовами, в тому числі, і внаслідок ракетно-бомбових ударів по місту.

Розв'язання проблем віддзеркалюється у площині формулювання методики організації та реалізації програм гармонійного функціонування екосистем м. Києва на основі наукової концепції прийомів-заходів запобігання дефрагментації середовища екомережі столиці.

Актуальність дослідження. Екомережа міста Києва функціонує також в системі юридично-правового забезпечення її охорони [3, 4]. Її розбудова та розгортання розглядається як мультимасштабна процедура в царині законодавчого, соціально-політичного, економічного забезпечення на науково-методологічних засадах. Під час її впровадження буде забезпечена робота регулюючої системи збереження навколишнього природного середовища, раціональна оптимізація ландшафтно-територіальних систем, запобігання зникненню генофонду міської флори та фауни та переведення муніципальної заповідної справи на вищі щаблі управління у системі екологічної безпеки мегаполісу. Це стане актуалізованим поштовхом для розроблення наукових екологічних проектів моніторингу природоохоронної екомережі м. Києва у напрямку поліпшення стану міської екосистеми та підвищити безпеку життєдіяльності київської міської територіальної громади.

Важливим актуальним завданням є порівняльний картографічний аудит екомереж міста у плінні часу, запровадження геоінформаційних систем під час укладання електронних абрисів, пікетажних журналів, планів, схем, карт, серій карт, атласів, а також тематичних геопорталів у картографічних ресурсах Інтернету. Впровадження технологій аерокосмічної зйомки й дистанційного зондування під час автоматизованому дешифруванні об'єктів екомережі міста підвищить якість геовізуалізації результатів моніторингу.

Для потреб екологічної безпеки м. Києва актуальним є картографічне забезпечення еколого-природоохоронного рекогносцирування територій при проектуванні екомереж в рамках адміністративно-територіального устрою м. Києва на відповідних рівнях управління: районах, історико-топонімічних одиницях, житлових масивах та комплексах різної форми власності.

Екомережа м. Києва потребує також перманентного еколого-географічного моніторингу з метою деталізованого екологічного аудиту та контролю якості довкілля, її природно-територіальних компонентів за відповідними розробленими критеріями.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Правовою основою наукових досліджень з метою формування методологічних засад моніторингу екомережі м. Києва є Закони України: «Про природно-заповідний фонд України» та «Про екологічну мережу України» [5].

Інструментами впровадження та апробація досліджень проводяться в рамках Всеєвропейської стратегії збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. У рамках розвитку в Україні європейської мережі природоохоронних територій «Смарагдова мережа», київські природно-заповідні території отримують перспективний інструментарій моніторингу, охорони та сталого розвитку [2].

Науковці кафедра заповідної справи та рекреаційної діяльності Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління накопичила значний практичний досвід проведення аудиту ПЗФ м. Києва, зокрема, брали активну участь у розробці проекту організації території регіонального ландшафтного парку «Парк партизанської слави» в Дарницькому районі м. Києва. Є доробки в галузі картографічного визначення структурних елементів екомереж, принципів та етапів її формування. Відповідні теоретичні та практичні основи подаються в якості навчального та методичного матеріалу під час курсів підвищення кваліфікації.

Досвід моніторингу екомереж м. Києва кореспондується та ґрунтується на розробках Інституту екології Карпат НАН України, Інституту еволюційної екології НАН України, науково-дослідних лабораторій інженерно-екологічних, природоохоронних та туристичних досліджень Київського та Львівського національних університетів [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні та закордоном сформульовані чимало методологічних прийомів проектування, формування та моніторингу екологічних мереж у великих містах. Центральним аспектом наукових досліджень постають методика реалізації моніторингу при проєктуванні національних екологічних мереж.

В Україні дослідниками розвитку та формування екомереж присвячені роботи: Г. Парчука, О. Дудкіна, Ю. Шеляг-Сосонко [12]. В працях [6, 9, 13] описуються технології проектування та створення планово-картографічних матеріалів екомережі на загальнодержавному рівні. Їх постулати спираються на матеріалах генерального планування території України.

Вченими Києво-Могилянської академії та географами-екологами Карпатського краю В. Брусак, П. Третьяком, О. Кагало, Д. Кричевською, Ю. Зінько [6] розроблені методичні прийоми формування екомереж на рівні адміністративно-територіальної одиниці – області [8].

Європейські традиції проектування, створення та моніторингу екомереж спрямовані на збереження

у переважній більшості руральних (сільських) ландшафтів. Акцентується увага на моніторингу екокоридорів екомереж, як головних структурних компонентів екологічних мереж територій. Як наслідок реалізації відповідних проєктів – сформовані спеціалізовані тематичні картосхеми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячена означена стаття. Проведений аналіз наукових джерел та публікацій виявив недостатню розроблену методику проектування міських екомереж. Не сформульовані математичні засади кореляційного та параметричного аналізу картографічних матеріалів м. Києва для потреб моніторингу об'єктів ПЗФ. Не здійснювався аудит пов'язаності природного та техногенного ландшафту, наприклад, у штучних екомережах столиці.

Фактично відсутня наукова парадигма формування методичних прийомів моніторингу екомережі м. Києва, які повинні мати набір спеціальних сигнатур. Це пов'язано із необхідністю достатньо великомасштабної картографічної деталізації при візуалізації проєктів на основі даних дистанційного зондування, що сприятиме проєктам територіальної організації екомереж у столиці ландшафтно-територіальної зв'язаності в застосуванні технологій створення дійсних ортофотопланів.

Отже, не розв'язаними на сьогодні є такі проблеми: відсутність узагальненого картографо-математичного алгоритму складання план-схеми екологічної мережі м. Києва та технології її оцифрування (окрім реалізованої програми укладання цифрової карти дерев м. Києва); формулювання засадничих модулів аудиту мережевої структури в масштабах київського мегаполісу, а також розроблення методики апробації алгоритму на прикладі окремо взятого об'єкту екомережі м. Києва (річка Коноплянка басейну р. Почайна, рекреаційна зона Труханового острова, озеро Тельбин).

Новизна. Запроваджено інноваційну технологію проектування екологічних мереж у м. Києві, а саме математико-картографічне моделювання природно-техногенного каркасу кластерів екомережі. Методом ітерацій визначаються геопросторові параметри архітектури контурів складових елементів природоохоронних екосистем, які об'єднуються у рекреаційні екокоридори, наприклад, долина річок Дніпро та Десенка-Чорторій.

Вдосконалено систему географічної архітектури природно-територіального комплексу. Відповідно визначаються геопросторові компоненти екомережі на наступних рівнях: природно-техногенні екомережі, урботериторіальні екокоридори, біосферні рекреаційні локалітети, кластери, пам'ятки природи, як одиниці складової системи екомережі.

Укладена актуальна космофотокарта екомережі м. Києва та її дистрикції під час прориву (підриву) Київської ГЕС та визначення зони затоплень ПЗФ м. Києва.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Концепція засад моніторингу та аудиту екомережі м. Києва ґрунтується на загальноукраїнській концепції та методиці проектування екологічних мереж.

Методологічну значимість отримали прийоми укладання картографічних моделей та виділення кластерних природоохоронних територій урбоєкомережі на основі цифрового ортофотоплану.

Сформульована наукова ієрархічна парадигма «Екологічна мережа – екологічний коридор – екологічний кластер» за алгебраїчною методикою найменших квадратів. Кластери в екомережах визначені, як центральні елементи формування природно-заповідного фонду міста. Їх геодезичне значення полягає у відігриванні координатної ролі у визначенні географічного місцеположення, які є важливими при проектуванні еколого-туристичних маршрутів. Вони визначаються (маркуються) відповідними еколандмарками функціональних зон ПЗФ території міста. Тобто екокластери екомережі м. Києва є визначними у картографічному проектуванні каркасів екомережі в трансформованому природно-антропогенному ландшафті київської агломерації. Відповідного значення вони набуватимуть при моніторингу екосистем, біотопів, ареалів флори та фауни екомереж тощо.

Знайшло подальший розвиток практика еколого-географічного рекогносцирування м. Києва для потреб туризму, рекреації, природно-заповідної справи.

Виклад основного матеріалу. Згідно географії елементів національної екологічної мережі загальнодержавного значення територіально визначені чотирнадцять природно-екологічних регіонів (країв). Місто Київ відноситься одночасно до Центральної та Поліської фізико-географічної зон.

Муніципальна екомережа м. Києва формувалася (з точки зору картографування та географічного опису) у такому хронологічному порядку: друга половина 1990-х рр. – середина 2000-х рр., 2005 – по теперішній час. Перший період означався визначенням площ окремих елементів ПЗФ засобами традиційної топографо-геодезичної зйомки та тематичним картографуванням. Результатом геовізуалізації відповідних екологічних геопросторових даних став «Екологічний атлас м. Києва», виданий у 2003 р. на замовлення Київської міської державної адміністрації. Виконавцями проекту були еколого-географи та картографи Ради з вивчення продуктивних сил НАН України під керівництвом проф. В. Барановського.

Моніторинг екомережі, згідно з проектом атласного екологічного картографування території м. Києва, реалізується за відповідними настановами. Моніторингова програма дослідження екомережі має забезпечуватися системним підходом щодо цілісності всіх біогеоценозів міста, незалежно від трансформації чи дегредації. Таким чином, визначаються цілісні екосистемні функції каркасних елементів екологічної мережі. Паралельно вивча-

ються природні ресурси території міста. Деталізація більше торкається природних пам'яток, що мають значний рекреаційний потенціал.

Для потреб екологічного туризму та рекреації розраховуються втрати від їх впливу на природні та антропогенно-промислові території, де локалізовані ареали рослинних біомів природного походження, занесених до Червоної та Зеленої книг України.

Першим успішним реалізованим проектом ревіталізації територій екомережі м. Києва стало відновлення фізико-хімічного стану, біологічного різноманіття, еколого-географічного вивчення та деталізованого геоінформаційного картографування озера Тельбин на Березняках (рис. 1).

Головною науковою ціллю формування муніципальної екологічної мережі стає збільшення природоохоронних зон з мінімально трансформованим природним ландшафтом або доведення деградованих природно-територіальних екосистем до оптимальних показників збереження різноманітності біогеоценозів, що визначається внаслідок реалізації перманентного моніторингу.

Розглянемо структурно-географічні компоненти муніципальної екомережі м. Києва:

1. *Території та об'єкти ПЗФ загальнодержавного значення, як основні елементи екологічної мережі:* Національний природний парк «Голосіївський», в складі якого локалізований парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Голосіївський парк ім. М. Рильського», а також схили туристично-рекреаційного призначення біля Інституту фізики НАН України. Загальна площа територій становить 8474,7 га.

2. *Окремі парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення:* «Святошинський лісопарк», «Пуща-Водицький лісопарк», Маріїнський парк, парк «Сирецький гай», Парк «Нивки» (східна частина), парк «Володимирська гірка», «Парк Наталка». Загальна площа становить 880,1 га.

3. *Пам'ятки природи загальнодержавного значення:* «Романівське болото» та Київський зоологічний парк загальнодержавного значення, загальною площею 9410 га.

4. *Території та об'єкти ПЗФ місцевого значення (еколандцюги екомережі м. Києва).*

4.1. *Регіональні ландшафтні парки:* «Партизанська Слава», Дніпровські острови (34 острови), «Смородинський». Загальна площа 1336,2 га.

4.2. *Заказники ландшафтні:* «Жуків острів», «Пляховий», «Пуща-Водиця», «Муромець-Лопуховате», «Зелене озеро» (Поділ), «Осокорківські луки», «Труханів острів». Їх загальна площа становить 1185,7 га.

4.3. *Заказники ботанічні:* «Дачний» (КП «ЛПГ «Конча-Заспа»), «Березовий гай» (Броварське лісництво), «Біла діброва» та «Рибне» (КП «Дарницьке ЛПГ»). Загальною площею – 15,0 га.



Рис. 1. Озеро Тельбін із ревіталізованою набережною та пляжно-рекреаційною зоною

4.4. *Заказники загальнозоологічні:* «Бобрівня» (розташований на території парку Муромець), «Річка Любка» (Святошинський район), «Межигірський» (Оболонський район, Межигірське л-во: кв. 2 вид. 22), «Межигірсько-Пуща-Водицький». Загальна площа становить: 2144,2 га.

4.5. *Заказник іхтіологічно-ботанічний:* «Озеро Вербне» на території житлового масиву Оболонь.

5. *Пам'ятки природи:* вікові дерева дуба (5 дерев, Голосіївський район, дачне л-во, кв. 51 вид. 2, кв. 47 вид. 29); «Вікові дерева Дуба і Сосни» (Деснянський район, Броварське лісництво, кв. 22 вид. 2, кв. 33 вид. 10, кв. 59 вид. 23, кв. 70 вид. 6); дуб «Бай-Бай» (Оболонський район, Пуща-Водицьке л-во: кв. 112 вид. 9); «Колекція лісовода Вінтера С.В.» (Оболонський район, Пуща-Водицьке л-во: кв. 11 вид. 25); вікові дуби на вул. Омеляновича-Павленка, 7; вул. Вишгородська, 51 тощо. Їх загальна кількість 121 одиниця.

6. *Міські паркові зони.* Їх загальна площа складає 206,3 га.

Робоча картографічна схема екологічної екомережі м. Києва представлена на рис. 2.

Для укладання картографічної моделі (рис. 2) реперними матеріалами були порівняльні карто-схеми еколого-географічного рекогносцирування місцевостей м. Києва (польові еколого-краснзавчі експедиції були проведені протягом літа 2023 р.), матеріали аерокосмічної зйомки, дистанційного зондування та БПЛА-картографування, звід об'єктів ПЗФ, які занесені до «Екологічного паспорту

м. Києва», архівні картографічні матеріали залу картографії Національної бібліотеки України ім. В. Вернадського, картографічні ресурси та сервіси Інтернету (геопортали).

Важливою задачею при укладанні відповідної картографічної моделі постала розв'язання наукової проблеми організації моніторингу за екомережею м. Києва та аудит її структури.

Екологічна мережа м. Києва є фрактально-дискретною системою. Наприклад, анклав територій НПП «Голосіївський». Фрактально-дискретна система екомережі м. Києва включає кластерно-каркасні елементи, які позначені у легенді карти на рис. 2: *екологічні ядра* – це важливі природні не трансформовані урбосферою м. Києва території; *екологічні коридори, буферні біфуркаційні зони та ревіталізаційні території* також відіграють ключову роль в системі природо заповідання міських територій.

Екологічні ядра екомережі м. Києва – це локації максимальних показників біорозмаїття флори та фауни.

Екологічні ядра – це також акваторії долини річок. Дніпра, Десни-Чорторого, Либіді, Почайної, Серця, Дарниці, Віти-Поштової – місця заповідні, максимально інтегровані до міського урбопромислового природно-територіального комплексу. Відповідні екоядра виступають екоархітектурним каркасом екологічної мережі мегаполісу.

Екологічні коридори екомережі м. Києва локалізуються у важливих ділянках природної території.

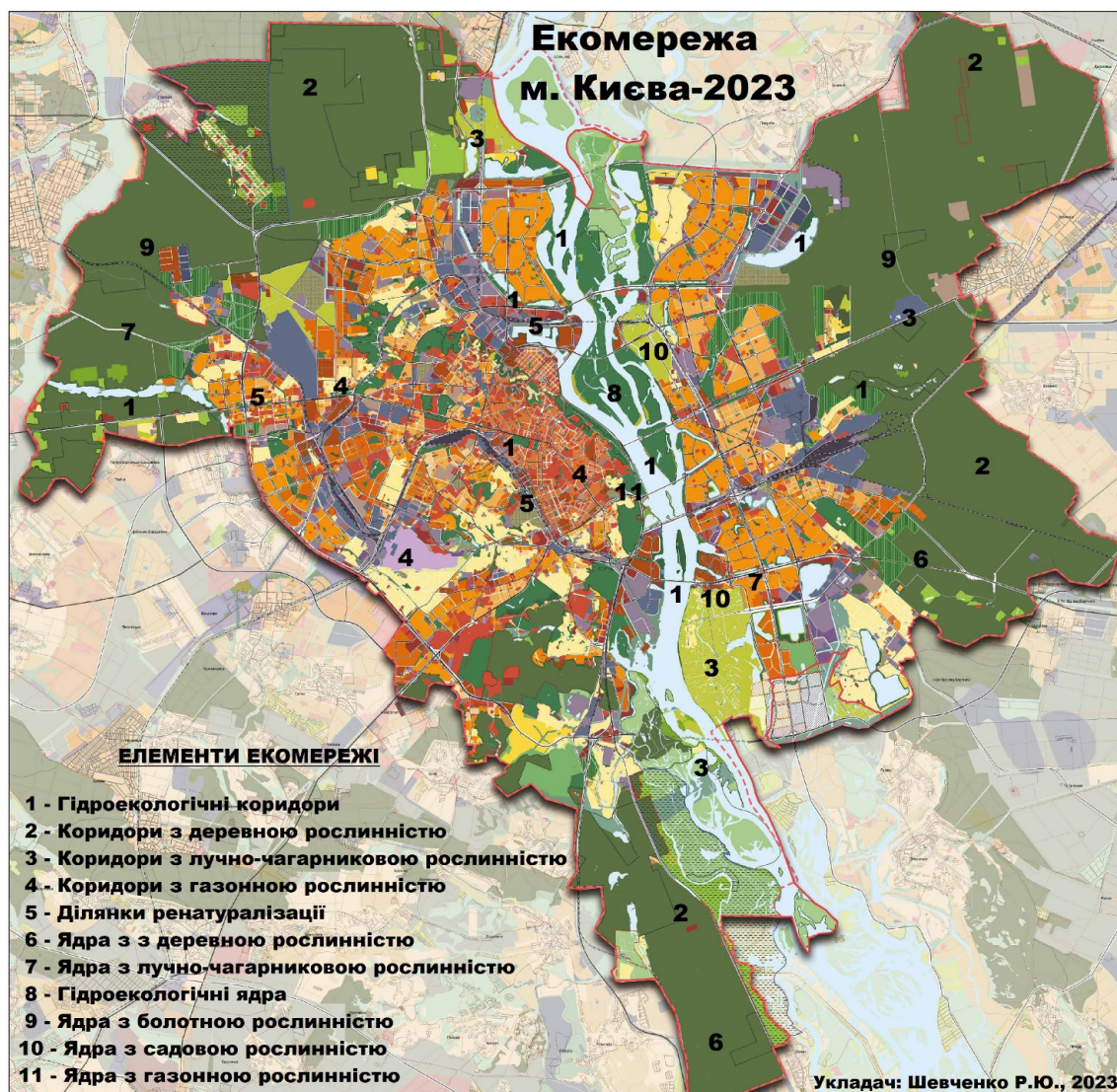


Рис. 2. Елементи екологічної мережі на 2023 р.

Як правило, вони доводяться до природного стану у долинах малих річок міста. Наприклад, річка Коноплянка, яка розпочинає свою течію з Вітряних гір Подільського району м. Києва (північно-західна частина мегаполісу). Тут забезпечуються умови неперервності, системної єдності і максимального рівня біокомунікацій трансформованого біогеоценозу (рис. 3). Відповідні ревіталізаційні процеси сприяють розвитку екологічного туризму, рекреаційного екскурсознавства, підвищення атрактивної привабливості м. Києва. На рис. 4 представлена еколого-туристична карта урочищ Кінь-Грусть, гора Кристера, долина р. Коноплянка. На карті відображені важливі об'єкти ПЗФ м. Києва, віднесені до екомережі міста.

Буферні території екомережі м. Києва відіграють захисні функції та протекцію біогеоценозів від патогенних ендогенних та екзогенних впливів розвитку мегаполісу. Фактично – це території міста з трансформованими природно-техногенними ланд-

шафтами, які виникли на місці колишніх промислових зон, а саме: Почайної, Притики, Дарницького промислового центру, Деміївки, Берестейщини та Шулявщини.

Також, при проектуванні екомережі м. Києва треба враховувати фактор військового стану, потенційних загроз, що виникають внаслідок адаптації до кліматичних, гідрологічних та геологічних змін. Програма моніторингу необхідно виконувати у наступному алгоритмі [10]: збір моніторингової інформації (дані ДЗЗ та БПЛА-технологій), ідентифікація, дешифрування та інтерпретація, формування картографічної бази даних умовних позначень для фотокосмокарти (рис. 5).

Укладена ГІС-модель впливу на екомережу м. Києва надзвичайної повені внаслідок руйнування греблі Київської ГЕС (рис. 6).

Важливою складовою моніторингу екомережі м. Києва є математико-картографічне моделювання її розвитку. Передкартографічні роботи включа-



Рис. 3. Витік р. Коноплянка

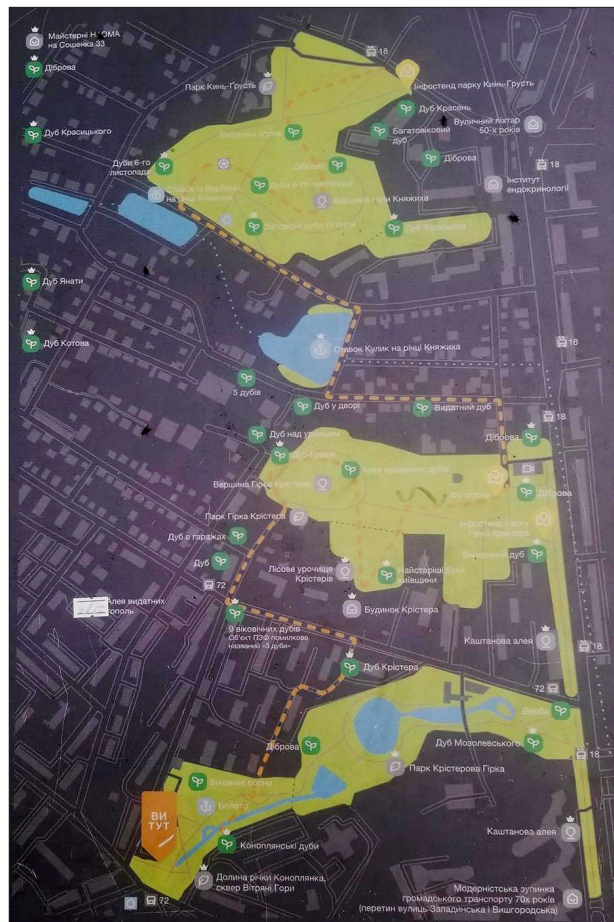


Рис. 4. Еколого-туристична карта за ключовими об'єктами екомережі урочищ північно-західних передмість м. Києва

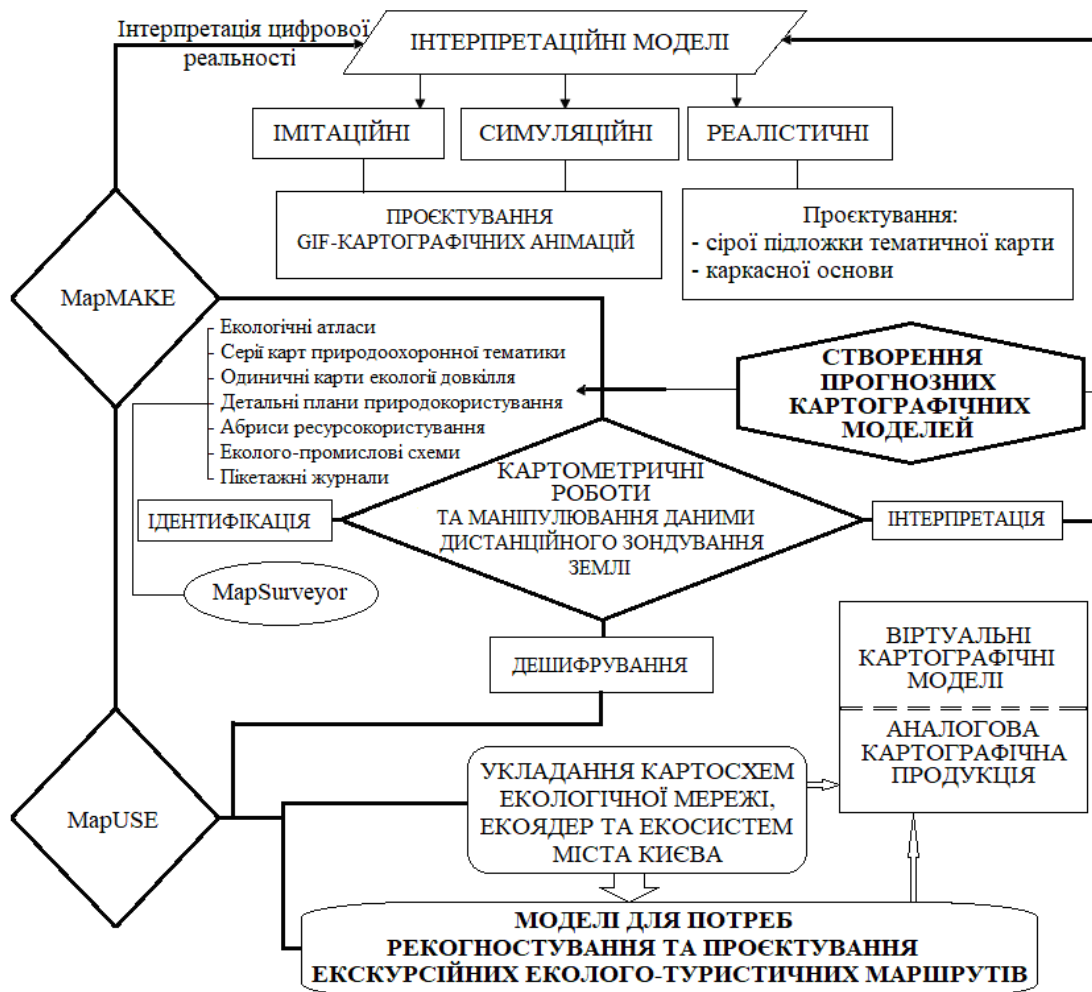


Рис. 5. Алгоритм моніторингового картографування екомережі м. Києва та її застосування для потреб туристсько-рекреаційної діяльності

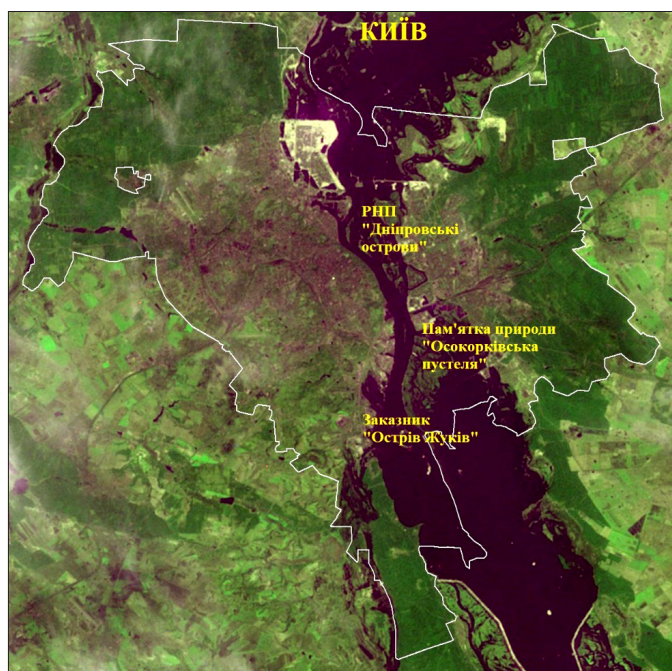


Рис. 6. Прогнозна ортокосмофотокарта зруйнованих екокоридорів екомережі м. Києва під час руйнації греблі Київської ГЕС

ють виділення основних об'єктів екомережі міста (природні ядра): Дніпровські острови, зелений пояс міста Києва (Голосіївський, Дарницький та Конча-Заспинський ліси та лісопарки); Центральний парк м. Києва, що включає Володимирську гірку, парки: Хрещатий, Маріїнський, Слави, Аскольдова могила; Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка, пойми ревіталізованих річок: Почайни, Либіді, Дарниці, Серця, Любки, Котурки, Горенки, Совки, Горіхуватки, Мокрої тощо.

Використання інструментарію ГІС-програми ArcGIS, дає здійснити дешифрування космічних знімків, інтерпретацію даних польових експедицій, провести моделювання екосистеми. Укладанню картографічної моделі передують розроблення математичного апарату, що визначатиме ефективність функціонування екомережі у трансформованому ландшафті м. Києва. Це необхідна умова визначення стійкості сучасного київського ландшафту, як каркасної основи під час проєктування екомережі міста. Таку структуру необхідно проаудіювати за параметрами: A – модуля, який показує наявність флоро-фаустичного різноманіття та потенціалу розвитку екомережі. Він визначається від 0 до 100 одиниць. Чим вище значення параметру, тим вище показники сталості розвитку мережі у даному кластері ландшафту.

$$\prod_i = \frac{\sqrt{\lambda}}{T}, \quad (1)$$

де \prod – потенціал стійкості сталого функціонування екомережі; λ – протяжність всіх екокоридорів міста, км.; T – кількість природних/техногенних ареалів.

$$\lambda = \iiint T dx dy dz dt, \quad (2)$$

де T – рівень топографічної атрактивності ландшафту, що визначається у параметричному ряді $dx dy dz dt$ – чотирьохмірному просторі і часі за мультиформатними цифровими екологічними картами.

Застосовуючи диференційні рівняння другого порядку при укладанні картографо-математичної моделі комплексної оцінки сталості екомережі м. Києва, екстраполюється проміжок часу від моменту формування екологічної мережі t до сучасного моменту $t + \Delta t$. Зважаючи на те, що N – деяка параметрична функція від t , розрахунок кількості обмежувальних факторів функціонування екомережі міста виконується за формулою:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\Delta N}{N} = -N(t) \quad (3)$$

Формула (3) під час укладання карти екомережі м. Києва та потенційних загроз ПЗФ має найбільш повне відображення взаємозв'язків між ландшафтними характеристиками та диференціями рельєфу, наприклад, Печерського та Оболонського районів, правого та лівого берегів Дніпра.

Постає задача математико-картографічного визначення особливостей використання природ-

них туристсько-рекреаційних ресурсів екомережі м. Києва, а саме елементів збалансованого ресурсо-та природокористування. З цією метою застосовується апарат реляційної картографії для визначення енергетичної субординації в екосистемах ПЗФ:

$$y(t) = x(t) - \int_{-\infty}^{+\infty} k(t, \tau) * x(\tau) d\tau \quad (5)$$

Формула (5) – це закон Дж. Хатчинсона, що визначає коефіцієнт антропогенного навантаження на міські екомережі k , який в м. Києві змінюється в меридіональному напрямку, що виникає під впливом лімітуючих факторів біологічної репродуктивності екоцинозів Кирилівських висот, Вітряних гір, г. Щекавиці (Скавики), г. Хор'євиці, г. Киянки, г. Уздихальниці. В ареалах відповідних природоохоронних територій громадськими екологічними захисними організаціями міста педалюється ідея створення на їх територіях регіонального ландшафтного парку «Київські гори».

Надалі потрібно застосувати кореляційну дертерніфікацією картографічного визначення екологічних ядер потенційних екотериторій S , що можуть бути внесені до екомережі м. Києва. Картографо-математичне визначення надасть геопросторову інформацію щодо площинного ареалу ексклюзивних екокоридорів – $g(S)$:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + u(r, t) \psi \quad (6)$$

Математичний вираз (6) можна представити наступним чином [11]:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + u(r, t) \psi, \quad (7)$$

де r, t, \hbar, f, t – компоненти екомережі міста, що представлені пам'ятками природи міста: геологічні (r), ботанічні (t), гідрологічні (\hbar), зоологічні (f) та комплексні (t); u та v – кореляційні коефіцієнти біологічного розмаїття екосистеми ПЗФ; Ψ – це коефіцієнт Герцшпрунга-Рессела, який вказує на наявність постійних геохімічних процесів у лімітованому навколишньому природному середовищі, що визначає рівні ревіталізації екосистем.

Обчислюючи за формулами (1–7), визначено, що потенціал київських екомереж надзвичайно високий (89,4 одиниць), що сприяє розвитку заповідної справи, гармонійного природокористування, екотуризму та рекреації. Одержане значення має бути покладене у проєкт Генерального плану розвитку м. Києва.

Висновки. Завдяки науковому дослідженню набув розвиток прикладний напрям природоохоронного геоінформаційного картографування екомереж м. Києва. Визначені важливі екоархітектурно-кластерні елементи центральних об'єктів екомережі мегаполісу. Розроблена картографічна модель-схема проєкту територіальної організації екологічної мережі м. Києва на 2023 р.

Відповідно до поставлених до розв'язання наукових проблем, розроблено алгоритм еколого-картографічного моніторингу екомереж м. Києва. Запропоновано знакові еколого-кластерні одиниці екомережі міста Києва: долина р. Коноплянка та басейн озера Тельбин, як експериментальні одиниці розрахунку потенціалу екологічної сталої екодра екологічної мережі м. Києва.

Проведено апробацію результатів наукових досліджень на прикладі математичного апарату розрахунку екопотенціалу кластерів екомережі мегаполісу.

Перспективи використання результатів дослідження. З метою вдосконалення проєкту моніторингу та картографічного забезпечення раціонального планування сталої екологічної мережі м. Києва, її впровадження та ефективного використання відповідні картографічні моделі необхідно інсталивати в проєкт Генерального плану розвитку м. Києва до 2050 р. Необхідне розроблення науково-практичних рекомендацій для забезпечення ефективного державного управління у системі природозаповідання, розвитку екологічного туризму та рекреації в екомережі м. Києва як основи післявоєнної відбудови столиці України.

Література

1. *Council of Europe, UNEP & European Centre for Nature Conservation. The Pan European Biological and Landscape Diversity Strategy, a vision for Europe's natural heritage.* Strasbourg/Tilburg, 1996. 45 p.
2. *Вакаренко Л.П.* Екомережа України: ідеологія створення та шляхи формування. *Чорноморський ботанічний журнал* 2005. Т. 1, № 1. С. 60–65.
3. *Закон України «Про екологічну мережу України»* [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Верховна Рада України. Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1864-15>
4. *Закон України «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 рр»* [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Верховна Рада України. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1989-14>
5. Марушевський Г.Б. Збереження біорізноманіття і створення екомережі. *Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл*, 2008. 169 с.
6. Мовчан Я.І. Екомережа України: обґрунтування структури та шляхів втілення. *Конвенція про біологічне різноманіття: громадська обізнаність та участь*. 1997. С. 98–110.
7. Мовчан Я.І. Шляхи втілення екомережі України. *Розбудова екомережі України*. 1999. С. 104–111.
8. Попович С.Ю. Екомережа Лісостепу України: картосхема та її легенда. *Заповідна справа в Україні*. 2009. Т. 15. № 1. С. 1–5.
9. Проценко Л.Д. Екомережа Азово-Чорноморського природного коридору. Київ. 2012. 60 с.
10. Шевченко Р.Ю. Інноваційно-інструментарій моніторингу довкілля-простроу. *Екологічні науки*, 2020. № 1 (28). С. 115–121.
11. Шевченко Р.Ю. Математична модель геоінформаційної системи «Екологія Києва». *Вісник ЖІТІ*, 2002. № 1 (20). С. 1–4.
12. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Екомережа України та її природні ядра. *Український ботанічний журнал*. 2005. Т. 62, № 2. С. 142–158.
13. Юрчук Л. Екомережа біосферного резервату «Західне Полісся» (картосхема та її легенда). *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 56. С. 141–147.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Шейко В.І., Кучменко О.Б., Гавій В.М., Пасічник С.В.
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 16600, м. Ніжин

interliycin@ukr.net, kuchmenko1978@gmail.com, gaviyv@gmail.com, svpas1964@gmail.com

Ґрунти є складною системою, що містить як органічні, так і мінеральні речовини у складі. Від співвідношення сполук, елементного складу, вмісту органічної речовини та фізичних властивостей ґрунту залежить його родючість. В свою чергу, дослідження хімічного складу важливе для ефективного ведення сільського господарства, для процесів фітореMediaції, екологічного моніторингу. Визначення наявності мінеральних та органічних речовин у ґрунті проводять за допомогою низки методів: традиційних підходів аналітичної хімії, і більш сучасних хроматографічних та оптичних методів. Перевагою хроматографічних та оптичних методів, в порівнянні із підходом, де ідентифікація речовин базується на хімічних реакціях, є більша швидкість та легкість проведення дослідження. Також, одночасне виявлення кількох речовин у суміші і висока чутливість є перевагою, зокрема, спектроскопічних методів. Одним із спектроскопічних методів, що активно використовується для дослідження ґрунтів, є інфрачервона спектроскопія – FTIR. Завдяки цьому методу можна ідентифікувати основні типи мінералів, що входять до складу ґрунту, та визначити і ідентифікувати органічні речовини. У свою чергу такі дослідження мають широке застосування як у сільському господарстві, екологічному моніторингу, так і в археології та криміналістиці, що робить використання FTIR для дослідження ґрунтів важливим як галузі в Україні. Із усіх переваг застосування інфрачервоної спектроскопії у дослідженні речовин та матеріалів, окремим аспектом є вищий рівень безпеки для навколишнього середовища. Так, при методі визначення, наприклад, вмісту фосфору у ґрунті, використовують тривалий етап екстракції, що потребує небезпечних для навколишнього середовища реагентів та продукує хімічні відходи, які потребують безпечної утилізації. В той час, як застосування інфрачервоної спектроскопії потребує тільки достатнього висушування зразка, для чого не потрібні інші реагенти. *Ключові слова:* ґрунт, склад ґрунту, органічні речовини в ґрунтах, інфрачервона спектроскопія, високоефективна рідинна хроматографія.

Modern aspects of the application of infrared spectroscopy for soil research. Sheiko V., Kuchmenko O., Havii V., Pasichnyk S.

Soils are a complex system containing both organic and mineral substances in the composition. Its fertility depends on the ratio of compounds, elemental composition, content of organic matter, and physical properties of the soil. In turn, the study of the chemical composition is important for effective agricultural management, phytoremediation processes, and environmental monitoring. Determination of the presence of mineral and organic substances in the soil is carried out using several methods: traditional approaches of analytical chemistry, and more modern chromatographic and optical methods. The advantage of chromatographic and optical methods, compared to the approach where the identification of substances is based on chemical reactions, is greater speed and ease of research. Also, the simultaneous detection of several substances in a mixture and high sensitivity is an advantage of spectroscopic methods. One of the spectroscopic methods actively used for soil research is infrared spectroscopy – FTIR. Thanks to this method, it is possible to identify the main types of minerals that make up the soil and to determine and identify organic substances. In turn, such studies are widely used in agriculture, environmental monitoring, archaeology, and forensics, which makes the use of FTIR for soil research important as a field in Ukraine. Of all the advantages of using infrared spectroscopy in the study of substances and materials, a separate aspect is a higher level of safety for the environment. Thus, in the method of determining, for example, the phosphorus content in the soil, a long extraction stage is used, which requires environmentally hazardous reagents and produces chemical waste that requires safe disposal. While the application of infrared spectroscopy requires only sufficient drying of the sample, which does not require other reagents. *Key words:* soil, soil composition, organic matter in soils, FTIR, HPLC.

Ґрунт – дисперсна система, що містить у складі органічні та мінеральні компоненти та покриває більшу частину суходолу. Ґрунти поділяються на групи в залежності від складу та фізико-хімічних властивостей. Так, від типу ґрунту (вміст речовин, здатність абсорбувати воду, розмір частинок твердих) залежить здатність рослин рости на ньому. Продуктивність ґрунту залежить від низки змінних і визначається не тільки типом ґрунту. Температура, склад, родючість і методи обробки є одними з основних чинників, що визначають продуктивність ґрунту. Суглинкові ґрунти, які мають оптимальне поєднання піску, мулу та глини, часто вважаються найпродуктивнішими через їх високу здатність утримувати воду та забезпечувати її дренаж. Це

зумовлює необхідний режим аерації та баланс поживних речовин для розвитку рослин. Ключовим компонентом продуктивності ґрунту є його родючість. Мікроелементи та важливі поживні речовини, такі як азот, фосфор і калій (NPK), містяться в достатній кількості в родючих ґрунтах. За рахунок додавання органіки (компосту, гною), добрив і відповідної сівозміни можна підвищити родючість ґрунту.

Доступність поживних речовин для рослин залежить також від рН ґрунту. Діапазон рН, який оптимальний для більшості культур, становить від 6,0 до 7,0, що є слабокислим або нейтральним. Щоб зробити ґрунт більш придатним для певної культури, може знадобитися змінити ґрунти зі значеннями рН поза цим діапазоном. Щоб уникнути перезволоження, яке

може пошкодити коріння рослин, необхідний правильний дренаж. Загалом ґрунти, які добре дреноують і можуть утримувати достатню вологість під час посушливих періодів, є більш продуктивними.

Температура й режим опадів, а також клімат загалом, мають великий вплив на продуктивність ґрунту. При цьому, для різних культур потреби в ґрунті теж відрізняються. Продуктивність можна підвищити, збираючи культури, які підходять для ґрунту та клімату відповідного регіону. Сівозміна також може допомогти зберегти родючість і оптимальний стан ґрунту. Для підтримання продуктивності ґрунту, слід використовувати такі методи, як контурне землеробство та терасування, щоб запобігти ерозії ґрунту. Верхній шар ґрунту та поживні речовини часто втрачаються в еродованих ґрунтах, що і спричинює їхню виснаженість.

Найбільш продуктивними з точки зору сільськогосподарства вважаються ґрунти із великою кількістю органічної речовини, оптимальним вмістом мінеральних речовин, значенням рН, що близьке до нейтрального та помірною здатністю до водопоглинання. Тож для вирощування різних видів і сортів рослин, ґрунт досліджують за вищезазначеними параметрами, і, якщо фізичні показники часто не піддаються зміні, то якісний та кількісний вміст речовин можна коригувати. Дослідження якісного та кількісного складу ґрунту важливе також для визначення міри забруднення навколишнього середовища [1].

Для визначення хімічного складу ґрунтів використовують низку методів, одні з них є більш складними в застосуванні та менш точними одночасно – це група методів аналітичної хімії. Методи цієї групи дозволяють провести якісні та кількісні дослідження вмісту органічних та мінеральних речовин у складі ґрунту. Недоліками хімічних методів є те, що вони потребують великої кількості часу для проведення, неможливі в польових умовах через необхідність реагентів та лабораторного приладдя, а також є конкретно направленими на визначення певних сполук [2].

Методи дослідження якісного та кількісного складу ґрунту, що є одночасно точними і легкими у пробопідготовці та здійсненні включають спектроскопічні мас-спектрометричні та хроматографічні. Для визначення вмісту аніонів використовують колориметричні методи, що полягають у проведенні хімічних реакцій зі зміною кольору розчину та подальшій спектроскопії. При цьому, кількісне вимірювання концентрації аніонів забезпечується вимірюванням інтенсивності поглинутого світла забарвленим розчином і протилежно йому пропорційне. Для визначення катіонів металів швидким та чутливим методом є оптична спектроскопія з індуктивно-зв'язаною плазмою. Цей метод дозволяє ідентифікувати одночасно велику кількість катіонів металів у складі ґрунту.

Використовуючи атомно-емісійну спектросметрію (AES або ICP-AES) і мас-спектрометрію (ICP-MS),

аналітичне обладнання для визначення складу речовин використовує індуктивно-зв'язану плазму (ICP), високотемпературне середовище. Створення плазми є початковим кроком у дослідницькому процесі. Це досягається шляхом нагрівання газу (часто аргону) через індукцію в спеціалізованому генераторі ISP. До газу прикладається високочастотне індукційне поле, яке викликає іонізацію атомів і молекул і утворення плазми. Аналізи виконуються на зразках, таких як зразки ґрунту. Як правило, для цього використовується небулайзер, який розпилює зразок у плазмову область у вигляді аерозолу. Матеріал атомізується (перетворюється на атоми) та іонізується (утворюється у вигляді іонів) у плазмі. Атоми зразка збираються в плазму й надають велику енергію протягом цієї процедури. Після розпилення та іонізації атоми та іони зразка вивільняють енергію у формі світлового або мас-спектру. Ця енергія виявляється в IZP-NPP у вигляді ліній випромінювання світла, пов'язаних з певними атомами чи іонами. ISP-MS вимірює та записує маси іонів у мас-спектрі. Щоб визначити кількість різних хімічних компонентів або сполук у зразку, досліджують світлові сигнали або мас-спектри. Цей метод використовується для визначення якісного складу речовини [3].

Наявність сірки та її сполук також впливає на якість і безпечність ґрунту для сільськогосподарських цілей та екологічного моніторингу. Для визначення вмісту вільної сірки використовують високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ) із попередньою екстракцією. Сульфідні, що є кислоторозчинними досліджують за допомогою колориметрії, аналізуючи також сірководень, який виділяється при дослідженні. Вміст кислоторозчинних сульфатів та водорозчинних сульфатів ведеться методом оптичної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Вміст сполук нітрогену, нітратів та нітритів також проводиться за допомогою колориметричного аналізу [4, 5].

Для визначення вмісту органічних речовин використовують методи ВЕРХ, газової хроматографії із подальшою детекцією мас-спектрометрією. Хроматографія, як варіант розділення речовин за допомогою розподілу між рухомою та нерухою фазами за рахунок різної маси або полярності речовин, є точним та чутливим методом для дослідження складу ґрунтів.

За допомогою високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) можна проаналізувати характеристики та склад ґрунту. Завдяки їх взаємодії з нерухою та рухомою фазами в системі рідинної хроматографії, цей аналітичний підхід дозволяє розділяти та ідентифікувати численні хімічні сполуки та компоненти ґрунту. Кількість таких поживних речовин, як азот, фосфор і калій у ґрунті, можна визначити за допомогою ВЕРХ. Це допомагає встановити параметри родючості ґрунту та виявити, чи потрібно більше добрив для ефективного землеробства. Крім

того, цей підхід можна використовувати в поєднанні з підходами молекулярної біології для дослідження ґрунтових мікроорганізмів. Це допомагає досліджувати структуру мікробіоти та вплив, який вона має на стан екосистеми та родючість ґрунту. Крім того, ВЕРХ використовується для дослідження біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті, таких як розпад органічних матеріалів, біохімічні реакції та інші процеси, які впливають на якість ґрунту [6].

Аналітичний метод, відомий як мас-спектрометрія, може бути використаний для дослідження складу ґрунту та ідентифікації різних хімічних речовин, які присутні в ньому. За допомогою мас-спектрометрії можна виявити та обчислити масу іонів і молекул у зразку. Це дозволяє ідентифікувати численні хімічні компоненти, які можуть бути присутніми в ґрунті, включаючи мінерали, органічні сполуки, мікроби та багато інших елементів. За допомогою цього методу визначають кількість поживних речовин, шкідливих металів чи інших забруднюючих речовин у ґрунті, склад мікробіоти ґрунту, що включає ідентифікацію різних видів мікроорганізмів, присутніх у зразку. Крім того, можна відстежувати зміни складу ґрунту в динаміці, що дає змогу визначати вплив багатьох чинників, зокрема забруднення, промисловості та сільського господарства на склад ґрунту [7].

Одним із чутливих та багатофункціональних методів ідентифікації речовин у ґрунтах є інфрачервона спектроскопія. Метод базується на поглинанні світла певних довжин хвиль (зазвичай $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$) органічними та мінеральними компонентами суміші. Так, для кожного типу молекул характерні характеристичні піки – певна довжина світлової хвилі, на якій відбувається максимум поглинання світла. Характеристичні піки є специфічними для речовин, отже, аналіз отриманих результатів пропускання світла через зразок, дозволяє визначити приналежність речовин до певного класу та навіть точно їх ідентифікувати. На відміну від хроматографічних методів, які потребують також детектування розділених речовин, FTIR спектроскопія потребує тільки пробопідготовки та подальшого вимірювання [8].

Додатково для дослідження ґрунтів, як порошкоподібних зразків використовують також методи порушеного повного відбиття та дифузного відбиття. Метод порушеного повного відбиття базується на проходженні променю світла через кристал, на якому розміщується зразок. Хвиля проникає у зразок та проходить розсіюється його частинками. При цьому у приладі поляризатор генерує паралельно і перпендикулярно поляризовані промені (рис. 1).

Метод ATR FTIR використовується саме для порошкоподібних гетерогенних дисперсних систем. Завдяки такому шляху променів світла, які відбиваються від частинок у складі зразка, вдається отримати спектри від непрозорих, мутних зразків, в тому числі, дослідити якісний склад ґрунту [10].

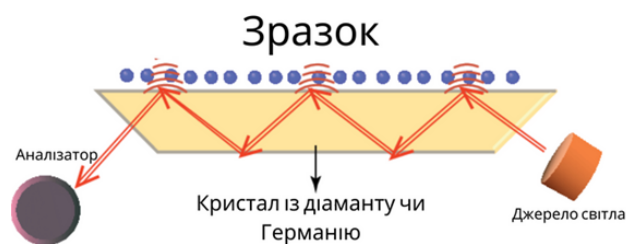


Рис. 1. Схема роботи приставки ATR FTIR [9]

Три основні частини техніки ATR FTIR – це аналізатор, алмазний або германієвий кристал і лазерний промінь. Світловий промінь проникає в область контакту твердого тіла і рідини, коли він проходить через оптичне вікно. Коли світло потрапляє в тверде тіло з вищим показником заломлення (наприклад, оптичне вікно), воно не може пройти через тверде тіло з нижчим показником заломлення (наприклад, рідина) і відбивається всередині.

Це відбувається, коли кут падіння світла перевищує критичний кут. Кут падіння світла може бути меншим за критичний кут, якщо рідина контактує з поверхнею твердого тіла через зміну показника заломлення на межі рідина-тверде тіло, і відбиття може бути неповним. Як правило, вимірюється кількість світла, що надходить із точки, де все відображення порушено. Індекс заломлення рідини, і концентрацію певних хімічних речовин у порошкоподібних зразках можна розрахувати за допомогою змін інтенсивності світла.

Інфрачервона спектроскопія дозволяє ідентифікувати як мінеральний, так і органічний склад ґрунту. Так, глинисті мінерали, що містять в основі гідроксид алюмінію, при спектральному дослідженні на отриманих спектрах відображаються через характеристичні піки вільних та зв'язаних -ОН груп. Такі -ОН групи, джерелом яких є мінеральні речовини, мають піки при $3700\text{--}3500\text{ см}^{-1}$. При чому ці піки є чіткими і відрізняються за значенням від піків, що притаманні гідроксильним групам органічного походження. В залежності від речовин, що складають основу ґрунту, характеристичні піки відрізняються. Так, для силікатів внаслідок коливань Si-O-Si спостерігається максимум при 1000 см^{-1} , а для карбонатів – при 1400 см^{-1} . Для ідентифікації мінералів використовують частину спектру від 400 до 900 см^{-1} . Так, наприклад, для силікатних матеріалів характерні піки при $797, 779\text{ см}^{-1}$. У ґрунті одними із розповсюджених сполук заліза є гетит та гематит. FTIR спектроскопія дозволяє визначити відмінності між цими речовинами за рахунок відмінностей у поглинанні світла у діапазоні $3400\text{--}3000\text{ см}^{-1}$, $900\text{--}700\text{ см}^{-1}$ і менше 700 см^{-1} . Для чистого кальциту характерні піки при 2400 см^{-1} та менше 1000 см^{-1} (рис. 2) [11].

Органічні речовини у ґрунті можуть бути рослинного, тваринного, мікроорганізмowego або антропогенного походження. На цьому базується вивчення

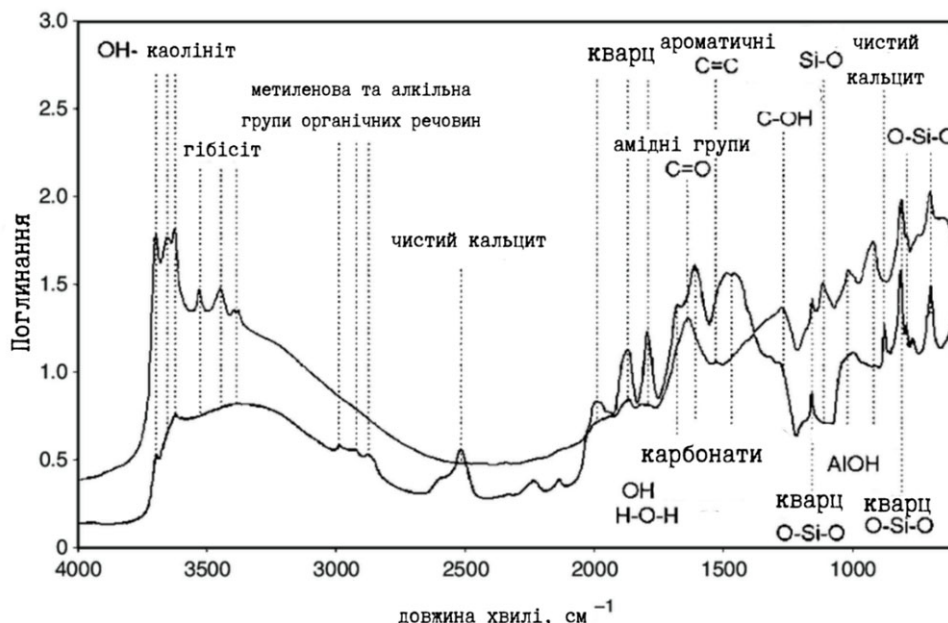


Рис. 2. Приклади характеристичних піків органічних та мінеральних речовин [12]

антропогенного навантаження на ґрунт, бо різниця між кількістю органічних речовин, що потрапила у ґрунт природнім шляхом менша, ніж кількість таких речовин, джерелом яких є сучасна чи давня діяльність людини. Так, на отриманих спектрах пропускання, коливання метильних та алкільних груп спостерігаються у діапазоні при 2920 і 2850 cm^{-1} . Піки мають більшу інтенсивність, якщо у зразку присутні довголанцюгові молекули, а також більшу ширину, якщо у досліджуються полісахариди. Розтягнення групи $\text{C}=\text{O}$, що характерно для полісахаридів припадає на 1030 cm^{-1} , у цьому ж діапазоні спостерігаються коливання груп $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$, які складають основу кварцу, а тому такі спектри потребують додаткової математичної обробки. Для гідроксильних груп органічної речовини характерні піки у діапазоні 3600 і 3200 cm^{-1} , але при високій вологості зразка з'являється широкий пік у межах 3800–3200 cm^{-1} [13].

Дослідження методом FTIR спектроскопії є дієвим методом для визначення фізичних властивостей ґрунту та його хімічних складових, проте особливості складу цієї суміші є причиною застосування додаткових методів при обробці вихідних спектрів. Одним із викликів є превалювання інтенсивності піків мінеральних речовин ґрунту над піками органічних речовин. Для розв'язання цієї проблеми використовують математичну обробку спектрів, наприклад, віднімання спектру контрольного зразка від спектра досліджуваного зразка. Такий підхід використовується, зокрема, в археологічних дослідженнях, де є можливість дослідити ґрунт культурного шару та ґрунт, що не піддавався дії антропогенного впливу. Також проблеми при аналізі характеристичних піків можуть виникнути тоді, коли певні піки органічної та мінеральної речовини перекриваються, напри-

клад, білки, ДНК та пік, що притаманний силікатам. До таких випадків належать також утворення суцільного широкого піку у діапазоні 3800–3200 cm^{-1} , що відповідає одночасно гідроксильним групам в органічних речовинах, утворенню зв'язків в каолінітах та залежить від міри вологості зразка. При утворенні суцільних піків, тобто їх перекриванні, використовується математична операція – деконволюція, яка дозволяє вирізнити окремі піки.

Таким чином, метод інфрачервоної спектроскопії має широке застосування у дослідженні ґрунтів. За допомогою FTIR можна ідентифікувати якісний склад, фізико-хімічні властивості, наявність органічних забруднювачів у ґрунтах, що є перспективним та швидким методом дослідження, який не потребує великої кількості обладнання та володіє високою швидкістю і точністю аналізу [12].

У сільськогосподарському та екологічному моніторингу визначення вмісту фосфору в ґрунті є найважливішим завданням, бо одним із найважливіших макроелементів, необхідних рослинам для росту і розвитку, є фосфор. Він є компонентом фосфоліпідів, РНК, ДНК та інших найважливіших біологічних компонентів. Можна визначити, чи достатньо в ґрунті фосфору для розвитку рослин, аналізуючи його кількісний склад. Урожайність і якість культурних рослин можна поліпшити шляхом додавання фосфору у вигляді добрив, якщо концентрація цього елементу в ґрунті низька.

Надмірна кількість фосфору в ґрунті може спричинити екологічні проблеми, включаючи забруднення води. Водні об'єкти можуть забруднюватися фосфором через атмосферні опади або сільськогосподарські культури. Внаслідок цього водойми можуть стати евтрофними, і це сприятливе середо-

вище для росту водоростей. Можна виміряти кількість фосфору в ґрунті, щоб допомогти вам керувати цим процесом і вжити заходів, щоб уникнути забруднення джерела води.

Кількість фосфору в ґрунті можна визначити за допомогою різних методів, у тому числі інструментальних і колориметричних. Аналіз фосфору на основі хімічних реактивів є одним із поширених методів. Для цього необхідно зібрати близько 100 г ґрунту, гомогенізувати його та зважити 5 г зразку для подальшого дослідження. Фосфор виділяється з органічних речовин під час попередньої процедури екстракції за допомогою азотної кислоти або гідроксиду натрію. Тому дуже важливо правильно виконати екстракцію, щоб звільнити фосфор з його компонентів і перевести його в розчин, а потім оцінити кількість фосфору, присутнього в сумішах мінерального та органічного походження. Для екстракції використовують метод сплавлення порошкоподібного зразка із лугами, при цьому процедуру проводять у платиновому посуді. У подальшому для розкладання використовується плавикова кислота. Порівнюючи вміст фосфору в кальцинованому та некальцинованому ґрунті, цей підхід дозволяє оцінити 75–95% валового вмісту фосфору. Найбільш трудомною процедурою при цьому є саме пробопідготовка [14].

На відміну від традиційних колориметричних методів, аналіз вмісту фосфору за допомогою інфрачервоної спектроскопії забезпечує швидкий і точний спосіб дізнатися, скільки фосфору міститься в зразку, не потребуючи при цьому проведення хімічних реакцій або деструкції зразка. Єдиним необхідним кроком для використання цього підходу є належна підготовка зразка, що зазвичай включає висушування та гомогенізацію зразка ґрунту. Дослідження

поглинання та розсіювання інфрачервоного випромінювання різними матеріалами та речовинами є основою для самого методу спектроскопії FTIR. Висока аналітична швидкість, мінімальна потреба в хімічних реакціях і менше відходів – усе це переваги спектроскопії FTIR. Це може бути корисним якісного та напівкількісного визначення вмісту фосфору в багатьох різних матеріалах, включаючи їжу, ліки та ґрунт [15].

Із усіх переваг застосування інфрачервоної спектроскопії у дослідженні речовин та матеріалів, окремим аспектом є вищий рівень безпеки для навколишнього середовища. Так, при методі визначення, наприклад, вмісту фосфору у ґрунті, використовують тривалий етап екстракції, що потребує небезпечних для навколишнього середовища реагентів та продукує хімічні відходи, які потребують безпечної утилізації. В той час, як застосування інфрачервоної спектроскопії потребує тільки достатнього висушування зразка, для чого не потрібні інші реагенти.

Отже, використання як традиційних хімічних методів, так і новітніх, зокрема, спектроскопічних, є способами дослідження речовин та матеріалів. Дослідження ґрунту проводиться у різноманітних сферах: для сільського господарства, ювелірної справи, криміналістики, для археологічних та екологічних досліджень. Через такий спектр застосувань, вивчення якісного та кількісного складу ґрунту мають бути швидкими, точними, а метод, який використовується – чутливим і потребувати якнайменше затрат. Таким чином, інфрачервона спектроскопія як метод дослідження ґрунту, має усі вищезазвані переваги, а додатково забезпечує чутливий та неруйнівний аналіз зразків, що займає особливе місце в археології та ювелірній справі.

Література

1. Lehmann J., Bossio D. A., Kögel-Knabner I., Rillig M. C. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020. Vol. 1, № 10. P. 544–553. DOI: 10.1038/s43017-020-0080-8.
2. Testoni S. A., Melo V. F., Dawson L. A., Salvador F. A. S., Kunii P. A. Validation of a standard operating procedure (SOP) for forensic soils investigation in Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2019. Vol. 43. P. e0190010. DOI: 10.1590/18069657rbc20190010.
3. Zhang S., Xishan L., Gu X., Jiang P., Sun J. Flammability and thermal behavior of polypropylene composites containing dihydrogen phosphate anion-intercalated layered double hydroxides. *Polymer Composites*. 2015. Vol. 36. P. 2230–2237. DOI: 10.1002/PC.23135
4. Nadporozhskaya M., Kovsh N., Paolesse R., Lvova L. Recent advances in chemical sensors for soil analysis: a review. *Chemosensors*. 2022. Vol. 10, № 1. P. 35. DOI: 10.3390/chemosensors10010035.
5. Riedo J., Wettstein F. E., Rösch A., Herzog C., Banerjee S., Büchi L., Charles R., Wächter D., Martin-Laurent F., Bucheli T. D., Walder F., van der Heijden M. G. A. Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils—the ghost of a conventional agricultural past? *Environmental science & technology*. 2021. Vol. 55, № 5. P. 2919–2928. DOI: 10.1021/acs.est.0c06405.
6. Morton S., Edwards M. Reduced Phosphorus Compounds in the Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2005. Vol. 35. P. 333–364. DOI: 10.1080/10643380590944978.
7. Djurkin V., Kirkbright G., West T. A sensitive and selective spectrophotometric procedure for the determination of phosphorus. *Analyst*. 1966. Vol. 91. P. 89–93. DOI: 10.1039/AN9669100089.
8. Tkachenko Y., Niedzielski P. FTIR as a method for qualitative assessment of solid samples in geochemical research: A review. *Molecules*. 2022. Vol. 27, № 24. P. 8846. DOI: 10.3390/molecules27248846.
9. Li H., Rahimi F., Sinha S., Maiti P. Amyloids and protein aggregation—analytical methods. *Encyclopedia of analytical chemistry*. 2009. P. 1–32. DOI: 10.1002/9780470027318.a9038.
10. Alkhuder K. Attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectroscopy: A universal analytical technique with promising applications in forensic analyses. *International Journal of Legal Medicine*. 2022. Vol. 136, № 6. P. 1717–1736. DOI: 10.1007/s00414-022-02882-2.

11. Xing Z., Tian K., Du C., Li C., Zhou J., Chen Z. Agricultural soil characterization by FTIR spectroscopy at micrometer scales: Depth profiling by photoacoustic spectroscopy. *Geoderma*. 2019. Vol. 335. P. 94–103. DOI: 10.1016/J.GEODERMA.2018.08.003.
12. Le Guillou F., Wetterlind W., Rossel R. A. V., Hicks W. S. How does grinding affect the mid-infrared spectra of soil and their multivariate calibrations to texture and organic carbon? *Soil Research*. 2015. Vol. 53, № 8. P. 913–921. DOI:10.1071/SR15019
13. Robinson L. J., Robertson A. H. J., Dawson L. A., Main A. M. In situ FTIR analysis of soils for forensic applications. *Spectroscopy*. 2015. Vol. 30, № 8. P. 22–30.
14. Li H., Guo J., Ping H., Liu L., Zhang M., Guan F., Sun C., Zhang Q. Visual detection of organophosphorus pesticides represented by mathamidophos using Au nanoparticles as colorimetric probe. *Talanta*. 2011. Vol. 87. P. 93–99. DOI: 10.1016/j.talanta.2011.09.046.
15. Yang L., Pagliano E., Mester Z. Direct determination of dissolved phosphate and silicate in seawater by ion exclusion chromatography sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytical chemistry*. 2014. Vol. 86, № 6. P. 3222–3226. DOI: 10.1021/ac5002228.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ

УДК 630.96

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.16>

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ ЖИТОМИРЩИНИ

Пацев І.С.², Барабаш О.В.², Пацева І.Г.¹

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
rig@ztu.edu.ua, barabashelena29@gmail.com

Війна руйнує людські життя, а також екосистеми, піддається обстрілам, ракетним атакам і мінуванням. Деякі території все ще є об'єктом бойових дій, тоді як інші окуповані або чекають на розмінування. У роботі розглядається спалювання сухостою і насаджень, переміщення техніки, будівництво укріплень, падіння мін, будівництво укріплень, неконтрольована вирубка дерев, покинуті і поховані тіла людей і тварин, покинуте і поховане сміття, паливно-мастильні матеріали, уламки техніки та озброєння. Метою цього дослідження є аналіз негативних факторів під час військових дій, які завдають шкоди лісовим екосистемам, а також основних напрямів та викликів для відновлення лісів після війни. Методологія дослідження: використана методологія полягала в аналізі, узагальненні та систематизації інформації з відкритих джерел та засобів масової інформації. Проаналізовано механічні та пожежні пошкодження лісів. Описано пожежі – одне з найбільших лих для українських лісів під час збройного конфлікту. Від них гинуть не лише дерева, тварини, птахи та комахи, але й люди, які часто стають жертвами пожеж, що завдають значної шкоди сільськогосподарським об'єктам та населеним пунктам. Визначено низку важливих факторів, що впливають на лісові екосистеми. Військові дії спричиняють низку факторів, які негативно впливають на лісові екосистеми через вибухи, пожежі, порушення ґрунту, переміщення техніки та будівництво фортифікаційних споруд. Лісові екосистеми забруднюються уламками техніки та боеприпасів, вибуховими речовинами, хімікатами, побутовими відходами та іншими забруднювачами. Відновлення українських лісів після завершення бойових дій має відбуватися відповідно до національних програм та з дотриманням вимог безпеки, після попереднього розмінування, дезактивації, інвентаризації та санітарних заходів. Вплив війни на ліси є багатограним, і державним органам та науковцям ще належить оцінити всі його аспекти, підрахувати обсяги завданої шкоди та належним чином використати і зберегти переваги, які приносять лісові екосистеми. *Ключові слова:* лісові екосистеми, воєнні дії, лісові пожежі, ушкодження ґрунтів, забруднення, інвентаризація лісів, лісовідновлення.

The impact of military operations on forest ecosystems in the zhytomyr region. Patsev I., Varabash O., Patseva I.

War destroys human lives as well as ecosystems, subjecting them to shelling, rocket attacks and mining. Some territories are still the object of hostilities, while others are occupied or awaiting demining. The paper considers the burning of dead wood and plantations, movement of equipment, construction of fortifications, mine drops, construction of fortifications, uncontrolled felling of trees, abandoned and buried bodies of people and animals, abandoned and buried garbage, fuel and lubricants, and wreckage of equipment and weapons. The purpose of this study is to analyze the negative factors during military operations that damage forest ecosystems, as well as the main directions and challenges for forest restoration after the war. Research methodology: The methodology used was to analyze, summarize and systematize information from open sources and the media. Mechanical and fire damage to forests was analyzed. Fires are described as one of the biggest disasters for Ukrainian forests during the armed conflict. They kill not only trees, animals, birds and insects, but also people, who often become victims of fires that cause significant damage to agricultural facilities and settlements. A number of important factors affecting forest ecosystems have been identified. Military actions cause a number of factors that negatively affect forest ecosystems through explosions, fires, soil disturbance, movement of equipment and construction of fortifications. Forest ecosystems are contaminated by debris from equipment and ammunition, explosive. The impact of the war on forests is multifaceted, and government agencies and scientists have yet to assess all aspects of it, calculate the extent of the damage, and properly utilize and preserve the benefits that forest ecosystems bring. *Key words:* forest ecosystems, military operations, forest fires, soil damage, pollution, forest inventory, reforestation.

Постановка проблеми. Зміна клімату впливає на всі природні екосистеми на планеті, і ліси України не є винятком. Лісівники роками говорять про збільшення площ соснових і дубових лісів, які всихають і слабшають. Висихання лісових боліт і водно-болотних угідь через тривалу посуху стає все більш поширеним явищем, навіть на Поліссі, традиційному водно-болотному регіоні, який був безжалю

меліорований у минулому столітті. А масові пожежі 2020 року (рис. 1), які охопили понад 150000 га лісу від Житомира до Луганська на тлі тривалої посухи та майже безсніжної зими, вже показали всім, що наші ліси і ми самі є вразливими до кліматичної кризи [1].

Однак на разі ліси зазнають значних пошкоджень по всій території України через наслідки військових дій.



Рис. 1. Мішаний різновіковий ліс на Житомирщині, який постраждав під час окупації

Метою цього дослідження є аналіз негативних факторів під час військових дій, які завдають шкоди лісовим екосистемам, а також основних напрямів та викликів для відновлення лісів після війни.

Методологія дослідження: використана методологія полягала в аналізі, узагальненні та систематизації інформації з відкритих джерел та засобів масової інформації.

Актуальність дослідження. Повномасштабне вторгнення росії в Україну завдало значної шкоди

природним екосистемам нашої країни. Негативний вплив війни на природу тривав протягом усіх дев'яти років російської агресії проти України (рис. 1). Однак, починаючи з лютого 2022 року, географія та масштаби цього впливу стали значно ширшими. Попри відсутність доступу до значної кількості даних про природні наслідки повномасштабної війни, вже зараз можна зробити попередні висновки про шкоду, завдану різним екосистемам, на основі відкритих джерел інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними онлайн-карти DeepState (рис. 2) [2], загальна площа окупованої території України становить приблизно 110000 кв.км, що еквівалентно 18% площі нашої країни. Крім того, за словами командувача Валерія Залужного, у 2022 році було звільнено 40000 кв. км української землі.

Таким чином, площа території, що потенційно може постраждати, може перевищувати 25%. Це ще більше, якщо врахувати, що багато територій регулярно обстрілюються або використовуються для будівництва оборонних периметрів (наприклад, кордон з білоруссю), навіть якщо вони не перебувають під окупацією жодного дня.

Згідно зі звітом Оперативного управління з документування екологічних злочинів, загалом в Україні вже постраждало 3 мільйони гектарів лісу (рис. 2–3), що еквівалентно майже третині лісового фонду

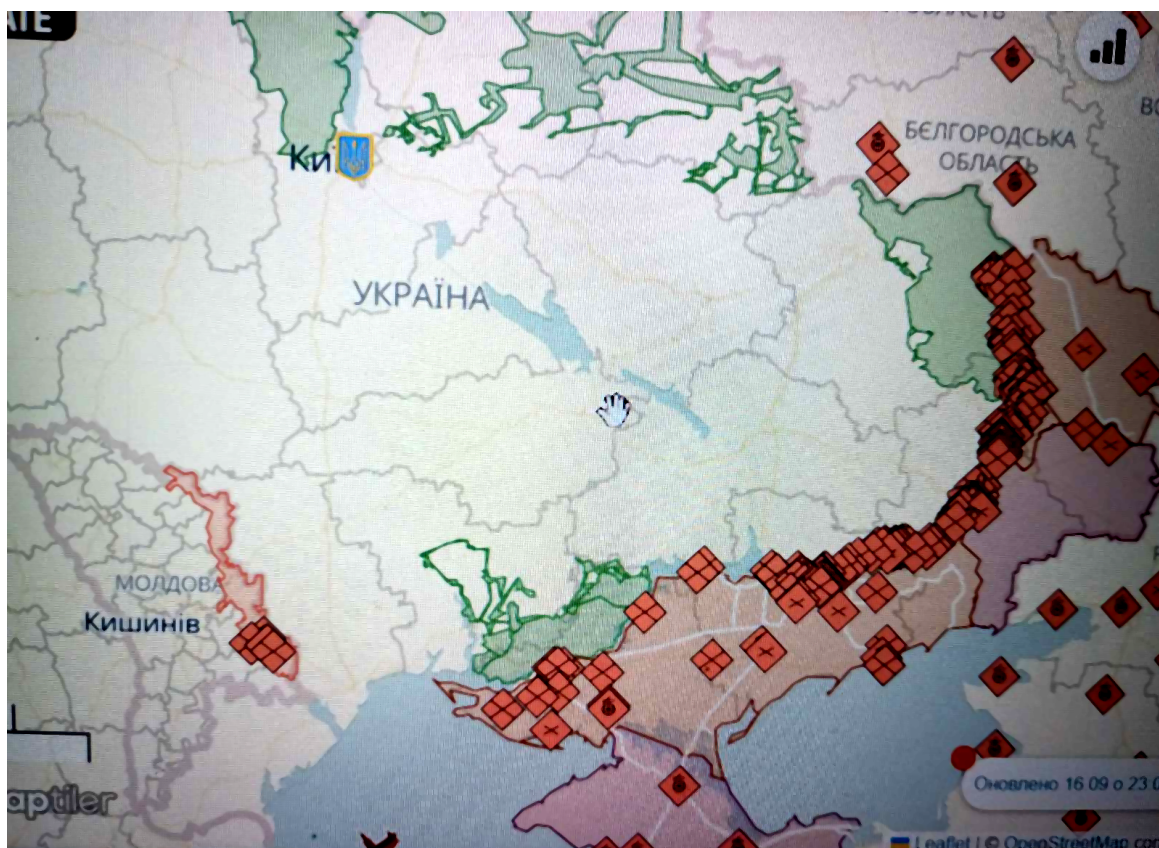


Рис. 2. Зображення загальної площі окупованих територій України



Рис. 3. Вплив наслідків військових дій на лісові ресурси Житомирщини

України [3]. Частина з них втрачена назавжди. Щоб відновити ліси на місці пошкоджених або згорілих, знадобиться щонайменше 30–20 років. Але це не єдина загроза для українських лісів. Йдеться насамперед про ліси Київської, Чернігівської, Житомирської, Сумської, Харківської, Луганської та Донецької областей (рис. 3–5).

Найбільше постраждали Чернігівська область – приблизно 400 000 га; Сумська область – 290 000 га; Луганська область – 200 000 га; Київська,

Житомирська та Харківська області – 120 000–160 000 га. Ці цифри є приблизними і не відображають реальної ситуації.

Війна – не перше випробування для лісистості Житомирщини, що межує з Білоруссю: у 1986 році внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС значна частина лісу була забруднена радіонуклідами; у 2020 році на півночі області вирували лісові пожежі, а лісовий фонд Держлісагентства становить 43 000 гектарів та близько 6 000 гектарів природного



Рис. 4. Вплив наслідків військових дій на лісові ресурси Житомирщини



Рис. 5. Вплив наслідків військових дій на лісові ресурси Житомирщини

заповідника «Древлянський», завдавши збитків на понад 1 мільярд гривень [6].

Виклад основного матеріалу. Починаючи з 24 лютого, від пожеж в Україні постраждало понад 40 000 га лісу. Половина з них знаходиться на території Чорнобильського біосферного заповідника. За даними Міністерства екології, пожежі в українських лісах цієї весни вже потроїлися порівняно з минулим роком внаслідок російського військового вторгнення. А цього року, в рік без такої посухи і без такого високого рівня пожежної небезпеки, пожежами вже охоплено понад 330 000 гектарів лісу. Це вдвічі більше, ніж у критичному 2020 році, і майже в 30 разів більше, ніж у будь-яку іншу пору року [4].

Майже половина лісових пожеж у Житомирській області цього року була спричинена обстрілами з боку російських військ. Російські окупаційні війська обстріляли та замінували частину лісів, коли залишали територію Житомирської області. Для Житомирської області, яка займає перше місце в Україні за площею лісів (1,1 мільйона гектарів), це не просто прикраса. Поки лісогосподарські підприємства підраховують свої збитки, Державна екологічна інспекція оцінює шкоду докільню від таких пожеж у десятки мільйонів гривень [5].

У житомирському лісі досі знаходять залишки російських ракет, а відвідування лісу в радіусі 20 км від українського та білоруського кордонів заборонено. Для регіону ліс – це не лише прекрасне місце, де можна подихати свіжим повітрям і відпочити, але й «платник податків» і засіб заробітку.

Науковці стверджують, що з точки зору природи, на територіях, де знищено або пошкоджено ліси, не сталося незворотної катастрофи. Дикі ліси мають шанс адаптуватися і відновитися після екологічних змін. Однак для посаджених лісів ці пожежі можуть мати смертельні наслідки. На деяких з цих територій ліси не відновлювалися десятиліттями: після 30 років дбайливого створення та захисту, після війни все доводиться починати з нуля. При цьому потрібно враховувати кліматичні зміни, які відбулися за цей період. У регіоні зменшилася кількість опадів, посилилися вітри та підвищилася спека. Це робить відновлення висаджених лісів більш складним і трудомістким.

Саме тому дуже важливо надавати пріоритет природним екосистемам при плануванні та реалізації проектів з післявоєнної відбудови.

Якщо зосередитися на відновленні постраждалих від війни екосистем, природа в більшості випадків відновить пошкодження. З іншого боку, багато екосистем зазнали незворотної шкоди і потребують активних заходів з відновлення.

Точні терміни відновлення природних екосистем визначити неможливо, оскільки вони залежать від типу екосистеми, що постраждала, і характеру пошкоджень. Крім того, природні процеси відновлення екосистем (так звані «вторинні переходи») дуже мінливі і не піддаються прогнозуванню термінів. В середньому, однак, для відновлення екосистем до довоєнного стану потрібні десятиліття (іноді більше ста років) [7].

Загалом, якщо кліматична криза посилиться в найближчі десятиліття, особливо під час військових дій, ліси України можуть зазнати таких наслідків:

- зниження продуктивності лісів, а отже, і запасів вуглецю, через часті та тривалі посухи;
- збільшення площі висихаючих лісів через монокультури в незвичних кліматичних та лісорослинних умовах, зокрема, насадження ялини в низинах Карпат, де традиційно зростали букові та ялицеві ліси, та вирощування сосни на багатих ґрунтах, які за своєю природою є характерними для листяних лісів;
- збільшення потенціалу для поширення шкідників та інвазивних видів;
- збільшення частоти та інтенсивності лісових і торф'яних пожеж, що призводить до тривалого задимлення населених пунктів;
- зростання потенціалу буревіїв через збільшення частоти штормів;
- зникнення багатьох лісових біотопів, включаючи невеликі лісисті водно-болотні угіддя та болота, а також полінезійські острівні ялинові ліси, що призвело до значного скорочення лісового біорізноманіття.

Головні висновки. Водночас ліси, як і інші продуктивні природні екосистеми, поглинають більшу частину викидів вуглекислого газу і тому мають великий потенціал для пом'якшення негативного впливу нашого суспільства на клімат. Таким чином, вплив війни на ліси є багатограним, і державним органам та науковцям ще належить оцінити всі його аспекти, підрахувати обсяги завданої шкоди та належним чином використати і зберегти переваги, які приносять лісові екосистеми.

Література

1. Державна екологічна інспекція України повідомляє / Державна екологічна інспекція України. Офіційний веб-портал. URL: <https://dei.gov.ua/post/2512> (дата звернення: 16.09.2023).
2. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2022 рік. URL: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/public/zvit/publicnii-zvit-za-2022.pdf> (дата звернення: 16.09.2023).
3. West A. J. Forests and National Security: British and American Forestry Policy in the Wake of World War I. *Environmental History*. 8(2). P. 270–293.
4. Зібцев С. В., Сошенський О. М., Голдаммер Й. Г. та ін. Лісоуправління на територіях, забруднених вибухонебезпечними предметами. WWF-Україна, 2022. 148 с.

5. Вплив російської війни в Україні на клімат. Проміжна оцінка викидів парникових газів. 1 листопада 2022. URL: <https://ecoaction.org.ua/wpcontent/uploads/2023/02/vplyv-ros-viyny-na-klimat-promizh-otsinka-parnhaziv.pdf>. (дата звернення: 16.09.2023).
6. Heiderscheidt D. The Impact of World War one on the Forests and Soils of Europe, The Undergraduate Research Journal at the University of Northern Colorado, 2018. 7 (3), Article 3. URL: <https://digscholarship.unco.edu/urj/vol7/iss3/3>
7. Gilmour D. A., San N. V., Tsechalicha X. Rehabilitation of degraded forest ecosystems in Cambodia, Lao PDR, Thailand and Vietnam. An overview. WWF. 2000. 36 p.
8. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recover_ugada/ua/environmental-safety-assembly.pdf (дата звернення: 16.09.2023).
9. Korol, K., Popovych, V., Pinder, V., Shyplat, T., Bosak, P. Chemical content of landfill neoreliefs in the territory of the subcarpathia forestry district of ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 2022. 23(12). P. 233-253. doi:10.12911/22998993/153457.
10. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України <https://ecozagroza.gov.ua/>. (дата звернення: 16.09.2023).
11. Барабаш О. В., Стецула Н. О. Вертикальне поширення мишоподібних гризунів у біотопах лісництв національного природного парку «Сколівські Бескиди». *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*, 2007. № 1 (31). С. 55–59.
12. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацева І.Г. Аналіз територіального розподілу об'єктів природно-заповідного фонду об'єднаних територіальних громад Коростенського району Житомирської області. *Екологічні науки : науково-практичний журнал. К. : видавничий дім «Гельветика»*, 2023. № 4(49). С. 186–193.
13. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.В., Пацева І.Г., Курбет Т.В. Оцінка стану природно-заповідного фонду Житомирської області. *Екологічні науки : науково-практичний журнал. К. : видавничий дім «Гельветика»*, 2023. № 3(48). С. 108–115.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 911.375.5:911.53 (477.44)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.17>

ХАРАКТЕРИСТИКА НАЙПОШИРЕНІШИХ ТИПІВ ЛАНДШАФТІВ МІСТА КРЕМЕНЦЯ

Бондар О.Б.¹, Бицюра Л.О.¹, Файфура В.В.¹, Ярема О.М.¹, Бебнєва Є.Р.²

¹Західноукраїнський національний університет

вул. Львівська, 11, 46009, м. Тернопіль

²Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка

вул. Лицейна, 1, 47003, м. Кременець

olexandr.bondar91@gmail.com

У статті розглянуто різноманітні типи ландшафтів, які є найпоширенішими на території міста Кременець, розташованого на півночі Тернопільської області. Зокрема, описано водний антропогенний ландшафт, сільськогосподарські польові ландшафти, селітебний ландшафт, ка'єрно-відвальний та лісогосподарські ландшафти.

Робота має наукову новизну, оскільки пропонує детальний аналіз найпоширеніших типів ландшафтів м. Кременець, який може служити підґрунтям для розробки екологічних стратегій та планів розвитку міста.

Водний антропогенний ландшафт відзначається такими видами трав'яних рослин, як щавель водяний, триреберник непачучий, люцерна посівна, донник білий та звіробій звичайний. Серед деревних рослин спостерігаються береза повисла, верба біла та ожина сиза.

Сільськогосподарський польовий ландшафт характеризується наступними трав'янистими рослинами: пшениця м'яка, овес посівний, люцерна посівна, пахуча трава звичайна, перійка звичайна, грицики звичайні та кульбаба звичайна. Серед деревних рослин можна виявити березу повислу, яблуню звичайну, грушу звичайну та малину звичайну.

Селітебний ландшафт включає такі трав'янисті рослини, як пахуча трава звичайна, кульбаба звичайна, подорожник великий та різні види хризантем. Серед деревних рослин поширені клен ясенелистий, самшит вічнозелений, туя західна та сосна звичайна.

Ка'єрно-відвальний ландшафт включає наступні трав'янисті рослини, як буркун лікарський, пахуча трава звичайна, злинка канадська, конюшина червонувата та очиток їдкий. Серед деревних порід поширені сосна звичайна, клен ясенелистий та береза поникла.

Лісогосподарський ландшафт представлений такими видами рослин, як материнка звичайна, злинка канадська, гвоздика польова, цикорій дикий, парило звичайне, суниця лісова, самосил звичайний та підмаренник запашний. Серед деревних порід поширені сосна звичайна, яблуня лісова, глід звичайний та клен ясенелистий.

Проте однією з основних задач є проведення аналізу та дослідження найпоширеніших видів ландшафтів у м. Кременець. Це включає вивчення основних характеристик кожного типу ландшафту, їх географічний розподіл на території міста та оцінку їхньої вразливості перед антропогенним впливом. *Ключові слова:* ландшафт, деревні рослини, трав'янисті рослини, м. Кременець, схема-карта.

Characterization of the most common types of landscapes in the city of Kremenets. Bondar O., Bytsiura L., Faifura V., Yarema O., Biebnieva Ye.

The article discusses the various types of landscapes that are most common in the city of Kremenets, located in the north of Ternopil region. In particular, the article describes the aquatic anthropogenic landscape, agricultural field landscapes, urban landscape, quarry and dumping landscapes, and forestry landscapes.

The work has a scientific novelty, as it offers a detailed analysis of the most common types of landscapes in Kremenets, which can serve as a basis for the development of environmental strategies and plans for the city's development.

The aquatic anthropogenic landscape is characterized by such herbaceous plant species as water sorrel, odorless trefoil, sowing alfalfa, white donner, and St. John's wort. Woody plants include hanging birch, white willow, and blueberry.

The agricultural field landscape is characterized by the following herbaceous plants: soft wheat, sowing oats, sowing alfalfa, common fragrant grass, common periwinkle, common shepherd's purse, and common dandelion. Among the woody plants, one can find hanging birch, common apple, common pear, and common raspberry.

The urban landscape includes such herbaceous plants as common fragrant grass, common dandelion, large plantain, and various types of chrysanthemums. Among the woody plants, ash maple, evergreen boxwood, western thuja, and scots pine are common.

The quarry and dump landscape includes the following herbaceous plants: sweet clover, common fragrant grass, Canadian plumage, reddish clover, and caustic stoncrop. Tree species include scots pine, ash maple, and drooping birch.

The forestry landscape is represented by such plant species as common oregano, Canadian witch hazel, field carnation, wild chicory, common ragwort, wild strawberries, common samosyl and fragrant marigold. The most common tree species are scots pine, wild apple, hawthorn, and ash maple.

However, one of the main tasks is to analyze and study the most common types of landscapes in Kremenets. This includes studying the main characteristics of each landscape type, their geographical distribution in the city, and assessing their vulnerability to anthropogenic impact. *Key words*: landscape, woody plants, herbaceous plants, Kremenets, map, schematic map.

Постановка проблеми. Місто Кременець розташоване на півночі Тернопільської області. Так, це місто характеризується різноманітною природною спадщиною та ландшафтами. У сучасних умовах стикаємося з різноманітними викликами, пов'язаними із впливом антропогенної діяльності на довкілля, та необхідністю ефективного керівництва ландшафтами для забезпечення сталого розвитку міста [6, 7].

Однак однією з основних завдань є проведення аналізу та дослідження найпоширеніших видів ландшафтів в м. Кременця. Це включає в себе вивчення основних характеристик кожного типу ландшафту, їх географічний розподіл на території міста та оцінку їхньої вразливості перед антропогенним впливом [8].

Для вирішення цих проблем необхідно провести науковий аналіз та висунути рекомендації, які можна буде використовувати при розробці стратегій розвитку міста Кременець і прийнятті рішень з питань природокористування та охорони ландшафтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження типів ландшафтів Тернопільщини були проведені рядом вчених: К.І. Геренчука [4], Л.І. Воропая [3], О.М. Маринича [8], М.Д. Орла [11], М.Р. Питуляк [12], С.Р. Новицьку [10], О.Б. Бондар [1], V. Belenok [13], S. Gorikumar [14] та інших дослідників. У рамках цих досліджень проводилось детальне вивчення морфологічної структури ландшафтів області, включаючи урочища та різноманітні місцевості. Крім цього, науковці склали ландшафтні карти, які відображали різні одиниці локального рівня цього регіону. Ці дослідження сприяли кращому розумінню та документуванню ландшафтного різноманіття Тернопільщини, що є важливим для збереження та раціонального використання природних ресурсів цієї області.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена. У даній публікації наведена характеристика 5 типів

ландшафтів та наведено їх видове різноманіття рослинності.

Науково новизною є геоботанічні описи найпоширеніших типів ландшафтів на території м. Кременця. Так, зокрема наступних ландшафтів: водний антропогенний, сільськогосподарський польовий, селітебний, ка'єрно-відвальний та лісогосподарський.

Методологія дослідження. Для ідентифікації різних антропогенних ландшафтних об'єктів використовувалася методика, розроблена Мільковим [5]. Ця методика дозволяє класифікувати різні види антропогенного ландшафту і вивчати їх характеристики. Для створення карт-схем, що описують місця розташування ландшафтів, використовувалися GPS-навігатори та карти Google Maps.

Для визначення видовий складу деревної і чагарникової рослинності використовували Визначник рослин України [2] та трав'янисті рослини України [9].

Викладення основного матеріалу: водний антропогенний ландшафт описує систему водних утворень, які були створені або змінені людиною під час її діяльності (рис. 1). Це включає в себе водосховища, ставки, канали та копанки, які виникли під час робіт з річками, а також водні комплекси, що виникли в результаті видобутку корисних копалин, таких як кар'єри, антропогенний карст та відстійники [5–7]. Крім того, це також включає в себе водні форми, які з'явилися в підземних розробках, таких як штольні, штреки та інші підземні простори.

Прикладом антропогенного водного ландшафту може бути «Королівський ставок» у селі Великі Млинівці Кременецького району Тернопільської області. Його координати – близько 50°07'35.3"N 25°39'41.6"E, а висота над рівнем моря становить приблизно 300 метрів (рис. 2).

На півночі цей тип ландшафту межує із забутими землями та старими будівлями (рис. 3).



Рис. 1. Водний антропогенний ландшафт

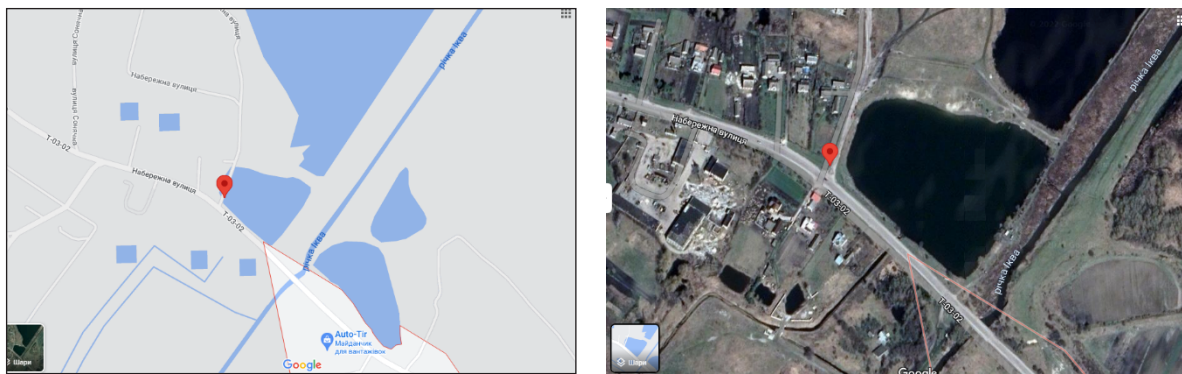


Рис. 2. Схеми-карта



а) на півночі

б) на півдні



в) на заході

г) на сході

Рис. 3. Межі ландшафту згідно сторін горизонту

На півдні межує із дорогою та полями. На заході цей ландшафт обмежений дорогою та полями. На сході ж він межує із забутими полями, і там можна побачити зону, яка нагадує зарослий берег стариці.

На маршруті зустрічали водні, сільськогосподарські та селітебні (малоповерхові) ландшафти. «Королівський ставок» розташований біля дороги та інших водойм.

Біля «Королівського ставка» трапляються такі види трав'янистих рослин: щавель водяний (*Rumex aquaticus* L.), триреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* L.), люцерна посівна (*Medicago sativa* L.), донник білий (*Melilotus albus* Mill.), звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.). Серед деревних рослин трапляються: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), верба біла (*Salix alba* L.), ожина сиза (*Rubus caesius* L.).

Сільськогосподарський польовий ландшафти займає найбільшу площу в сільському господар-

стві України. Наприклад, із загальної площі сільськогосподарських земель лісостепу України, яка становить 15,3 мільйони гектарів, близько 86,6% (13,2 мільйони гектарів) використовуються під обробку та обробку ґрунту [5–7].

Типовий приклад сільськогосподарського ландшафту – поле з певними культурами у будь-якому селі, селищі. Так, зокрема зі злаковими в с. Великі Млинівці Кременецького району Тернопільської області (рис. 5), що знаходиться за координатами: 50°07'19.4"N 25°40'13.5"E (рис. 18). Висота над рівнем моря 310 м.

На півночі даний ландшафт межує з полями з різноманітними злаковими полями та будинками. На півдні даний ландшафт межує з дорогою та будинками, садами із різноманітними деревами. На заході даний ландшафт межує з дорогою (Т-03-02), яка веде до села Сапанів та річки Іква. На сході даний ландшафт межує з дорогою (Т-03-02), яка веде до міста Кременець (рис. 6).



Рис. 4. Сільськогосподарський польовий ландшафт

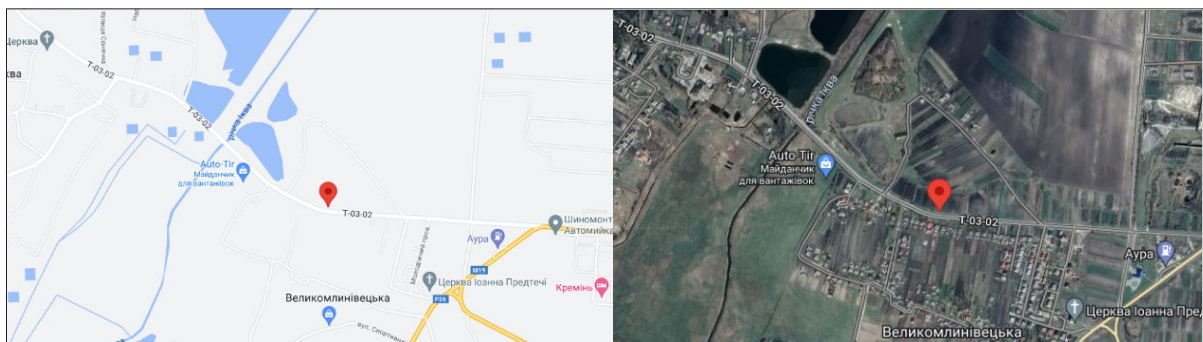


Рис. 5. Схема-карта



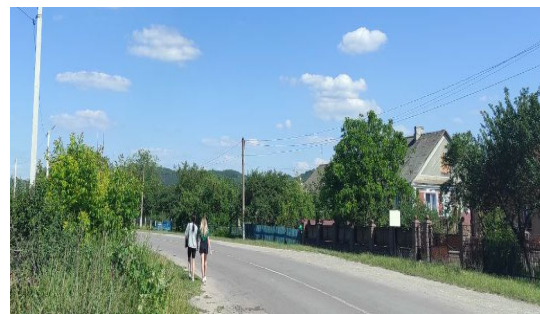
а) на півночі



б) на півдні



в) на заході



г) на сході

Рис. 6. Межі ландшафту згідно сторін горизонту

На маршруті зустрічали водні, сільськогосподарські та селітебні (малоповерхові) ландшафти. Поле розташоване біля дороги та різних будинків.

На полях зростають переважно такі культурні трав'янисті рослини: пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.), овес посівний (*Avena sativa* L.), люцерна посівна (*Medicago sativa* L.), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.). Серед бур'янів поширені наступні види: перійка звичайна (*Elymus repens* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.), кульбаба звичайна (*Taraxacum officinale* Wigg.).

Серед деревних рослин трапляються: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), яблуня звичайна (*Malus domestica* Roth.), груша звичайна (*Pyrus communis* L.), малина звичайна (*Rubus idaeus* L.).

Селітебні ландшафти представляють собою ландшафти, які розташовані на заселених територіях. Ця категорія ландшафтів стала результатом активного впливу людини на навколишнє середо-



Рис. 7. Селітебний ландшафт

вище та формування антропогенних ландшафтів. З точки зору науки ландшафтознавства, цей термін введений Мільковим [5–7], і він описує ландшафти, що включають в себе населені пункти, такі як міста і села з їхніми вулицями, дорогами, садами і парками (рис. 7).

Багатоповерхові житлові будинки зустрічаються майже в усіх містах України. Один із типових прикладів цього виду міських селітебних ландшафтів. Цей п'ятиповерховий будинок розташований на вулиці Симона Петлюри в м. Кременець. Його географічні координати: 50°07'13.9"N 25°42'00.3"E. Висота цього місця над рівнем моря становить приблизно 330 метрів.

На півночі даний ландшафт межує з дорогою та малоповерховими будинками, а півдні – різноманітними видами кущами та деревами, після яких знаходяться будинки. На заході даний ландшафт межує з іншими будівлями, наприклад, аптеками, магазинами, а на сході – межує з багатоповерховим будинком і різноманітними кущами (рис. 8).

На маршруті зустрічала деякі типи селітебних (зокрема мало- та багатоповерхові, садово-паркові), і лінійно-дорожніх (автомобільні дороги) ландшафтів.

Біля п'ятиповерхового будинку на вул. Симона Петлюри в м. Кременець Тернопільської області, зростають такі види трав'яних рослин, як: пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.), кульбаба звичайна (*Taraxacum officinale* Wigg.), подорожник великий (*Plantago major* L.), різні види хризантем (*Chrysanthemum* L.). Серед деревних рослин поширені такі види дерев: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), самшит вічнозелений (*Buxus sempervirens* L.), туя західна (*Thuja occidentalis* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.).

Ка'єрно-відвальний ландшафт є важливою частиною ландшафтної структури України, і приблизно 82 % корисних копалин видобувається відкритим способом в цих областях (рис. 10). У цьому типі ландшафту існують різновікові кар'єрно-відвальні комплекси, які перебувають на різних стадіях розвитку. Деякі з них були рекультивовані, але біль-

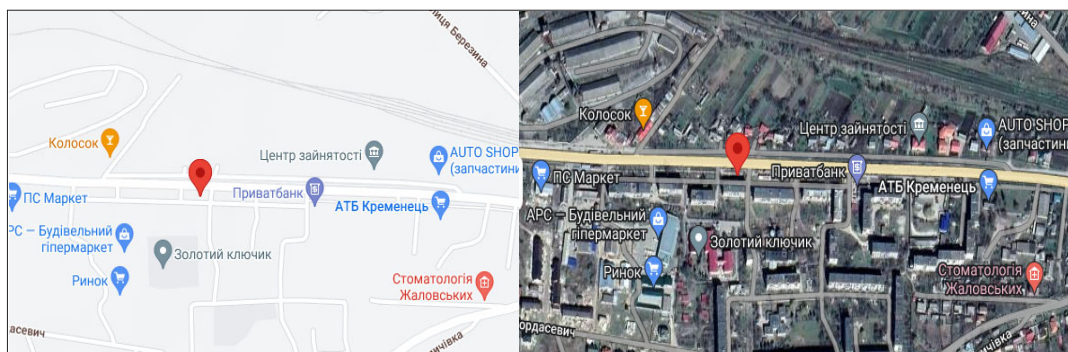
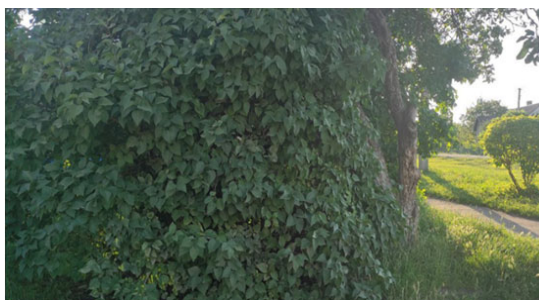


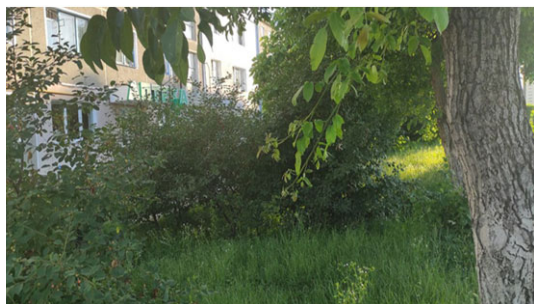
Рис. 8. Схема-карта



а) на півночі



б) на півдні



в) на заході



г) на сході

Рис. 9. Межі ландшафту згідно сторін горизонту



Рис. 10. Кар'єрно-відвальний ландшафт

шість природно саморегулюються. Крім того, окремі з цих кар'єрів можуть бути окультуреними, оскільки їх використовують для рекреації, зокрема як пасовища та сінокоси [5–7].

Прикладом кар'єрно-відвального типу ландшафту є крейдяний кар'єр на вул. Піддівичій у м. Кременець. Координати даного місця: $50^{\circ}07'04.3''N$ $25^{\circ}43'26.7''E$. Висота над рівнем моря близько 385 м (рис. 11).

На півночі даний ландшафт межує з містом Кременець, а півдні – межує з сосновим лісом. На заході та сході цей ландшафт межує з сосновими лісами (рис. 12).

На маршруті зустрічала різні лінійно-дорожні (дороги), селітебні (мало- та багатоповерхові будинки) та лісові ландшафти. Кар'єр межує з сосновим лісом.

Біля крейдяного кар'єру трапляються такі трав'янисті рослини: буркун лікарський (*Melilotus officinalis* L.), пахуча трава звичайна (*Anthoxanthum odoratum* L.), злинка канадська (*Erigeron canadensis* L.), конюшина червонувата (*Trifolium rubens* L.), очиток їдкий (*Sedum acre* L.). Серед деревних порід зустрічаються наступні види дерев: сосна

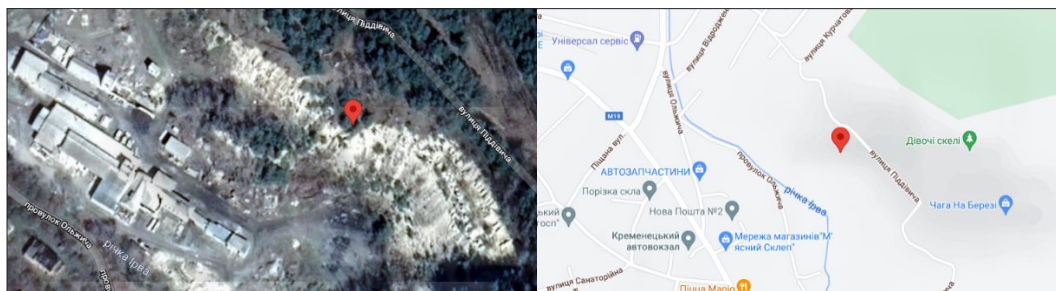
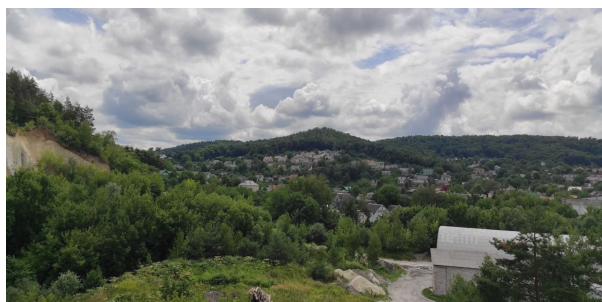


Рис. 11. Схема-карта



а) на півночі



б) на півдні



в) на заході



г) на сході

Рис. 12. Межі ландшафту згідно сторін горизонту

звичайна (*Pinus sylvestris L.*), клен ясенелистий (*Acer negundo L.*), береза поникла (*Betula pendula Roth.*).

Лісогосподарські ландшафти формуються для лісового господарства. На противагу іншим антропогенним ландшафтам лісові протягом довготривалого господарського освоєння не формували, а знищували. На їх місці виникли сільськогосподарські, промислові та інші антропогенні комплекси. Лісогосподарські ландшафти, що лишилися на території України, є складним поєднанням штучних насаджень – лісових культур і змінених залишків природної лісової рослинності [5–7].

Прикладом умовно-натуральних лісів може бути сосновий ліс біля вул. Піддівичої у м. Кременець Тернопільської області (рис. 14). Деревина тут неодноразово рубалася та заново насаджувалася, проте видовий склад змінився не докорінно (сосна звичайна

(*Pinus sylvestris L.*) залишилася домінантним видом). Координати даного місця: 50°07'07.8"N 25°43'29.0"E (рис. 14). Висота над рівнем моря: ~390 м.

На півночі ландшафт межує з крейдяним кар'єром, а на півдні, заході та сході межує з мішаними широколистяними лісами. На маршруті зустрічали різні лінійно-дорожні (дороги), селітебні (малоповерхові будинки) та кар'єрно-відвальні (крейдяний кар'єр) ландшафти.

Біля соснового лісу серед трав'яних рослин трапляються такі види: материнка звичайна (*Origanum vulgare L.*), злинка канадська (*Erigeron canadensis L.*), гвоздика польова (*Dianthus campestris L.*), цикорій дикий (*Cichorium intybus L.*), парило звичайне (*Agrimonia eupatoria L.*), суниця лісова (*Fragaria vesca L.*), самосил звичайний (*Teucrium chamaedrys L.*), підмаренник запашний



Рис. 13. Лісогосподарський ландшафт

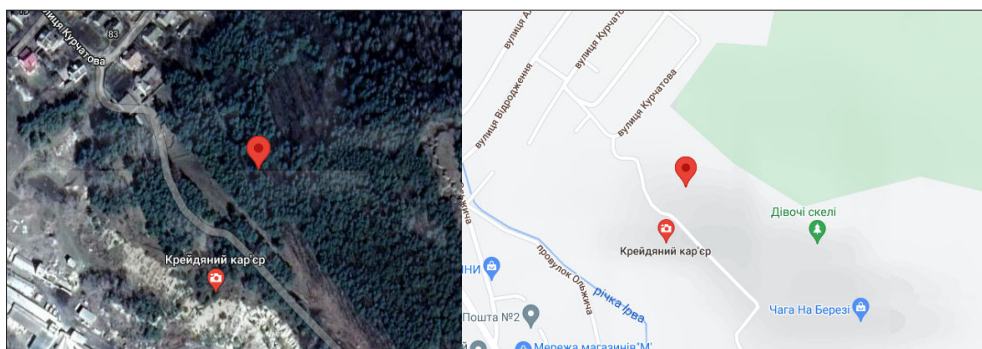


Рис. 14. Схема-карта

(*Galium odoratum L.*). Серед деревних порід трапляються такі види: сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*), яблуня лісова (*Malus sylvestris Mill.*), глід звичайний (*Crataegus laevigata L.*), клен ясенелістий (*Acer negundo L.*).

Головні висновки: В даній статті були розглянуті та описані різноманітні типи ландшафтів, що характерні для міста Кременець, розташованого на півночі Тернопільської області. Дослідження охопило водний антропогенний ландшафт, сільськогосподарські польові ландшафти, селітебний ландшафт,

ка'єрно-відвальний та лісгосподарські ландшафти. Окрема увага була приділена значенню природної спадщини та впливу антропогенних факторів на навколишнє середовище міста.

Для успішного вирішення проблем, пов'язаних із збереженням природного середовища та сталим розвитком міста, необхідно провести подальший науковий аналіз та розробити рекомендації, які можна буде використовувати при формуванні стратегій розвитку міста Кременець, а також прийнятті рішень з питань природокористування та охорони ландшафтів.

Література

1. Бондар О.Б., Гурська О.В., Кремпович Л.С., Тригуба О.В. Опис і характеристика сільськогосподарських, лісгосподарських, лінійно-дорожніх та водних ландшафтів під час навчально-ландшафтної практики. Екологічні науки : науково-практичний журнал 2023. № 3(48). С. 23–31. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.3>
2. Визначник рослин України : учбовий посібник / Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного АН УРСР, А.І. Барбарич, Є.М. Брадів, О.Д. Вісюлін, М.І. Котов та ін.; Редкол.: Відп. ред. д. К. Зеров. вид. друге, виправлене і доповнене. Київ : Урожай, 1965. 875 с.
3. Воропай Л.І., Кожуріна М.С., Рибін М.М. Фізико-географічне районування Подільських областей. Чернівці: Вид-во Чернів. ун-ту, 1982. 142 с.
4. Геренчук К. І., Койнов М.М., Цись П.М. Природно-географічний поділ Львівського та Подільського економічних районів. Львів: Вид-во Львів, ун-ту, 1964. 221 с.
5. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтно-екології. К.: Либідь, 1993. 224 с.
6. Давиденко В.А., Білявський Г. О., Арсенюк С. Ю. Ландшафтна екологія: навчальний посібник. К.: Лібра, 2007. 280 с.
7. Максименко Н.В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика: монографія. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 216 с.
8. Маринич О.М., Ланько А.І., Щербань М.І., Шищенко П.Г. Фізична географія Української РСР. К.: Вища школа, 1982. 208 с.
9. Морозюк С.С., Протопопова В.В. Трав'янисті рослини України: Навчальний посібник. Тернопіль: Навчальна книга Богдан, 2007. 216 с.
10. Новицька С. Р. Рекреаційний потенціал ландшафтів Тернопільської області. Вісник Тернопільського відділу Українського географічного товариства. Тернопіль : Тайп, 2020. № 4 (вип. 4). С. 96–101.
11. Орел М.Д. До характеристики природних комплексів річкових долин Заліщицького району Тернопільської області. Вісник Львівського державного університету ім. І. Франка, серія: географічна, випуск 9. Львів, Вид-во при Львівському державному університеті, 1975. С. 22–26.
12. Питуляк, М. Питуляк М. З історії дослідження ландшафтів Тернопільщини. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія. 2015. Вип. 2 (39). С. 9–15.
13. Belenok Vadim, Noszczyk Tomasz, Hebryn-Baidy Liliia, Kryachok Sergiy. Investigating anthropogenically transformed landscapes with remote sensing, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 24, 2021, 100635, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100635>.
14. Gopikumar S., Rajesh Banu J., Harold Robinson Y., Shanmuganathan Vimal, Kadry Seifedine, Rho Seungmin. Novel framework of GIS based automated monitoring process on environmental biodegradability and risk analysis using Internet of Things, Environmental Research, 94, 2021, 110621, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110621>.

ІНТРОДУКЦІЯ ДЕКОРАТИВНИХ ЗЛАКІВ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В МІСЬКОМУ ОЗЕЛЕНЕННІ

Зубровська О.М.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг
zubrovaska@ukr.net

У статті наведено еколого-біологічні особливості розвитку декоративних злаків у умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (Правобережний Степ України). Встановлено, що досліджувані види родини *Poaceae* Barnhart добре пристосовуються до ґрунтово-кліматичних умов району інтродукції, проходять повний цикл розвитку і відзначаються високою декоративністю. Найінформативніше на кліматичні зміни реагували *Festuca ovina*, *Festuca cinerea* і *Miskantus sinensis*, які зростають на території саду значний час. Рослини обох видів костриць за останні 15 років достовірно не змінили ритми розвитку, хоча цвісти починали на 15 днів раніше, ніж в природних ареалах України. У *M. sinensis* на 35–40 днів збільшився вегетаційний період (за рахунок відносно теплої осені та зими). За початком весняного відростання всі інтродуковані злаки було виділено у три групи: раннього (II–III декада березня), середнього (I–II декада квітня) та пізнього (III декада квітня) відростання. Показано, що види перших двох груп успішно проходять всі фенологічні фази розвитку, регулярно формують життєздатне насіння, хоч і мають різний рівень насіннєвої продуктивності: високий (3 види), середній (5 видів) та низький (1 вид). Більшість декоративних злаків реалізують свої потенційні можливості на середньому та високому рівнях (коефіцієнт насіннєфікації становить 27,0–74,4%), що свідчить про їх екологічну пластичність та достатній ступінь адаптації до умов степової зони України. Проведена комплексна оцінка успішності інтродукції досліджуваних видів родини *Poaceae* дозволила нам виділити серед них найбільш пристосовані до місцевих едафо-кліматичних умов: *Festuca ovina*, *Festuca cinerea*, *Koeleria glauca*, *Bouteloua gracilis*, *Sorghastrum nutans*, *Miscanthus sinensis*, *Sesleria heufleriana*, *Pennisetum alopecuroides*, *Imperata cylindrica*, *Schizachyrium scoparium* та *Panicum virgatum*. Вони можуть збільшити асортимент рослин для використання в озелененні міських територій і рекреаційних зон населених пунктів Правобережного Степу України. **Ключові слова:** *Poaceae* Barnhart, фенологія, насіння, інтродукція, фіторізноманіття.

Introduction of ornamental grasses in the Steppe of Ukraine and perspectives of using them in urban landscaping. Zubrovskaya O.

The article contains the ecological and biological features of the development of ornamental grasses during their introduction in the conditions of Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Right-Bank Steppe of Ukraine). It was established that the studied species of the family *Poaceae* Barnhart are well adapted to the soil and climatic conditions of the steppe zone of Ukraine, undergo a full development cycle and are characterized by a high degree of decorativeness. The plants *Festuca ovina*, *Festuca cinerea* and *Miskantus sinensis*, which have been undergoing introduction trials for a considerable time, showed their adaptation potential to climate changes to the fullest. Plants of both species of *Festuca* have not reliably changed the rhythms of development over the past 15 years, although they started blooming 15 days earlier than in the natural habitats of the species in Ukraine. Whereas the vegetation period in *M. sinensis* increased by 35–40 days (due to the relatively warm autumn and winter). All introduced ornamental grasses were divided into three groups: of early (II–III decade of March), of medium (I–II decade of April) and of late (III decade of April) regrowth. It has been shown that the species of the first two groups successfully pass all phenological phases of development, regularly form viable seeds and have different levels of seed productivity: high (3 species), medium (5 species) and low (1 species). Most of ornamental grasses realize their potential at medium and high levels (the coefficient of seed productivity is 27.0–74.4%). This indicates a sufficient degree of their adaptation to the natural and climatic conditions of the steppe zone of Ukraine and high ecological plasticity. A comprehensive assessment of the success of the introduction of the studied plants of the family *Poaceae* allowed us to identify the species most adapted to local edapho-climatic conditions. They make it possible to expand the assortment of plants for use in the landscaping of urban areas and recreational areas of the Right Bank Steppe of Ukraine. These include *Festuca ovina*, *Festuca cinerea*, *Koeleria glauca*, *Bouteloua gracilis*, *Sorghastrum nutans*, *Miscanthus sinensis*, *Sesleria heufleriana*, *Pennisetum alopecuroides*, *Imperata cylindrica*, *Schizachyrium scoparium* та *Panicum virgatum*. These species retain their decorativeness throughout the entire growing season, and are successfully propagated both by seeds and by dividing the bush, and do not need special care. **Key words:** *Poaceae* Barnhart, phenology, seeds, introduction, phytodiversity.

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Поєднання негативних наслідків урбанізації та поступова аридизація клімату у степовій зоні України, які особливо гостро проявляються у великих містах (в тому числі і в Кривому Розі), зумовлюють зміну життєвих та декоративних показників багаторічних рослин, знижують їх середовищеві функції і можуть призвести до збіднення фіторіз-

номаніття в культурфїтоценозах [1, 2]. Асортимент квітничково-декоративних видів, які сьогодні застосовуються для озеленення в Україні, надзвичайно обмежений, порівняно з таким у провідних країнах світу [3] і потребує вдосконалення та заміни традиційних культур, на нові, не вимогливі до умов вирощування. За кордоном досить новою течією у міському озелененні є використання декоративних злакових куль-

тур, які цінуються не лише за оригінальний габітус куща, цікаве сезонне забарвлення листя і привабливе колосіння, але й за тривалий період декоративності. Невиблагливі, витончені злаки – чудовий матеріал для створення живописних композицій у природному стилі [4, 5] та садів «Нової хвилі» Піта Удольфа [6]. В Україні декоративні злаки також почали набувати популярності у міських насадженнях, проте є досить рідкісними у практиці сучасного озеленення. Це пояснюється обмеженим асортиментом видів і культурварів, пристосованих до місцевих кліматичних умов, а також недостатньою вивченістю їх еколого-біологічних особливостей розвитку та напрямків практичного застосування.

Більшість сучасних наукових досліджень зосереджуються на з'ясуванні енергетичної і кормової цінності видів родини *Poaceae* Barnhart [7, 8], їх металотолерантності [9, 10] та використання в якості фітомеліорантів [11, 12]. Крім того, за кордоном своєрідної популярності набуває створення «зелених дахів» з використанням злакових культур [13] і вивчення особливостей їх вегетативного розмноження [14, 15]. Вітчизняними інтродукторами на сьогодні вже детально обґрунтовано перспективність використання декоративних злаків для озеленення Лісостепу, Полісся та південного сходу України [16, 17, 18]. Натомість, в умовах степової зони України такі дослідження носять поодинокий характер [19], а на Криворіжжі взагалі не проводилися. За оцінкою стану квітниково-декоративних насаджень м. Кривий Ріг нами встановлено, що існує низка негативних моментів щодо їх формування і ефективного використання [2], які, на нашу думку, можна вирішувати за рахунок представників родин *Poaceae*. Саме тому **метою нашої роботи** було вивчити еколого-біологічні особливості деяких видів родини *Poaceae*, оцінити успішність їх інтродукції у Криворізький ботанічний сад НАН України та перспективність використання для міського озеленення в умовах Степу України.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами дослідження виступали інтродуковані в Криворізький ботанічний сад НАН України (КБС) види та сорти багаторічних декоративних злаків. Оскільки Кривий Ріг знаходиться у степовій зоні (Правобережне степове Придніпров'я) і входить до складу посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони, то природно-кліматичні умови КБС характеризуються нестачею вологи у повітрі і ґрунті, аномально високими літніми температурами (до +38 °C) та нестійким сніговим покривом взимку. Влітку часто спостерігаються суховії, а взимку – відлиги, іноді з підвищенням температури у січні-лютому до +5,5 °C (у 2021–2022 рр.). За останні 30 років на Криворіжжі середньорічна температура повітря підвищилася на понад 2 °C і складає +8,7 – +11,2 °C (у 2003–2021 рр.) [20, 21]. Сума активних температур (вище за +10 °C) у середньому становить

3100 °C. Річна сума опадів у 2003–2021 роках коливалася в межах 200–560 мм [22].

Дослідження проведено протягом 2004–2022 рр на ділянках відділу природної та культурної флори КБС. Еколого-біологічні показники декоративних злаків і терміни проходження фенологічних фаз росту та розвитку визначали загальноприйнятими методами. Фіксували фази початку весняного відростання, цвітіння, початку плодоношення, закінчення вегетації. Визначали тривалість цвітіння та здатність до нормального плодоношення [8]. Насінневу продуктивність визначали за методикою І.В. Вайнагія [23], де обчислювали показники потенціальної насінневої продуктивності (ПНП) – кількість насінних зачатків на особину або генеративний пагін, фактичної насінневої продуктивності (ФНП) – кількість повноцінних зрілих насінин та коефіцієнту насінневої (КН) – відношення ФНП до ПНП. Життєві форми описували за К. Раункієром [24], а успішність інтродукції оцінювали за П.Є. Булахом [25].

Виклад основного матеріалу. Злакові (*Poaceae* Barnhart), або токоногові – одна з найбільших родин покритонасінних рослин, що складається з близько 12000 видів багаточільового використання, 340 з яких зростають і в Україні [26]. На початку 2000-х років у КБС на ділянках відділу природної та культурної флори розпочалося створення Національної колекції видів роду *Stipa* як способу збереження біорізноманітності флори в умовах посиленого антропогенного пресу, яка остаточно була оформлена у 2011 р. [27], а в 2022 р. отримала статус Національного надбаня України. У цей же період було інтродуковано перші види декоративних злаків з родин *Festuca* L. і *Miscanthus* Anderss. З 2019 р. і дотепер поповнення колекції спрямоване на розширення видового і сортового різноманіття рослин. Наразі у відділі природної та культурної флори проводяться інтродукційні випробування 14 видів та 10 сортів багаторічних декоративних злаків.

Рослини суттєво міняють ритміку процесів росту і розвитку, пристосовуючись до кліматичних умов конкретної території, яка має свої, притаманні їй сезонні явища і свої календарні строки їх настання. Зважаючи на стійку тенденцію клімату до аридизації в умовах Степу найповніше свій адаптаційний потенціал проявляли рослини *Festuca ovina* L., *Festuca cinerea* Vill. та *Miscanthus sinensis* Anderss, які зростають у КБС значний час. Особливості реакції на кліматичні зміни у згаданих видів значно відрізнялися. Так, рослини обох видів костриць за останні 15 років достовірно не змінили терміни початку і закінчення фаз розвитку. Весняне відростання у рослин відбувається в другій половині березня, а завершується вегетація у II–III декаді листопада (табл. 1). Цвітіння порційне, швидкоплинне (6–8 діб у *F. ovina* і 7–15 діб у *F. cinerea*) і припадає на кінець травня, плодоутворення – на другу половину червня, а терміни цих фаз в умовах КБС протягом 2004–2022 років незмінні.

Фенорозвиток видів родів *Festuca* L. і *Miscantus* Anderss. інтродукованих у Криворізький ботанічний сад НАН України

Роки дослідження	Початок вегетації	Початок цвітіння	Початок плодоношення	Закінчення вегетації	Діб вегетації
<i>Festuca ovina</i> L.					
2004–2008	26.03±15	20.05±3	18.06±8	15.11±27	232,8±26,3
2009–2015	16.03±9	23.05±11	25.06±10	10.11±27	240,4±31,5
2018–2022	19.03±18	21.05±6	26.06±6	24.11±22	243,3±12,3
<i>Festuca cinerea</i> Vill.					
2004–2009	18.03±11	17.05±3	22.06±6	10.11±28	238,2±33,4
2010–2015	16.03±8	27.05±13	1.07±14	15.11±20	241,8±21,0
2018–2022	20.03±21	22.05±8	30.06±8	3.12±13	261,8±38,3
<i>Miscantus sinensis</i> Anderss.					
2004–2006	19.04±5	7.08±7	10.09±8	1.11±18	192,7±24,6
2007–2009	4.04±13	11.08±4	17.09±2	22.11±15	235,3±4,9
2018–2022	4.04±14	5.08±16	12.09±16	13.12±4	251,3±15,6

Зауважимо, що за літературними даними в природних ареалах України як *F. ovina*, так і *F. cinerea* починали цвітіння на 15–20 діб пізніше (у червні) [26, 28, 29]. Враховуючи широку амплітуду коливання дат початку і кінця розвитку (18–27 діб) достовірно не доведено зміни і тривалості вегетації. Загалом отримані результати можуть вказувати на низький рівень пластичності видів роду *Festuca*, як не здатних реагувати на кліматичні зміни і пристосуватися до них, або ж на високий рівень життєвості, що підтверджується широким розповсюдженням представників виду [30].

Дослідження ритмів розвитку *M. sinensis* в умовах Криворіжжя вказує на те, що весняне відростання рослини, без змін, починається на початку квітня з різницею 5–10 діб, залежно від настання сталих позитивних температур (дивись табл. 1). Завершення вегетації в 2019–2022 рр. відбувається в I декаді грудня, тоді як 15 років тому – на початку листопада. Завдяки таким змінам вегетаційний період збільшується на 35–40 діб і досягає 251 доби. Достовірно підтверджених змін ритмів розвитку генеративної сфери рослин цього виду не виявлено: цвітіння починається в першій половині серпня, плодоношення – у другій половині вересня. Зазначимо, що міскантус китайський в умовах Лісостепу України фази цвітіння, яка триває 18–26 діб, досягає також у серпні [8, 16].

Особливо важливими для оцінки адаптивної здатності інтродукованих видів злакових рослин до нових умов є строки весняного відростання. Так, за початком весняного відростання в умовах КБС нами було виділено три групи злаків:

1) раннього відростання (II–III декада березня) – *Festuca ovina* L., *F. cinerea* Vill., *Koeleria glauca* Coleman ex Willk. & Lange, *Sesleria heuffleriana* Schur;

2) середнього відростання (I–II декада квітня) – *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosum* (Wild.) Schubl.

et. Martens. ‘Variegatum’, *Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash, *Spodiopogon sibiricus* Trin., *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths, *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. ‘Red Baron’, *Miscanthus sinensis* Anderss., *M. sinensis* Anderss.: ‘Zebrinus’, ‘Malepartus’, ‘Ferner Osten’, ‘Yakushima Dwarf’, *Leymus sabulosus* (M. Bieb.) Tzvelev, *Sorghastrum nutans* (L.) Nash;

3) пізнього відростання (III декада квітня) – *Miscanthus* × *giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize, *Chasmanthium latifolium* (Michx.) Yates., *Panicum virgatum* L. ‘Prairie Sky’, *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng., *P. alopecuroides* (L.) Spreng.: ‘Hameln Gold’, ‘Black Alvernee’, ‘Moudry’, *Spartina pectinata* Bosc ex Link.

Варто зазначити, що більшість видів в умовах Степу України показали високий рівень віталітету, успішно проходили етапи онтогенезу, фенофази і давали життєздатне насіння. Лише рослини *M. × giganteus* закінчували вегетацію у фазі викидання волоті, а *I. cylindrica* ‘Red Baron’ – у фазі виходу в трубку.

Регулярне плодоношення інтродукованого виду та отримання якісного насінневого матеріалу – одна з основних ознак його життєздатності в нових для нього ґрунтово-кліматичних умовах [31]. А величина потенційної насінневої продуктивності відображає генетичну здатність виду до запліднення [23]. Нами встановлено, що в умовах степової зони України досліджені декоративні злаки регулярно формують життєздатне насіння. Максимальна потенційна насіннева продуктивність була притаманна *K. glauca* та *S. scoparium* (219,0±1,97 та 212,0±1,19 насінних зачатків на генеративний пагін відповідно), мінімальна – *P. alopecuroides* та *F. ovina* (56,0±1,56 та 78,0±1,43 насінних зачатків на генеративний пагін відповідно) (табл. 2). Фактична насіннева продуктивність, яка, за нашими даними, варіювала від

Показники насіннєвої продуктивності декоративних злаків в умовах інтродукції у степовій зоні України

Вид	Роки життя	Насіннєва продуктивність		Коефіцієнт насіннєфікації (КН), %
		Потенційна (ПНП)	Фактична (ФНП)	
<i>Festuca ovina</i> L.	5	78,0±1,43	62,0±1,81	79,5
<i>Festuca cinerea</i> Vill.	5	130,0±2,13	81,0±1,98	62,3
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	5	198,0±2,07	157,0±0,96	79,3
<i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC.	3	219,0±1,97	168,0±0,96	76,7
<i>Sesleria heufleriana</i> Schur.	5	164,0±2,05	90,0±1,90	54,9
<i>Sorghastrum nutans</i> (L.) Nash	3	86,0±1,52	58,0±1,15	67,4
<i>Pennisetum alopecuroides</i> L. Spreng.	3	56,0±1,56	25,0±0,39	44,6
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	3	208,0±3,66	56,0±1,20	27,0
<i>Schizachyrium scoparium</i> (Michx.) Nash	3	212,0±1,19	136,0±1,47	64,2

25,0±0,39 (*P. alopecuroides*) до 168,0±0,96 (*K. glauca*) насінин на генеративний пагін, вказує на результат сезонного розвитку видів.

Важливим при визначенні рівня акліматизації до умов інтродукції та здатності рослини до розмноження є ступінь реалізації потенційних можливостей, виражений коефіцієнтом насіннєфікації [32].

Оскільки абсолютні показники насіннєвої продуктивності інтродукованих злаків мали достатньо великі відмінності, то коефіцієнт насіннєфікації становив 27,0–74,4% (дивись табл. 2), а всі види виокремили у 3 групи: високопродуктивні (КН становить 75–100%) – *F. ovina*, *M. sinensis*, *K. glauca*; види з середньою продуктивністю (40–75%) – *F. cinerea*, *S. heufleriana*, *S. nutans*, *S. scoparium*, *P. alopecuroides*;

низкопродуктивні (0–40%) – *B. gracilis*. Загалом, більшість декоративних злаків в умовах КБС реалізували свої потенційні можливості на середньому та високому рівнях, що свідчить про їх успішну інтродукцію в едафо-кліматичні умови степової зони України.

На основі проведеного інтродукційного дослідження нами були відібрані види перспективних декоративних злаків для міського озеленення в умовах Правобережного степу України (табл. 3). Ці види зберігають декоративність протягом вегетаційного періоду, успішно розмножуються як насінням, так і поділом куща, і не потребують особливого догляду. По відношенню до ґрунтових умов вони є мезофітами.

Таблиця 3

Перспективні види декоративних злаків для міського озеленення у степовій зоні України

Вид	Ареал поширення	Місцезростання	Декоративні якості	Застосування
1	2	3	4	5
<i>Festuca ovina</i> L. – костриця овеча	Європа, Північна Азія, Північна Америка	луки, піски, насипи гальки, узлісся, лісові галявини, вирубки, сосняки	щільнокущова зимовозелена рослина до 20 см заввишки; листки зелені, вузькі; волоть розлога, зелена	укріплення схилів, оформлення газонів, рабатов, бордюрів, міксбордерів, альпінаріїв, як контейнерна культура
<i>Festuca cinerea</i> Vill. – костриця сизувата	Європа, Середземномор'я, Мала Азія	кам'янисті схили та вапнякові скелі	щільнокущова зимовозелена рослина до 40 см заввишки; листки сизувато-смагдові, вузькі; волоть розлога, сизо-зелена	укріплення схилів, оформлення газонів, рабатов, бордюрів, міксбордерів, альпінаріїв, як контейнерна культура
<i>Koeleria glauca</i> DC. – кипець сизий, тонконіг сизий	Помірна Європа, Азія	степи, узбіччя доріг, кам'янисті та піщані схили річок і озер, соснові ліси	щільнокущова, злегка опушена рослина до 40 см заввишки; листки сизувато-зелені, вузькі; волоть циліндрична, щільна, світло-зелена	оформлення клумб, газонів, кам'янистих гірок, альпінаріїв, міксбордерів, як контейнерна культура
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths – бутелуа витончена	Північна Америка	кам'янисті схили, гірські рівнини, короткотравні степи	пухкокущова рослина до 40 см заввишки; листки сіро-зелені, нитковидні, вигнуті або звисаючі; суцвіття розлогі, пурпурно-зелені	оформлення кам'янистих гірок, альпінаріїв, як солітерна чи контейнерна культура

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
<i>Sorghastrum nutans</i> (L.) Nash – сорга-струм пониклий	Північна Америка, Індія	рівнини, низини, плато, відкриті ліси, сухі схили, савани	щільнокущова рослина заввишки 1,0–2,0 м; листки зелені чи блакитно-зелені, лінійні; волоть щільна, пір'япо-дібна, сріблясто-жовта	оформлення міксбордерів, ширм, екранів і живоплотів, гарна акцентна рослина
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss. – міскантус китайський	Японія, Східний Китай, Корея	лісові галявини, серед кущів, відкриті кам'янисті схили	щільнокущова рослина заввишки до 1,5 м; листки поникаючі, вузькі, зелені, з вираженою середньою жилкою; волоть рожевувато-срібляста, крупна, віялоподібна	оформлення ширм, екранів і живоплотів, невеликі групи на газоні та клумбах, як солітерна і контейнерна культура
<i>Sesleria heufleriana</i> Schur. – сеслерія Хефлера, сеслерія чорноквіткова	Європа	скелясті місцезростання, вапнякові відкладення, іноді у підліску	пухкокущова зимовозелена рослина 20–30 см заввишки; листки сизо-зелені гладкі, вузько-лінійні; колосовидна, головчаста, темно-фіолетова волоть, з жовтими пиляками	оформлення бордюрів і переднього фону міксбордерів
<i>Pennisetum alopecuroides</i> L. Spreng. – пенісетумлисохвостий	Африка, Південна Америка, Східна Азія, Австралія	рівнини з дренажними ґрунтами, відкриті кам'янисті і дрібноземисті схили	щільнодерниста рослина заввишки від 40 до 100 см; листки зелені, поникаючі, вузькі; волоть колосовидна, вкрита пухнастими щетинками, сріблясто-зелена чи червонувато-коричнева	оформлення міксбордерів, клумб, бордюрів, доріжок біля газонів, водойм, як солітерна і контейнерна культура, аранжування сухих букетів
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch. 'Red Baron' – імперата циліндрична cv. 'Red Baron'	Південно-Східна Азія, Китай, Японія	степи, піщані і галькові ґрунти, вирубки та гарі	нещільнодерниста рослина висотою до 80 см; листки зелені, на кінцях винно-малинові, прямі, ланцетовидні; волоть срібляста, щільна, колосоподібна периста	оформлення японських садів, у якості акцентної рослини
<i>Schizachyrium scoparium</i> (Michx.) Nash – шизахиріум волотистий	Північна Америка	луки, савани, гірські пустелі, сухі лісові просіки, прибережні піщані насипи, вздовж старих доріг	щільнокущова рослина заввишки 30–40 см; листки сіро-блакитні, вузькі, складені чи загорнуті в трубку; суцвіття три-роздільні, колосовидні, вузькі, червонуваті	оформлення бордюрів, міксбордерів, як контейнерна культура
<i>Panicum virgatum</i> L. – просо прутковидне	Північна Америка	ліси, галявини, піщані прерії	щільнокущова рослина заввишки 90–120 см; листки зелені чи синьо-зелені, вузькі, вертикально-спрямовані; волоть фіолетово-коричнева, віялоподібна	оформлення міксбордерів, ширм, екранів і живоплотів, як контейнерна культура

Головні висновки. За феноритмами найінформативніше на поступову аридизацію клімату реагують *F. ovina*, *F. cinerea* та *M. sinensis*, інтродуковані у КБС НАН України (Правобережний Степ України) протягом тривалого часу. При цьому, в останні роки костриці квітнуть на 15 дів раніше, ніж в природних ареалах, а рослини *M. sinensis* на 35–40 дів довше вегетують. За початком весняного відростання в умовах інтродукції всі досліджувані види родини *Poaceae* виділено у три групи: раннього (II–III декада березня), середнього (I–II декада квітня) та пізнього (III декада квітня) відростання. Види перших двох груп успішно проходять всі фенологічні фази розвитку і регулярно формують життєздатне насіння. Свої потенційні мож-

ливості більшість злаків реалізували на середньому та високому рівнях, що свідчить про достатній ступінь адаптації до едафо-кліматичних умов району інтродукції, екологічну пластичність видів і дозволяє рекомендувати їх для озеленення населених пунктів степової зони України.

Перспективи використання результатів дослідження. Наведений асортимент перспективних видів декоративних злаків доповнить список невибагливих багаторічних квітниково-декоративних рослин для озеленення міських територій і рекреаційних зон у Правобережному Степу України. Використання видів *Poaceae* з різним габітусом, термінами цвітіння і забарвленням надземної частини дасть змогу

створювати оригінальні квітникові композиції, декоративні упродовж всього вегетаційного періоду. Передбачається розробка рекомендацій щодо ефек-

тивного використання багаторічних декоративних злаків в умовах промислового регіону з метою створення стійких та ефективних культурфітоценозів.

Література

1. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: Причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.
2. Чипиляк Т.Ф., Зубровська О.М., Шоль Г.Н. Рослини в урботехногенному середовищі степової зони України. Київ: Талком, 2022. 390 с.
3. Plants of the world online / Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. (POWO). 2023. Режим доступу: <https://powo.science.kew.org>.
4. Adelman Ch., Schwartz B.L. The Midwestern Native Garden: Native Alternatives to Nonnative Flowers and Plants. An Illustrated Guide. Athens, Ohio, USA: Ohio University Press, 2011. 282 p.
5. Gritsenko V.V, Shnyder O.I. Flora of the botanical-geographical plot “Steppes of Ukraine” at the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*. 2022. Vol. (95/96). P. 96-129. DOI: 10.46341/PI2022020.
6. Oudolf P., Gerritsen H. Planting the Natural Garden. Portland: Timber Press Incorporated, 2008. 144 с.
7. Biomass Crop Assistance Program [Proposed BCAP Giant Miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) Establishment and Production in Arkansas, Missouri, Ohio, and Pennsylvania]. USDA: Farm Service Agency, 2011. 190 p.
8. Міскантус в Україні. Київ: ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. 256 с.
9. Qihua Shan, Xianhu Liu, Jianfeng Zhang, Guangcai Chen, Shenggang Liu, Pingxuan Zhang, Ying Wang. Analysis on the tolerance of four ecotype plants against copper stress in soil. *Procedia Environmental Sciences*. 2011. Vol. 10. Part B. P. 1802–1810. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.282.
10. Salahshoor F., Kazemi F. Effect of calcium on reducing salt stress in seed germination and early growth stage of *Festuca ovina* L. *Plant Soil Environ*. 2016. Vol. 62(10). P. 460-467. DOI: 10.17221/319/2016-PSE.
11. Pidlisnyuk V., Stefanovska T., Lewis E. E., Erickson L.E., Davis L.C. *Miscanthus* as a productive biofuel crop for phytoremediation, critical reviews. *Plant Sciences*. 2014. Vol. 33(1). P. 1–19. DOI: 10.1080/07352689.2014.847616.
12. Подан І.І., Джура Н.М. Вплив нафтового забруднення і гуматів на ріст рослин міскантусу. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2019. № 2(25). С. 182-186. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-2-25-30.
13. Takanori Kuronuma, Hitoshi Watanabe. Physiological and Morphological Traits and Competence for Carbon Sequestration of Several Green Roof Plants under a Controlled Environmental System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2016. Vol. 141(6). P. 583–590. DOI: 10.21273/JASHS03909-16.
14. Faye I, Diouf O., Guisse A., Sene M., Diallo N. Characterizing root responses to low phosphorus in pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. *Agron J.* 2006. Vol. 98. P. 1187-1194. DOI:10.2134/agronj2005.0197.
15. Karczyńska A., Kowalska I., Prokopiuk B., Pawłowska B. Rooting media and biostimulator Goteo treatment effect the adventitious root formation of *Pennisetum ‘Vertigo’* cuttings and the quality of the final product. *Agriculture*. 2020. Vol. 10(11). P. 570. DOI: 10.3390/agriculture10110570.
16. Щербаківа Т.О. Сезонний ритм розвитку багаторічних декоративних злаків при інтродукції в Лісостепу та на Поліссі України. *Інтродукція рослин*. 2017. № 3. С. 41–48.
17. Глухов О.З., Гридько О.О. Інтродуковані декоративні злаки в умовах південного сходу України. Донецьк: Вид-во НАН України, Донець ботан. сад, Донець. нац. ун-т, 2012. 243 с.
18. Прокопчук В.М. Перспективи використання в озелененні Вінниччини декоративних видів злаково-духмяних трав. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 2(13). С. 184–194. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-2-15.
19. Мартинова Н.В., Лихолат Ю.В., Кабар А.М., Рула І.В., Григорюк І.П. Адаптивний потенціал злакових видів рослин *Sorghastrum nutans*, *Pennisetum setaceum* та *Spodiopogon sibiricus* в умовах інтродукції Степу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 37–41. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-1-37-41.
20. Паранько І.С., Шипунова В.О. Клімат Криворіжжя. У кн.: Паранько І.С., Казаков В.Л., Калініченко О.О., Коцюруба В.В., Остапчук І.О., Савосько В.М., Шипунова В.О., Ярков С.В. Фізична географія Криворіжжя: монографічна навчальна книга. Кривий Ріг: Р.А. Козлов, 2015. С. 82–102.
21. Архів погоди за 2003–2021 рр.: аеропорт м. Кривий Ріг: веб-сайт. URL: <https://meteopost.com/weather/archive/> (дата звернення 27.03. 2023).
22. Chyryliak T., Zubrovska O. Features of development of species of the genus *Veronica* L. in the conditions of steppe zone of Ukraine. *Hacquetia*. 2022. Vol. 21(1). P. 223–233. DOI: 10.2478/hacq-2021-0025.
23. Вайнагій І.В. Результати подальших досліджень динаміки схожості та життєздатності насіння трав’янистих рослин Карпат. *Український ботанічний журнал*. 1973. Т. 30(1). С. 104–110.
24. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.
25. Булах П.Е., Шумик Н.И. Теория устойчивости в интродукции растений. Київ: Наук. думка, 2013. 151 с.
26. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist. Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. 346 p.
27. Мазур А.Ю., Кучеревський В.В., Шоль Г.Н., Провоженко Т.А., Баранець М.О., Сіренко Т.В. Створення національної колекції видів роду ковила (*Stipa* L.) як спосіб збереження біорізноманітності флори в умовах посиленого антропогенного пресу. *Наука та інновації*. 2012. Т. 8(5). С. 79–86.
28. Беднарська І.О. Рід *Festuca* L. (*Poaceae*) у флорі західних регіонів України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.05. Київ, 2007. 21 с.

29. Гриник О.М., Горбенко Н.Є. Екологічна характеристика газонотвірних трав'яних рослин паркової зони Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.9. С. 58–65.
30. Greenlee J. The encyclopedia of ornamental grasses. Emmaus RA: Rodale Press, 1992. 182 p.].
31. Життєздатність популяцій рослин високогір'я Українських Карпат / За редакцією Й. Царика. Львів: Меркатор, 2009. 172 с.
32. Гридько О.О. Біоекологічні особливості декоративних злаків, інтродукованих на південному сході України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.05. Київ, 2011. 20 с.

УДК 595.324.3

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.19>

**РІД *BOSMINA* BAIRD, 1845 (*CLADOCERA: BOSMINIDAE*)
НА ТЕРЕНАХ ГАЛИЧИНИ У ДОСЛІДЖЕННЯХ
Б. ДИБОВСЬКОГО, А. ВЕЖЕЙСЬКОГО ТА М. ГРОХОВСЬКОГО
(ЗА МАТЕРІАЛАМИ КРУГЛОГО СТОЛУ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМІСІЇ
НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. ШЕВЧЕНКА)**

Іванець О.Р.

Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, 79005, м. Львів

oleh_ivanets@ukr.net

Б. Дибовський, А. Вежейський та М. Гроховський – видатні польські гідробіологи, які значну увагу приділяли вивченню гіллястостусих раків (*Cladocera*) Галичини і, зокрема, роду *Bosmina*.

Б. Дибовський та М. Гроховський зареєстрували наступні таксони роду *Bosmina*: *Bosmina brevirostris* Hellich., варієтет *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob.; *Bosmina cornuta*, Jurine; *Bosmina Janoviensis*, nob.; *Bosmina Kromaniana*, nob.; *Bosmina longirostris*, O. F. Müll. *Bosmina Varsoviensis*, nob. А. Вежейський зареєстрував таксони: *B. longirostris* O. F. M.; *B. cornuta*, Jurine.; *B. lacustris*, Sars. М. Гроховський описав новий рід родини *Bosminidae*: *Garbinia* Grochowski, 1910 і вид *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910.

У списку *Cladocera* фауни світу таксон *Bosmina Janoviensis*, nob., подається із зазначенням “species inquirenda” і потребує додаткової характеристики. Види *Bosmina Kromaniana*, nob. і *Bosmina Varsoviensis*, nob., варієтет *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob., у списку *Cladocera* фауни світу та у фауни Європи не зазначені як валідні. На сьогодні рід *Garbinia* Grochowski, 1910 вважається синонімом роду *Bosmina* Baird, 1845, а вид *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910 – синонімом таксону *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* (O.F. Müller, 1776).

У водоймах Українського Розточчя та прилеглих теренах на сьогодні у роді *Bosmina* зареєстровано два підроди (*Bosmina* і *Eubosmina*) які містять по одному виду: *B. (B.) longirostris* (O.F. Müller, 1776) та *B. (E.) coregoni* Baird, 1857.

Відомості щодо роду *Bosmina*, отримані Б. Дибовським, А. Вежейським та М. Гроховським мають важливе значення для сьогоденних досліджень у царині історичного розвитку зоологічної науки, таксономії та систематики роду *Bosmina*. Ці матеріали важливі для встановлення минулого стану гідроекосистем і дозволять з’ясувати динаміку гідроекологічних характеристик у водоймах протягом тривалих періодів часу. Вони допоможуть прослідкувати за особливостями змін мікроклімату окремих регіонів, визначити рівень антропогенної трансформації та спрогнозувати можливі тенденції у гідроекосистемах внаслідок різних форм діяльності людини. **Ключові слова:** зоопланктон, *Bosmina*, Галичина, Б. Дибовський, А. Вежейський, М. Гроховський.

The genus *Bosmina* Baird, 1845 (*Cladocera: Bosminidae*) in Galicia in the research of B. Dybowski, A. Wierzejski, and M. Grokhowsky. Ivanets O.

B. Dybowski, A. Wierzejski, and M. Grokhowsky are outstanding Polish hydrobiologists who paid considerable attention to the study of *Cladocera* of Galicia and, in particular, the genus *Bosmina*.

B. Dybowski and M. Grokhowsky registered the following taxa of the genus *Bosmina*: *Bosmina brevirostris* Hellich., variety *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob.; *Bosmina cornuta*, Jurine; *Bosmina Janoviensis*, nob.; *Bosmina Kromaniana*, nob.; *Bosmina longirostris*, O. F. Müll. *Bosmina Varsoviensis*, nob. A. Wierzejski registered the following taxa: *B. longirostris* O. F. M.; *B. cornuta*, Jurine.; *B. lacustris*, Sars. M. Grokhowsky described a new genus of the *Bosminidae* family: *Garbinia* Grochowski, 1910 and the species *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910.

In the list of *Cladocera* of the fauna of the world, the taxon *Bosmina Janoviensis*, nob., is submitted with the designation “species inquirenda” and requires additional characterization. Species *Bosmina Kromaniana*, nob. and *Bosmina Varsoviensis*, nob., a variety of *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob., is not listed as valid in the *Cladocera* of the Fauna of the World and in the Fauna of Europe. Today, the genus *Garbinia* Grochowski, 1910 is considered a synonym of the genus *Bosmina* Baird, 1845, and the species *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910 is a synonym of the taxon *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* (O.F. Müller, 1776).

Two subgenera (*Bosmina* and *Eubosmina*) containing one species each are registered in the *Bosmina* genus in the reservoirs of the Ukrainian Roztocze and adjacent areas: *B. (B.) longirostris* (O.F. Müller, 1776) and *B. (E.) coregoni* Baird, 1857.

Information about the genus *Bosmina*, obtained by B. Dybowski, A. Wierzejski and M. Grokhowsky, is of great importance for today’s research in the field of historical development of zoological science, taxonomy and systematics of the genus *Bosmina*. These materials are important for establishing the past state of hydroecosystems and will allow to elucidate the dynamics of hydroecological characteristics in reservoirs over long periods of time. They will help to monitor the specifics of microclimate changes in individual regions, determine the level of anthropogenic transformation and predict possible trends in hydroecosystems as a result of various forms of human activity. **Key words:** zooplankton, *Bosmina*, Galicia, B. Dybowski, A. Wierzejski, M. Grokhowsky.

Постановка проблеми. Організми роду *Bosmina* мають важливу роль в процесах самоочищення водойм. Їх популяції досягають значної чисельності та біо-

маси, що обумовлює суттєве значення цих гіллястувусих раків у процесах трофодинаміки гідроекосистем. Вони є чутливими біологічними індикаторами і застосовуються у методиках біологічного аналізу якості води.

У вивченні роду *Bosmina* важливим є комплексний підхід, який використовує морфологічні ознаки не тільки самок, але і самців, охоплює значні регіони, а також застосовує методи молекулярних досліджень. Такий підхід передбачає і аналіз вивченості цього таксону у різні історичні періоди. Це особливо є важливим з огляду на гідроекологічний моніторинг стану довкілля, який враховує значимість зоопланктерів як надійних біологічних індикаторів стану водойм.

На необхідності проведення комплексної екологічної оцінки стану поверхневих вод наголошує Водна Рамкова Директива ЄС (Directive 2000/60/EC) [1]. Така оцінка має базуватися на дослідженнях абіотичних і біотичних факторів середовища з врахуванням особливостей змін у гідроекосистемах протягом тривалих періодів часу. Зоопланктон включений у методологію встановлення екологічних нормативів якості води України. Систематизація та аналіз, в історичному аспекті, фауністичної структури зоопланктоценозів, у яких суттєву роль відіграє і рід *Bosmina*, дозволить ретроспективно прослідкувати зміни, що відбуваються у гідроекосистемах, визначити наслідки антропогенного впливу на водойми і дасть можливість спрогнозувати зміни гідробіоценозів у перспективі [1, 2, 3, 4].

Актуальність дослідження. Історичні аспекти дослідження роду *Bosmina* регіональних фаун на сьогодні розкриті недостатньо і вимагають особливого акценту. Систематика роду *Bosmina* досить складна і невизначена внаслідок значної фенотипічної пластичності цього таксону.

Саме тому, у даній роботі приділяється увага вивченню роду *Bosmina* у регіоні Головного Європейського Вододілу, який відіграє значущу роль у формуванні гідроекосистем Українського Розточчя на теренах Галичини.

Такий підхід має цінне теоретичне і практичне значення. Врахування вагомих перебудов фауністичної структури за тривалі періоди часу є важливим для цілісного розуміння процесів, що відбуваються у водоймах. Вивчення *Bosmina* під таким кутом зору дозволить, з позицій сучасної таксономії, провести ретроспективний аналіз видового складу даного роду, дасть можливість проаналізувати фауністичні трансформації у цьому таксоні і прослідкувати за перебудовами, які відбуваються в гідроекосистемах.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дане дослідження проводилось в межах науково-дослідних тем «Оптимізація екологічної мережі транскордонних об'єктів природно-заповідного фонду заходу України у рамках Програми ЮНЕСКО

«Людина та біосфера», «Ценогичні зв'язки ключових видів як основа збереження та відтворення біорізноманіття водотоків Європейського вододілу» та «Трансформація оселищ і її вплив на зообіоту заходу України за сучасних умов кліматичних змін».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рід *Bosmina* привертає на сьогодні увагу багатьох науковців, які вивчають різноманітні аспекти біології цього таксону. Зокрема, проведене компаративне дослідження пор голови та ефіппіумів роду *Bosmina* [5, 6]. Аналізується морфологічна пластичність *B. longirostris* з врахуванням змін у цикломорфозі [7]. Звертається увага на фенотипічну пластичність *B. cornuta* і *B. pellucida* з врахуванням впливу температури та планктонофагів [8]. Розглядається порівняльна характеристика реакцій на вплив зовнішніх факторів у *B. cornuta*, *B. pellucida* та *Daphnia* [9]. Дається оцінка статевому диморфізму *Bosmina* [10]. Проводиться таксономічна ревізія *Bosmina* різноманітних регіонів [11]. Уточнюється характер ембріогенезу *B. longirostris* [12]. Досліджується мітохондріальний геном *B. fatalis* та проводиться його філогенетичний аналіз [13]. Проведена ревізія роду *Bosmina* з врахуванням морфологічних ознак самців та особливостей молекулярної філогенії [14].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета нашої роботи – проаналізувати вивченість роду *Bosmina* за матеріалами досліджень Б. Дибовського, А. Вежейського та М. Гроховського, які були проведені на теренах Галичини. Досягнення мети передбачає розв'язання таких завдань: 1) проведення ретроспективного аналізу таксономії і фауністичної структури роду *Bosmina* за матеріалами Б. Дибовського, А. Вежейського та М. Гроховського з урахуванням таксонів, які були описані цими дослідниками і чинної на той час систематики; 2) подання характеристики фауністичної структури роду *Bosmina* у фауні Європи, Українського Розточчя та прилеглих теренів з врахуванням сучасних таксономічних досліджень; 3) аналіз синоніміки таксонів роду *Bosmina*.

Новизна. За матеріалами досліджень Б. Дибовського, А. Вежейського та М. Гроховського проаналізовано вивченість роду *Bosmina* та проведено ретроспективний аналіз його таксономії і фауністичної структури з урахуванням чинної на той час систематики. Подано характеристику фауністичної структури роду *Bosmina* у фауні Європи, Українського Розточчя та прилеглих теренів з урахуванням сучасних таксономічних досліджень, проаналізовано синоніміку таксонів роду *Bosmina*.

Методологічне або загальнонаукове значення. Проведене дослідження є важливим з огляду на значимість зоопланктону та його компонентів в проблематиці оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на гідроекосистеми. Дослідження відгуків зоопланктонних угруповань на ті чи інші чинники

з врахуванням особливостей фауністичної структури є одним із ключових аспектів на яких базується проблематика гідроекологічного моніторингу. У цьому зв'язку представляє особливий інтерес фауністичний аналіз компонентів зоопланктону та порівняльна характеристика показників, що ідентифікують тривалі періоди часу. Такі роботи є актуальними з врахуванням сучасних методологічних підходів у дослідженнях регіональних фаун роду *Bosmina*, який відрізняється суттєвою фенотипічною пластичністю.

Виклад основного матеріалу. Б. Дибовський, А. Вежейський та М. Гроховський – видатні польські гідробіологи, які значну увагу приділяли вивченню гіллястовусих раків (*Cladocera*) Галичини і, зокрема, роду *Bosmina* [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

У публікації Б. Дибовського та М. Гроховського, яка вийшла у 1895 році “Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie” [16] було виділено 6 видів роду *Bosmina* і подані варієтети для деяких із них (рис. 1). Причому, означеним видам були надані польські назви. Подамо назви цих таксонів, так як це вказано у публікації авторів, з врахуванням діючої на той час систематики. Польські назви зазначаємо у дужках:

1. *Bosmina brevirostris*, Hellich. варієтет *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob. (*Słoniczka Świtezianka*).

2. *Bosmina cornuta*, Jurine. (*Słoniczka czułka*).

3. *Bosmina Janoviensis*, nob. (*Słoniczka Janinka*).

4. *Bosmina Kromaniana*, nob. (*Słoniczka Kromańka*).

5. *Bosmina longirostris*, O. F. Müll. (*Słoniczka długoczulka*).

6. *Bosmina Varsoviensis*, nob. (*Słoniczka Warszawianka*).

Таксони *B. Janoviensis*, *B. Kromaniana* та *B. Varsoviensis* були вперше описані цими авторами. Для *B. brevirostris*, Hellich був виділений варієтет

B. brevirostris var. *Świteziana*, який також вперше описаний Б. Дибовським та М. Гроховським.

Досліджені *Cladocera* були представлені у вигляді спеціально виготовених мікропрепаратів на найбільшому ярмарку в історії Королівства Галичини та Володимирії – Галицькій крайовій виставці яка відбувалася під патронатом імператора Франца Йосифа I. Виставка проходила у м. Львові від 5 червня до 10 жовтня 1894 року. Мікропрепарати *Cladocera*, які були представлені, а також низка інших експонатів, значною мірою популяризували гідробіологічні дослідження, які проводили Б. Дибовський та М. Гроховський [24, 25, 26, 27, 28].

У 1895 році вийшла також публікація А. Вежейського “Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich” [29, 30] в якій зазначено 3 види роду *Bosmina* (рис. 2). Подамо ці таксони із збереженням діючої на той час систематики:

1. *B. longirostris* O. F. M.

2. *B. cornuta*, Jurine.

3. *B. lacustris*, Sars.

При цьому А. Вежейський підкреслює, що у нього є значна кількість матеріалу, який характеризує родину *Bosminidae* і обробка усього матеріалу вимагала б монографічних досліджень. Тому, у своїй публікації він подає лише три види, які можна було точно ідентифікувати. Він зазначає наступне: “Jakkolwiek posiadam z tej rodziny dość obfity materiał, w którym mogą być nawet formy nowe, to na razie podaje tylko 3 gatunki, które dokładnie wyróżnić zdołałem, gdyż opracowanie całego materiału wymagałoby przy obecnym stanie dotyczącej literatury monograficznych studyów.” [29, с. 30].

М. Гроховський особливо зацікавився родиною *Bosminidae* і здійснив низку наукових спостережень, результати яких були викладені у його публікації “O nowym rodzaju i nowym gatunku rodziny Słoniczki (*Bosminidae*) – *Garbinia Adriani* nov. gen. et nov. spec.” [31, рис. 3].

IV. Pokrewieństwo: *Bosminidae*, Sars. *Słoniczki*.

12. Rodzaj: *Bosmina*, Baird. *Słoniczka*.

Nr. 50. gatunek: *Bosmina brevirostris*, Hellich.

12. odmiana: *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob. *Słoniczka Świtezianka*.

Świtez.

Nr. 51. 39. gatunek: *Bosmina cornuta*. Jurine. *Słoniczka czułka*.

Gopło, Kromań, Staw Pełczyński, Otwock.

Nr. 52. 40. gatunek: *Bosmina Janoviensis*, nob. *Słoniczka Janinka*.

Janów, Hołosko wielkie.

„Kosmos” 1895.

11

Рис. 1. Фрагмент публікації Б. Дибовського та М. Гроховського “Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie” [16]

Fam. IV. <i>Bosminidae</i> ³⁾ .
39. <i>Bosmina longirostris</i> O. F. M.
Tatry, okolice Krakowa, bardzo pospolita.
40. <i>B. cornuta</i> , Jurine.
Okolice Krakowa, Lubień, Jaworów, Stawczany, Orzechówka.
41. <i>B. lacustris</i> , Sars.
Okolice Krakowa, w małych stawach.

Рис. 2. Фрагмент публікації А. Вежейського “Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich” [29]

Ця публікація на сьогодні представляє особливий інтерес, висвітлюючи історичні аспекти досліджень родини *Bosminidae* і роду *Bosmina*, які і в наш час привертають особливу увагу науковців. М. Гроховський, аналізуючи списки видів в означених вище публікаціях [16, 29], відзначає, що у них часто трапляється вид *Bosmina cornuta* Jurine. Це дає підстави вважати, що цей таксон є одним з найбільш поширених, оскільки його зареєстровано в найрізноманітніших водоймах.

Для того, щоби більш докладно з'ясувати особливості морфологічних ознак не тільки самок але і самців, що мало особливе значення для систематики, М. Гроховський поставив собі за мету провести спеціальні дослідження в осінній період, оскільки самці, трапляються у гідроценозі переважно осінню. Це пов'язано з особливостями життєвого циклу гіллястовусих раків. Самки цих раків весною і в літній період розмножуються партеногенезом і народжують лише самок. Лише осінню, коли знижується температура води, появляются самці, далі відбувається запліднення після чого самки утворюють “зимові” яйця з надійними захисними оболонками, що робить можливим пережити несприятливий зимовий період. Весною, коли прогрівається вода, із таких яєць знову виходять партеногенетичні самки. М. Гроховський наступним чином акцентує таку закономірність у своїй публікації: “W roku zeszłym postanowiłem zbierać Wioślarki (*Cladocera*) dopiero w jesieni późnej, a to w tym celu, żeby nie przestawać na samych samicach, lecz odszukiwać samce, które zwykle pojawiają się dopiero w jesieni, jak wiadomo bowiem, samice na wiosnę i w lecie przeważnie rodzą partenogenetycznie same samice. Dopiero w jesieni zwykle pojawiają się samce i wtedy zapłodnione samice zaczynają składać jaja, t. zw. zimowe jaja.” [31, с. 341–342].

Використанню морфологічних ознак самців і сьогодні приділяється особлива увага з метою проведення ревізії цих таксонів із застосуванням методичних підходів, які базуються на молекулярній філогенії [14].

Досліджуючи морфологію самців М. Гроховський головну увагу приділив матеріалу, зібраному

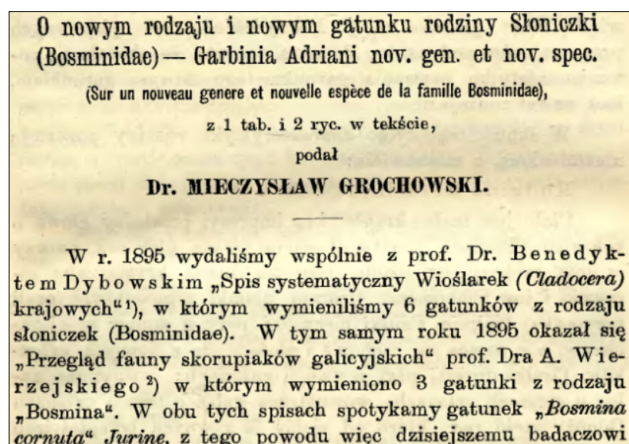


Рис. 3. Фрагмент публікації М. Гроховського “O nowym rodzaju i nowym gatunku rodziny Słoniczki (*Bosminidae*) – *Garbinia Adriani* nov. gen. et nov. spec.” [31]

у Пелчинському ставі м. Львова. Саме у цій водоймі, як зазначає науковець, він легко віднайшов самців, котрі мали значні відмінності від тих, які описувалися іншими авторами під назвою *Bosmina cornuta* Jurine.

Це дало йому підстави описати не тільки новий вид але і новий рід. У своїй публікації він зазначає наступне: “Postanowiłem jednak faktycznie poprzestać tylko na materiale do opisu ze stawu Pelczyńskiego, gdyż w materiale tym z łatwością odszukałem samce, które wykazały różnicę tak wielką tego gatunku (t. j. Pelczyńskiego) od opisywanych przez autorów pod nazwą *Bosmina cornuta*, że okazała się potrzeba nietylko nazwania gatunku tego nowym gatunkiem, lecz nawet rodzajem.” [31, с. 342].

В історії м. Львова Пелчинський став займає особливе місце (рис. 4). Ця водойма, яка у XVI ст. належала монахам-домініканцям, була власністю родини Пелків, що й обумовило її назву. Заступник головнокомандувача збройних сил Галичини генерал Йоган-Карл Фреснель ще до Першої світової війни у 1820 році розпорядився розташувати тут військовий басейн та школу плавання. У 1921 році, коли прокладали та спрямовували вулицю Пелчинську, яка сьогодні носить ім'я Д. Вітовського, цей став було засипано. На сьогодні на місці колишнього Пелчинського ставу розташовується сквер парку культури ім. Б. Хмельницького [32, 33].

На той час особливості морфології самців *Bosmina* привертали увагу і інших дослідників. Зокрема, у 1904 році в журналі “Zoologischer Anzeiger” вийшла публікація Людвіга Кайльхака [34] у якій за матеріалом, зібраним у 1903 році, подано опис самців *Bosmina coregoni gibbera* Schödler та представлено рисунок самця цього таксону (рис. 5).

При проведенні досліджень особливу увагу М. Гроховського привернула інша публікація Людвіга Кайльхака “Zur Cladocerenfauna der Mark Brandenburg”. У цій роботі також подано опис самців



Рис. 4. Пелчинський став на фото Кароля Блейма, близько 1893 року [33]

Bosmina [35]. Ця праця, була опублікована 1908 року та мала, як зазначав М. Гроховський, суттєву значущість на той час (рис. 6).

Внаслідок проведених досліджень М. Гроховський у родині *Bosminidae* виділив два роди: рід *Bosmina* і рід *Garbinia*. М. Гроховський зазначає наступне: “Rodzina ta według naszych poglądów i materiałów rozpada się na dwa rodzaje:

A) *Mas femina minor*. *B o s m i n a* Baird.

B) *Mas femina major*. *G a r b i n i a* mihi.” [31, с. 342].

М. Гроховський далі подає детальний опис, розмірні характеристики та рисунки самця і самки *Garbinia Adriani* з виділеного ним роду *Garbinia* і викладає порівняльну характеристику описаного ним таксону з описами, які були здійснені іншими авторами, вказуючи на відмінності (рис. 7).

Схарактеризуємо структуру роду *Bosmina* у фауні Європи [36]. На сьогодні у фауні зоопланктону Європи зареєстровано два підроди роду *Bosmina* (підрід *Bosmina* Baird, 1845 і підрід *Eubosmina* Seligo, 1900) та 8 видових таксонів. До підроду

Bosmina належить один вид: *B. (B.) longirostris* (O. F. Müller, 1785. До підроду *Eubosmina* належить 7 видів: *B. (E.) coregoni* (Baird, 1857), *B. (E.) crassicornis* (Lilljeborg, 1887), *B. (E.) gibbera* (Schödler, 1863), *B. (E.) longispina* (Leydig, 1860), *B. (E.) longicornis* (Schödler, 1866), *B. (E.) maritima* (P. E. Müller, 1867), *B. (E.) thersites* (Poppe, 1887).

Структура синоніміки та внутрішньовидова організація роду *Bosmina* з огляду на морфологічну пластичність цього таксону досить широка [36, 37] (табл. 1).

Найбільша кількість синонімів (41 синонім) відзначена для *B. (E.) longispina*, найменша, (три синоніми), для *B. (E.) maritima* [36, 37].

B. (B.) longirostris і *B. (E.) gibbera* мають по 15 синонімів. Децю меншою кількістю синонімів

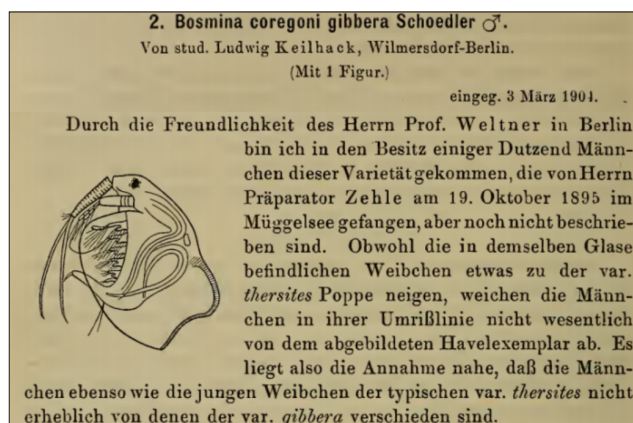


Рис. 5. Фрагмент публікації Л. Кайльхака “*Bosmina coregoni gibbera* Schödler [34]

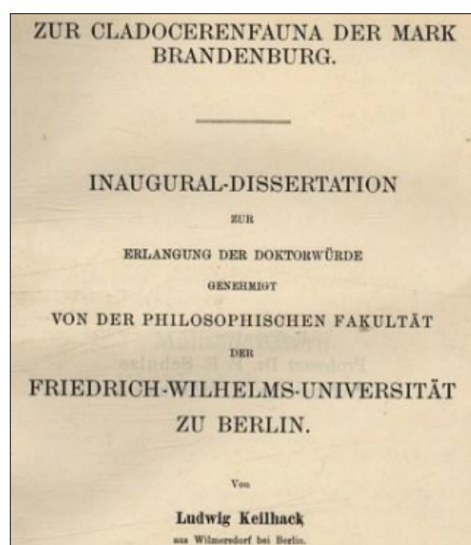


Рис. 6. Фрагмент титульної сторінки публікації Л. Кайльхака “*Zur Cladocerenfauna der Mark Brandenburg*” [35]

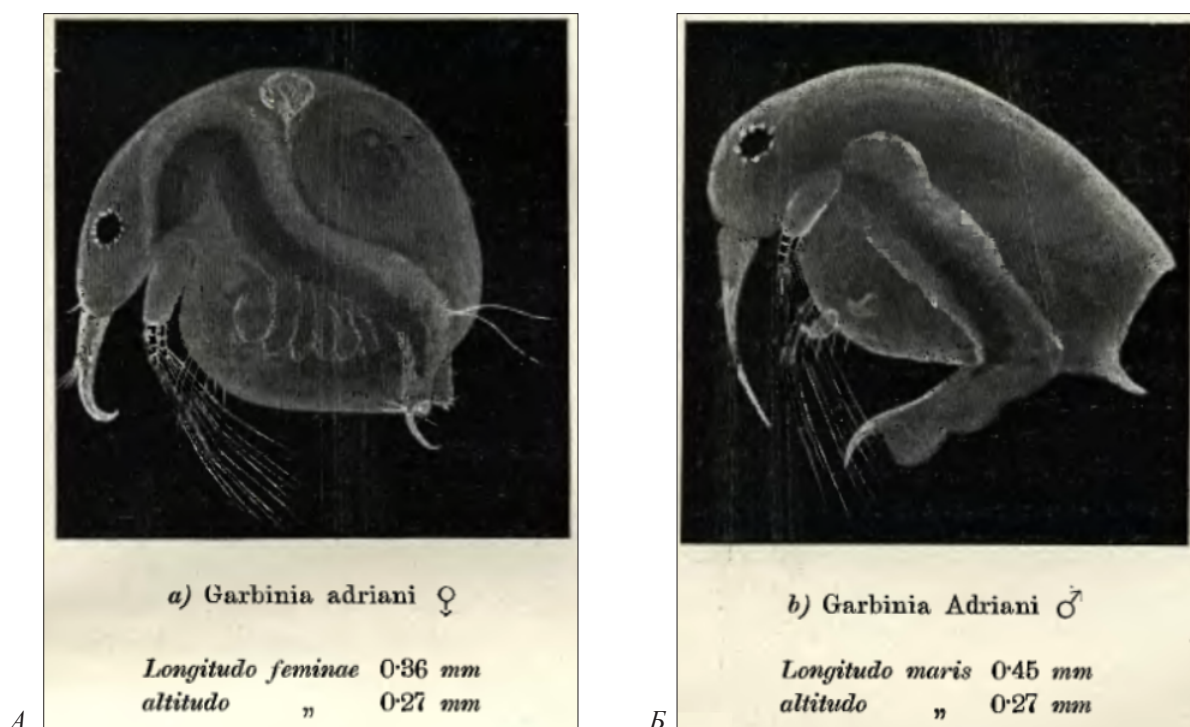


Рис. 7. Фрагмент публікації “O nowym rodzaju i nowym gatunku rodziny Słoniczki (Bosminidae) – *Garbinia Adriani* nov. gen. et nov. spec.” із зображеннями та розмірними характеристиками самки (А) і самця (Б) таксону *Garbinia Adriani*, який був описаний М. Гроховським [31].

Таблиця 1

Структура синоніміки та внутрішньовидова організація роду *Bosmina* в межах Європи [36, 37]

Синоніми і підвиди	Рід <i>Bosmina</i>							
	Підрід <i>Bosmina</i>	Підрід <i>Eubosmina</i>						
	<i>B. (B.) longirostris</i>	<i>B. (E.) coregoni</i>	<i>B. (E.) crassicornis</i>	<i>B. (E.) gibbera</i>	<i>B. (E.) longispina</i>	<i>B. (E.) longicornis</i>	<i>B. (E.) thersites</i>	<i>B. (E.) maritima</i>
А	15	8	12	15	41	23	11	3
Б	6	–	–	–	4	5	–	–

Примітка: А – кількість синонімів; Б – кількість підвидів

характеризуються *B. (E.) crassicornis*, *B. (E.) thersites* і *B. (E.) coregoni* (відповідно 12, 11, та 8 синонімів). У *B. (E.) longicornis* 23 синоніми, що складає середню величину між максимальним та мінімальним заченням цього показника [36, 37].

Вид *B. (B.) longirostris* нараховує 6 підвидів. У *B. (E.) longicornis* та *B. (E.) longispina* відповідно 5 та 4 підвиди [36, 37].

Рід *Bosmina* вивчався у структурі зоопланктонних угруповань заходу України [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51]. У водоймах Українського Розточчя та прилеглих теренах у роді *Bosmina* зареєстровано два підроди (*Bosmina* і *Eubosmina*) які містять по одному виду: *B. (B.) longirostris* (O.F. Müller, 1776) та *B. (E.) coregoni* Baird, 1857 [48].

Очевидно, що таксони, які характеризуються більш високим показником кількості синонімів, відзначаються більшою фенотипічною пластичністю, що детермінувало опис науковцями одного таксону під різними видовими назвами. У подальшому, з вдо-

сконаленням методів досліджень та проведенням ревізії роду *Bosmina* на основі більш новітніх наукових підходів, було встановлено валідність тих чи інших видових таксонів.

На сьогодні, відповідно до списку *Cladocera* фауни світу, рід *Garbinia* Grochowski, 1910 вважається синонімом роду *Bosmina* Baird, 1845, а вид *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910 вважається синонімом таксону *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1776) [52].

У списку *Cladocera* фауни світу таксон *Bosmina Janoviensis*, nob. (*Słoniczka Janinka*), який зареєстрований у публікації Б. Дибовського і М. Гроховського [16] подається із зазначенням “species inquirenda”, тобто, це є вид, який характеризується невизначеною таксономічною достовірністю і потребує подальшої додаткової характеристики [52].

Види *Bosmina Kromaniana*, nob. (*Słoniczka Kromańka*) і *Bosmina Varsoviensis*, nob. (*Słoniczka Warszawianka*), а також варієтет *Bosmina brevisrostris*

var. *Świteziana*, nob. (*Słoniczka Świtezianka*), описані Б. Дибовським та М. Гроховським [16] у списку *Cladocera* фауни світу, а також у фауні Європи не зазначені як валідні [36, 52].

Головні висновки. Отже, у публікації Б. Дибовського та М. Гроховського [16] зареєстровані наступні таксони роду *Bosmina*: *Bosmina brevirostris* Hellich., варієтет *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob.; *Bosmina cornuta*, Jurine; *Bosmina Janoviensis*, nob.; *Bosmina Kromaniana*, nob.; *Bosmina longirostris*, O. F. Müll. *Bosmina Varsoviensis*, nob.

Таксони *B. Janoviensis*, *B. Kromaniana*, *B. Varsoviensis* та варієтет *B. brevirostris* var. *Świteziana*, який був виділений для *B. brevirostris*, Hellich вперше були описані цими авторами [16].

У публікації А. Вежейського [29] зареєстровані наступні таксони: *B. longirostris* O. F. M.; *B. cornuta*, Jurine.; *B. lacustris*, Sars.

М. Гроховський описав новий рід родини *Bosminidae*: *Garbinia* Grochowski, 1910. Цим автором описаний також вид *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910 [31].

На сьогодні таксони, відзначені Б. Дибовським та М. Гроховським мають наступну таксономічну характеристику.

У списку *Cladocera* фауни світу [52] таксон *Bosmina Janoviensis*, nob. (*Słoniczka Janinka*), який зареєстрований у публікації Б. Дибовського і М. Гроховського [16], подається із зазначенням “species inquirenda”, тобто, це є вид, який характеризується невизначеною таксономічною достовірністю і потребує подальшої додаткової характеристики.

Види *Bosmina Kromaniana*, nob. (*Słoniczka Kromańka*) і *Bosmina Varsoviensis*, nob. (*Słoniczka Warszawianka*), а також варієтет *Bosmina brevirostris* var. *Świteziana*, nob. (*Słoniczka Świtezianka*) [16], у списку *Cladocera* фауни світу, а також у фауні Європи не зазначені як валідні [36, 52].

На сьогодні рід *Garbinia* Grochowski, 1910 вважається синонімом роду *Bosmina* Baird, 1845, а вид *Garbinia Adriani* Grochowski, 1910 вважається синонімом таксону *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1776) [52].

Рід *Bosmina* на сьогодні вивчається у структурі зоопланктонних угруповань заходу України. У водоймах Українського Розточчя та прилеглих теренах у роді *Bosmina* зареєстровано два підроди (*Bosmina* і *Eubosmina*) які містять по одному виду: *B. (B.) longirostris* (O.F. Müller, 1776) та *B. (E.) coregoni* Baird, 1857 [47].

Перспективи використання результатів дослідження. Відомості щодо роду *Bosmina*, отримані Б. Дибовським, А. Вежейським та М. Гроховським мають важливе значення для сьогоденних досліджень у царині історичного розвитку зоологічної науки, таксономії та систематики роду *Bosmina*, які донині на теренах Галичини досліджені неповно.

Публікації Б. Дибовського, А. Вежейського та М. Гроховського, з огляду на сучасні фауністичні і таксономічні дослідження роду *Bosmina* у зоопланктоценозах заходу України, не втрачають своєї актуальності. Матеріали, отримані цими науковцями, важливі для використання у роботах, які покликані встановити минулий стан гідроекосистем. Застосування комплексного багатofакторного підходу у вивченні довкілля, порівняння таких даних із сучасними, дозволить встановити динаміку гідроекологічних змін у водоймах протягом тривалих періодів часу. Такі характеристики, з врахуванням біоіндикаційних параметрів зоопланктерів, дадуть можливість також прослідкувати за особливостями змін мікроклімату окремих регіонів, визначити рівень антропогенної трансформації та спрогнозувати можливі зміни у гідроекосистемах внаслідок різних форм діяльності людини.

Література

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. L 327, 22.12.2000. 72 p.
2. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіук О.П., Яцик А.В., Чернявська А.П., Васенко О.Г., Верниченко А.А. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. К., 2001. 48 с.
3. De Eyto E., Irvine K., Free G. The Use of Members of the Family Chydoridae (*Anomopoda*, *Branchiopoda*) as an Indicator of Lake Ecological Quality in Ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*. 2002. Vol. 102B, № 2. P. 81–91.
4. De Eyto E., Irvine K., García-Criado F., Gyllström, M., Jeppensen E., Kornijow R., Miracle M., Nykänen M., Bareiss C., Cerbin S., Salujõe J., Franken R., Stephens D., Moss B. The distribution of chydorids (*Branchiopoda*, *Anomopoda*) in European shallow lakes and its application to ecological quality monitoring. *Archiv für Hydrobiologie*. Vol. 156, № 2, 2003. P. 181–202.
5. Kořínek V. Comparative study of head pores in the genus *Bosmina* Baird (*Crustacea*, *Cladocera*). *Věst. Čs. Spol. zool.* 1971. 35. 4. P. 275–296.
6. Kořínek V., Sacherová V., Havel L. 1997. Subgeneric differences in head shield and ephippia ultrastructure within the genus *Bosmina* Baird (*Crustacea*, *Cladocera*). *Hydrobiologia* 360 P. 13–23.
7. Kappes H., Sinsch U. Morphological variation in *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) (*Crustacea* : *Cladocera*): consequence of cyclomorphosis or indication of cryptic species? *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2002a. 40 P. 113–122.
8. Kappes H., Sinsch U. Temperature- and predator induced phenotypic plasticity in *Bosmina cornuta* and *B. pellucida* (*Crustacea* : *Cladocera*). *Freshwater Biology*. 2002b. 47. P. 1944–1955.
9. Kappes H., Sinsch U. Species- and clone-specific responses to environmental stimuli in the cladocerans *Bosmina cornuta* and *B. pellucida* – a comparison with *Daphnia*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 2005. 38. P. 199–208.

10. Lord H., Lagergren R., Svensson J., Lundqvist N. 2006. Sexual dimorphism in *Bosmina*: the role of morphology, drag, and swimming. *Ecology*. 2006. 87. P. 788–795.
11. Tanaka S. A taxonomic revision of Japanese *Bosminidae* (Crustacea, Cladocera). *Research Report of the Scientific and Cultural Center of Toyama City*. 3. 2000. P. 109–125 (in Japanese).
12. Uhlík M. E., Brzeziński, T. Embryogeny of *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) (*Bosminidae*) confirms a close relationship to the superfamily *Eurycercoidea* (*Branchiopoda*, *Cladocera*, *Anomopoda*). *Crustaceana*, 95 (8–9). 2022. P. 907–923. <https://doi.org/10.1163/15685403-bja10236>
13. Wei W., Zhang K., Shi Q. Complete mitochondrial genome of *Bosmina fatalis* (*Cladocera: Bosminidae*) and its phylogenetic analysis. *Mitochondrial DNA Part B*, 6:9. 2021. P. 2567–2568. DOI: 10.1080/23802359.2021.1959442
14. Kotov A., Ishida S., Taylor D. Revision of the genus *Bosmina* Baird, 1845 (*Cladocera: Bosminidae*), based on evidence from male morphological characters and molecular phylogenies. *Zoological Journal of the Linnean Society*, Volume 156, Issue 1, May 2009, P. 1–51. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2008.00475.x>
15. Dybowski B., Grochowski M. O Lynceidach czyli Tonewkach fauny krajowej. *Kosmos*, XIX, Lwów, 1894. S. 376–383.
16. Dybowski B., Grochowski M. Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie. *Kosmos*, XX, Lwów, 1895. S. 139–165.
17. Dybowski B., Grochowski M. O czułkach drugiej pary u Tonewek (*Lynceidae*) i Eminków (*Eurycercoidea*). *Kosmos*, XXIII, Lwów, 1898a. S. 25–73.
18. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). Cz. I. *Kosmos*, XXIII, Lwów, 1898b. S. 287–314.
19. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). Cz. II. *Kosmos*, XXIII, Lwów, 1898b. S. 425–444.
20. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). Cz. III. *Kosmos*, XXIII, Lwów, 1898g. S. 523–544.
21. Іванець О.Р. Гідроєкологічні та кладоцерологічні дослідження професора Бенедикта Дибовського в парадигмі євроінтеграційних процесів України. *Екологічні науки*, № 22. 2018a. С. 164–167.
22. Іванець О.Р. Таксономічна структура кладоцероценозів Галичини та прилеглих теренів за матеріалами досліджень професора Бенедикта Дибовського. *Екологічні науки*, № 23. 2018b. С. 96–100. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-21>
23. Іванець О.Р. Гідробіологічні дослідження Бенедикта Дибовського на теренах Галичини. Професор Бенедикт Дибовський – визначний дослідник спільної природної спадщини Польщі, Білорусі та України. Львів: Компанія «Імперіал», 2018в. С. 134–147.
24. Іванець О.Р. Родина *Daphniidae* (*Cladocera*) у палітрі гідробіологічної експозиції Бенедикта Дибовського на Галицькій крайовій виставці 1894 року. *Екологічні науки*, № 26. 2019a. С. 93–98. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-18>
25. Сулим Б.В. Феномен Крайової виставки 1894 року у Галичині. Історичний огляд. Львів: Поллі. 2007. 208 с.
26. Чорновол І.П. Галицька крайова виставка 1894. Енциклопедія історії України. Т. 2. Київ: Наук. думка. 2004. С. 28–29.
27. Niezabitowski E. Sprawozdania. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). Opisałi B. Dybowski i M. Grochowski. II. Porównanie odnóży u *Erycerus polyodontus* nob. z opisami i rysunkami odnóży *Erycerus lamellatus* auct. (15 rys. cynk.). (*Kosmos*. R. XXIII, Zeszyt IX i X. str. 435–444). *Wszeczeńświat. Tygodnik popularny, poświęcony naukom przyrodniczym*. Warszawa, dnia 4 czerwca 1899 roku. Tom XVIII. № 23. S. 364–365.
28. Niezabitowski E. Sprawozdania. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). Opisałi B. Dybowski i M. Grochowski. I. Opis sześciu par odnóży tułowia u *Erycerus polyodontus* nob. i porównanie ich z odnóżem typowym u przekopnic (*Apusidae*). (15 rys. cynk.). (*Kosmos*, 1898, str. 287–314). *Wszeczeńświat. Tygodnik popularny, poświęcony naukom przyrodniczym*. Warszawa, dnia 4 czerwca 1899 roku. Tom XVIII. № 23. s. 364.
29. Wierzejski A. Przegląd fauny skorupiaków galicyskich. *Sprawozd. Kom. Fiz. Akad. Umiej. w Krakowie*. T. XXXI. 1896. S. 160–215.
30. Іванець О.Р. Родина *Daphniidae* Straus, 1820 у видовій структурі кладоцероценозів Галичини за матеріалами досліджень професора А. Вежейського. *Перспективи гідроєкологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів: Збірник матеріалів VIII з'їзду Гідроєкологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції*. Київ, 2019б. С. 40–43.
31. Grochowski M. O nowym rodzaju i nowym gatunku rodziny *Słoniczki* (*Bosminidae*) – *Garbinia Adriani* nov. gen. et nov. spec. (Sur un nouveau genre et nouvelle espèce de la famille *Bosminidae*). *Kosmos*, XXXV, Lwów, 1910. S. 341–351.
32. Крип'якевич І. Історичні проходи по Львові. Львів: Априорі, 2007. 116 с.
33. Львів, якого не повернеш. Пелчинський став. <https://photo-lviv.in.ua/lviv-yakoho-ne-povernesh-pelchynskyyj-stav/>
34. Keilhack L. *Bosmina coregoni gibbera* Schödler. *Zoologischer Anzeiger*. 1904. 27. P. 564.
35. Keilhack L. Zur Cladocerenfauna der Mark Brandenburg. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*. 1908.3. P. 435–488.
36. Władzki L.A., Rybak J.I. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: *Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida)*. Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2016. 918 p.
37. Kipp R.M., Larson J., Makled T.H., Fusaro A. *Eubosmina maritima* P.E. Müller, 1867: U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, 2023, <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=2370>.
38. Іванець О.Р. Зоопланктон як об'єкт екологічного моніторингу водойм Розточчя. *Розточанський збір – 2000: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (с. Старичі Львівської області, 17–18 листопада 2000 р.): в 2 кн. Львів: Меркатор, 2001. Кн. 2. С. 115–118.
39. Іванець О.Р. Динаміка популяцій планктонних організмів у антропогенно трансформованих гідроєкосистемах. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2003. Вип. 32. С. 157–164.
40. Іванець О.Р. Фауна гіллястовусих раків (*Crustacea, Cladocera*) Українського Розточчя. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологічна»*. 2013. Вип. 63. С. 110–117.

41. Іванець О.Р. Еколого-морфологічна характеристика роду *Daphnia* O.F. Müller, 1785 (*Crustacea, Cladocera*) Українського Розточчя. *Біологічні студії. Studia Biologica*. 2014а. Т. 8. № 2. С. 169–186.
42. Іванець О.Р. Таксономічна структура кладоцероценозів Українського Розточчя. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологічна»*. 2014б. Вип. 64. С. 260–269.
43. Іванець О.Р. Фітофільні зоопланктоценози водойм Українського Розточчя. *Scientific Journal "ScienceRise". Серія «Біологічні науки»*. 2014в. № 3/1(3). С. 27–31.
44. Іванець О.Р. Гідроекологічні дослідження водойм Українського Розточчя та їх роль у формуванні соціально-економічної стратегії розвитку регіону. *Економіка, наука, освіта: інтеграція та синергія: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (Братислава – Відень – Будапешт, 17–22 січня 2016 р.): в 3 т. К.: Центр навчальної літератури, 2016. Т. 3. С. 59–60.
45. Іванець О.Р. Систематика та фауністика гіллястовусих раків (*Cladocera*). Навчально-методичний посібник. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 384 с.
46. Іванець О.Р. Таксономічна структура та фауна гіллястовусих раків (*Crustacea: Cladocera*) водойми Глинна Наварія. *Екологічні науки*, № 42. 2022. С. 147–150. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.24>
47. Ivanets O.R. Zooplankton of the water vegetation in the ponds of west forest-steppe of Ukraine. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2011. Вип. 56. С. 148–156.
48. Ivanets O.R. The fauna of *Rotatoria* and microcrustaceans (*Cladocera, Copepoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. *Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI century: Collective monograph*. Lublin: Izdawniciba "Baltija Publishing". 2018а. P. 183–196.
49. Ivanets O.R. Patterns of taxonomic structure and ecomorphology *Chydoridae*, Dybowski & Grochowski, 1894 (*Cladocera : Anomopoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. *Scientific achievements of countries of Europe in the field of natural sciences: Collective monograph*. Sandomierz, Poland. Riga : Izdawniciba "Baltija Publishing", 2018б. P. 1–16.
50. Ivanets O.R. *Daphnia* and *Ceriodaphnia* (*Cladocera : Anomopoda*) in the conditions of the flat hydroecosystems of Western Ukraine. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph*. Riga : Izdawniciba "Baltija Publishing", 2020. P. 261–274.
51. Kovalchuk A.A., Ivanets O.R. The impact of damming and water poundage on the formation and structure of zooplanktocoenoses in the conditions of rivers in the Ukrainian Roztocze (the "outer" or "chunk" Carpathians). *Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses): Collective monograph*. Uzhgorod; L'viv; Kyiv: Biological Faculty of L'viv National University & Hydroecological society "Uzh", 2016. P. 138–151.
52. Kotov A., Forró L., Korovchinsky N.M., Petrussek A. World checklist of freshwater *Cladocera* species. 2009 May 01. *World Wide Web electronic publication*. Available online at <http://fada.biodiversity.be/group/show/17> [date accessed]

АЛЬТЕРНАРІОЗ СЕРПІЮ УВІНЧАНОВОГО ЗА ІНТРОДУКЦІЇ В ПОЛІССІ УКРАЇНИ

Іващенко І.В., Невмержицька О.М., Плотницька Н.М., Котюк Л.А.

Поліський національний університет

бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир

kalateya@ukr.net, onevmerzhtiska@ukr.net, plotnat@ukr.net, kotyukla@ukr.net

Серпій увінчаний (*Serratula coronata* L.) є цінною лікарською та кормовою рослиною, що належить до родини *Asteraceae*. Рослини цього виду в умовах України розсіяно зростають практично на всій її території. У рослинах серпів міститься значна кількість біологічно активних речовин, зокрема, таких як фітоекдистероїди, флавоноїди, кумарини, дубильні речовини, аскорбінова кислота, каротиноїди, тощо.

Інтродукція серпів увінчаних в умовах Полісся проводиться науковцями Поліського національного університету на території ботанічного саду з 2013 року. У статті наведено результати спостережень щодо встановлення фітопатологічного стану інтродукованих насаджень серпів увінчаних. Виявлено, що рослини *S. coronata* за інтродукції в ботанічному саду Поліського національного університету уражуються сухою плямистістю або альтернаріозом. У лабораторних умовах встановлено, що збудником захворювання є гриб *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Впродовж 2017–2019 років проведено спостереження за розвитком та поширенням гриба *A. alternata* на рослинах серпів увінчаних.

Також досліджено ефективність деяких біологічних препаратів проти збудника альтернаріозу на рослинах *S. coronata*. Дослідження ефективності біопрепаратів проводили за наступною схемою: Мікосан-В, р. (діюча речовина – лужний екстракт афілофоральних грибів) – 2,0 л/га; Фітоагро універсальний, р. (діюча речовина – *Bacillus subtilis*, збагачений гуматом калію та мікроелементами) – 2,0 кг/га; Триходермін, р. (діюча речовина – спори і міцелій гриба *Trichoderma viride*) – 2,0 л/га. Отримані трирічні результати спостережень дають можливість стверджувати, що усі досліджувані біологічні препарати володіють ефективністю щодо зниження показників поширення і розвитку альтернаріозу на рослинах серпів увінчаних.

Найвищу ефективність щодо зниження розвитку і поширення проти гриба *A. alternata* на рослинах серпів увінчаних отримано за використання препарату Мікосан, р., 2,0 л/га. Застосування вказаного біопрепарату дозволяє знизити досліджувані показники у 1,9 рази, порівняно із контрольним варіантом. Використання біопрепаратів проти альтернаріозу дасть можливість вирощувати здорові рослини серпів увінчаних за умов його культивування у Поліссі. **Ключові слова:** серпій увінчаний, альтернаріоз, розвиток хвороби, поширення хвороби, біопрепарати, ефективність.

Alternaria of *Serratula coronata* L. in the result of introduction in Polissya of Ukraine. Ivashchenko I., Nevmerzhtiska O., Plotnytska N., Kotiuk L.

Serratula coronata L. is a valuable medicinal and fodder plant belonging to the *Asteraceae* family. Plants of this species in the conditions of Ukraine grow scattered over almost its entire territory. *Serratula coronata* contain a lot of biologically active substances, such as flavonoids, coumarins, phytoecdysteroids, tannins, ascorbic acid, carotenoids, etc.

The introduction of the crowned *Serratula coronata* in the conditions of Polissya has been carried out by scientists of the Polissya National University on the territory of the botanical garden since 2013. The article presents the results of observations regarding the establishment of the phytopathological condition of introduced plantations of these plants. It was found that *S. coronata* plants after introduction in the botanical garden of the Polissya National University are affected by dry spot. In laboratory conditions, it was established that the causative agent of the disease is the fungus *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. during 2017–2019, the development and spread of the fungus *A. alternata* on the plants of the *Serratula coronata* was observed.

The effectiveness of some biological preparations against the causative agent of Alternaria on *S. coronata* plants was also investigated. The study of the effectiveness of biological preparations was carried out according to the following scheme: Mikosan-B (active substance – alkaline extract of apylophoral mushrooms) – 2,0 l/ha; Phytoagro universal (active substance – *Bacillus subtilis*, enriched with potassium humate and trace elements) – 2,0 kg/ha; Trichodermin (active substance – spores and mycelium of the fungus *Trichoderma viride*) – 2,0 l/ha. The obtained three-year results of observations make it possible to state that all studied biological preparations are effective in reducing the indicators of the spread and development of Alternaria on plants of *Serratula coronata*.

The highest efficiency in terms of reducing the development and spread of the fungus *A. alternata* on plants of the crowned *Serratula coronata* was obtained by using the Mikosan 2,0 l/ha. The use of the indicated biological preparation allows to reduce the activity of *A. alternata* by 1,9 times, compared to the control variant. **Key words:** *Serratula coronata*, Alternaria, development of the disease, spread of the disease, biological preparations, effectiveness.

Постановка проблеми. Використання людиною рослин із високим вмістом біологічно активних речовин як елементу в оздоровленні організму та лікуванні захворювань, наразі набуває значного інтересу в усьому світі. Пошук такої лікарської сировини відбувається як із аборигенних видів рослин, так і за умов інтродукції з інших регіонів світу. Проте

потрібно враховувати, що інтродуковані види рослин потребують більш ретельного спостереження за їх фітосанітарним станом.

Актуальність дослідження. У рослинах серпів увінчаних міститься значна кількість біологічно активних речовин, зокрема, таких як фітоекдистероїди, флавоноїди, кумарини, дубильні речовини,

аскорбінова кислота, каротиноїди, тощо, що дає можливість використовувати їх у фармацевтичній галузі [1; 2]. Проте вирощування виду *S. coronata* за умов інтродукції в умовах Центрального Полісся України вимагає спостереження і за його фітопатологічним станом. Враховуючи відсутність інформації щодо особливостей розвитку фітопатогенних грибів на рослинах виду *S. coronata*, нами проведено спостереження щодо встановлення фітопатологічного стану інтродукованих насаджень серпю увінчаного, а також здійснено пошук ефективних біологічних препаратів проти альтернаріозу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Серпій увінчаний (*Serratula coronata* L.) є цінною лікарською та кормовою рослиною. Що стосується України – то у нас серпій увінчаний використовується лише в народній медицині.

Вид *S. coronata* L. поширений на території Східної Європи, Середньої Азії, Східного і Західного Сибіру, а також на Далекому Сході. На території України рослини серпю увінчаного зростають розсіяно в умовах Полісся, Лісостепу та північної частини Степу. В умовах Центрального Полісся України інтродукційні дослідження виду *S. coronata* L. проводяться, зокрема, із 2013 року на території ботанічного саду Поліського національного університету [4; 5; 6].

Лікувальні властивості серпю увінчаного зумовлені наявністю у його надземній масі фітоекдистероїдів, флавоноїдів, кумаринів, дубильних речовин, сесквітерпенових лактонів, антоціанів, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, тощо. Завдяки таким речовинам він проявляє антимікробні, імуностимулюючі та протизапальні властивості. Рослина широко використовується у народній медицині для терапії новоутворень, запалень, гіперхолестеринемії та гіпоімунних розладів, неврозів, епілепсії, психічних захворювань, анемії, як ранозагоювальний, антимікробний засіб, в науковій медицині – як гемореологічний, імуномодулюючий, адаптогенний, антиоксидантний засіб [1; 4; 7].

Незамінні амінокислоти становлять 40% від загального вмісту амінокислот у листках *S. coronata*, що свідчить про високу поживну цінність цього виду рослин [1; 6; 8].

Завдяки оптимальному біохімічному складу, рослини серпю увінчаного є гарним поживним субстратом для збудників хвороб різної таксономічної належності.

Саме тому, вивчення патогенності та шкідливості хвороб на серпю увінчаному та розробка оптимальної системи захисту рослин із обов'язковим врахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов є досить актуальним. Детальне дослідження вказаної проблематики дасть змогу вирощувати екологічно чисту продукцію з мінімальними втратами та з мінімальним фунгіцидним навантаженням на рослину і навколишнє середовище.

Наукова новизна. Вперше в умовах Полісся України проведена фітопатологічна експертиза *S. coronate*. Встановлено, що найбільшої шкоди рослинам серпю увінчаного завдає альтернаріоз, збудником якого є гриб *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl [9]. Рослини серпю при ураженні цим збудником в'януть і без вчасно проведених захисних заходів можуть повністю загинути.

Методологія дослідження. В умовах ботанічного саду Поліського національного університету впродовж 2017–2019 рр. було проведено спостереження за розвитком рослин серпю увінчаного, а також проведено спеціальні дослідження щодо захисту рослини від альтернаріозу. Екологічні умови ботанічного саду є типовими для Центрального Полісся України. Клімат помірно-континентальний, сприятливий для культивування різних видів рослин, у тому числі і серпю увінчаного.

Дослідження щодо ураження рослин хворобами здійснювали на 1–6-річних рослинах серпю. Зразки із ознаками ураження альтернаріозом відбирали з надземної частини рослин у наступні фенологічні фази: вегетативна, бутонізації, цвітіння, плодоношення. Поширення альтернаріозу визначали згідно показника кількості хворих рослин у кожному зразку за їх відсотковим співвідношенням до загальної кількості за формулою:

$$P = n \times 100 / N,$$

де N – загальна кількість облікових рослин;
 n – кількість уражених рослин.

Ступінь ураження альтернаріозом або інтенсивність розвитку – це якісний показник хвороби, який відображає ступінь ураження рослини. З метою визначення цього показника використовували бальні шкали із зазначенням відсоткового ураження органів рослин і обчислювали згідно формули:

$$R = \sum (a \times b) 100 / N \times K,$$

де $\sum (a \times b)$ – сума добутку кількості рослин (a) уражених з однаковим ступенем у одному балі (b) на відповідний бал ураження;

K – найвищий бал шкали обліку [10, 11].

Виділення збудника альтернаріозу у чисту культуру та його ідентифікацію проводили відповідно до загальноприйнятих у фітопатології методик. Чисті культури грибів вирощували в чашках Петрі за температури +23 °С на картопляно-морквяному агарі та на середовищі Чапека. При появі міцелію на 5–10 добу проводили мікроскопічні дослідження виділених об'єктів [11].

Вивчення дії біопрепаратів проти збудника альтернаріозу проводили на дрібноділянкових дослідках у шестиразовій повторності протягом 2017–2019 рр. за наступною схемою:

– контроль (обробка водою);

– Мікосан-В, р. (діюча речовина – лужний екстракт афілофоральних грибів) – 2,0 л/га;

– Фітоагро універсальний, р. (діюча речовина – *Bacillus subtilis*, збагачений гуматом калію та мікроелементами) – 2,0 кг/га;

– Триходермін, р. (діюча речовина – спори і міцелій гриба *Trichoderma viride*) – 2,0 л/га.

Обробку рослин серпію увінчаного досліджуваними препаратами проводили тричі протягом вегетації через кожні 10 діб, починаючи із вегетативної фази [10].

Викладення основного матеріалу. Із 2013 року у ботанічному саду Поліського національного університету здійснюються інтродукційні дослідження серпію увінчаного (*Serratula coronata* L.). Протягом 2017–2019 рр. було проведено фітопатологічні дослідження щодо ймовірності ураження рослин виду *S. coronata* L. збудниками хвороб різної таксономічної належності. Встановлено, що рослини цього виду уражуються збудниками хвороб грибного походження. Зокрема, протягом періоду вегетації у рослин серпію одно-шестирічного віку на листках відмічали утворення чітко обмежених округлих плям

темно-бурого, темно-сірого або коричневого забарвлення із слабким темним нальотом (рис. 1). Ознаки хвороби були типовими при ураженні рослин збудником сухої плямистості або альтернаріозу.

За сухої прохолодної погоди поширення хвороби майже не спостерігалось, проте за вологої і теплої погоди відбувалося дуже швидке розповсюдження по рослині, плями з'єднувалися, уражувалися листки, стебла і під кінець вегетації окремі рослини засихали. За початкового сильного ураження хворобою спостерігали пожовтіння листків, в першу чергу нижнього ярусу, з подальшою їх некротизацією (рис. 2).

Симптоми захворювання виявлено на рослинах серпію увінчаного в різні онтогенетичні періоди: прегенеративний та генеративний. Ознаки ураження альтернаріозом спостерігали у вегетативній фазі, бутонізації, цвітіння і плодоношення. Суху плямистість спостерігали на листках ювенільних, іматурних, вергінільних рослин. На молодих і зрілих генеративних особинах відмічено ураження листків, черешків, стебел і генеративних органів.



Рис. 1. Ураження листя серпію увінчаного альтернаріозом (ботанічний сад Поліського національного університету, 2018 рік)



Рис. 2. Ураження рослин серпію увінчаного альтернаріозом (ботанічний сад Поліського університету, 2019 рік)

Для визначення видової належності гриба, що спричиняє характерні ознаки на рослинах серпю увінчаного нами у лабораторних умовах досліджено морфологічні особливості збудника, а саме: міцелію та макроконідій. Враховуючи, що за особливостями будови міцелію практично неможливо визначити видову належність гриба, тому нами здійснено спостереження за розміром, формою, кількістю перетинок, характером зігнутої конідій тощо. У результаті проведеної ідентифікації встановлено, що збудник сухої плямистості серпю увінчаного є гриб із роду *Alternaria* Nees. Формування на картопляно-морквяному середовищі оливкового та оливково-бурого міцелію, який, зазвичай, у молодому віці був забарвлений в білий колір, добре розвинений, вдавнений (рис. 3), що відповідає колоніям виду *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

Також нами відмічено формування поодиноких або в ланцюгах конідій, різної довжини, забарвлені в темний колір. За формою вони оберненояйцеподібні або оберненобулавовидні із декількома поперечними та поздовжніми перегородками, біля вер-



Рис. 3. Розвиток міцелію грибів роду *Alternaria*, виділених із уражених рослин серпю увінчаного, на картопляно-морквяному середовищі



Рис. 4. Конідії гриба *Alternaria alternata*

хівки витягнуті в більш світлу шийку (рис. 4), що характерно для виду *Alternaria alternata*.

В умовах ботанічного саду Поліського національного університету протягом трьох років проведено спостереження щодо розвитку та поширення альтернاریозу на рослинах серпю увінчаного (рис. 5). Ці показники мали незначну варіацію за роками, проте, інтенсивність розвитку і поширення хвороби щороку збільшувалися і були найвищими у 2019 році. Підвищення досліджуваних показників, ймовірно, пов'язано з погодними умовами, а також зі щорічним накопиченням інфекційного матеріалу. Зокрема, за період дослідження встановлено, що поширення альтернاریозу було на рівні 12,4–17,0 %.

Інтенсивність розвитку хвороби протягом років спостереження становила у межах 8,1–8,6 %.

Отримані показники вказують на досить високу шкідливість розвитку альтернاریозу на серпю увінчаному, а також свідчать про необхідність проведення захисних заходів захисту від захворювання. Саме тому нами проведено дослідження щодо вивчення ефективності деяких біопрепаратів проти альтернاریозу серпю увінчаного.

Встановлено, що застосування досліджуваних препаратів сприяє зниженню поширення і розвитку збудника альтернاریозу серпю увінчаного, порівняно із контрольним варіантом (табл. 1). Найкращий результат отримано за використання препарату Мікосан, р. (2,0 л/га). Застосування вказаного біопрепарату сприяло зниженню поширення і розвитку альтернاریозу в середньому за роки дослідження на 7,06 % та 3,64 % відповідно, порівняно із контрольним варіантом.

Використання препарату Фітоагро універсальний, р., 2,0 кг/га сприяло зниженню поширення хвороби протягом років дослідження на 6,22 % та розвитку хвороби на 3,14 % у порівнянні із варіантом, де проводилося обприскування водою. Найнижчу ефективність щодо поширення та розвитку збудника альтернاریозу нами отримано при використанні препарату Триходермін, р., 2,0 л/га.

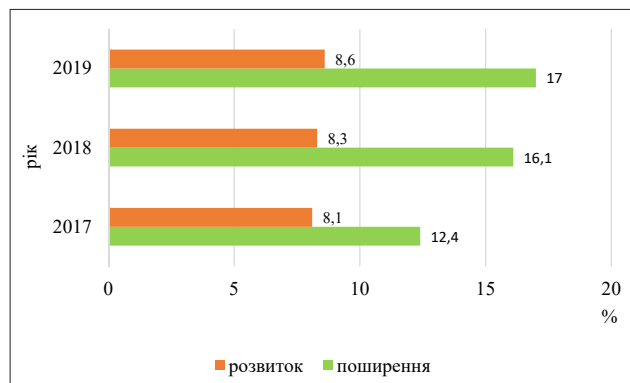


Рис. 5. Динаміка розвитку та поширення альтернاریозу серпю увінчаного (ботанічний сад Поліського національного університету)

Вплив біопрепаратів на ураженість інтродукованої популяції рослин серпю увінчаного альтернаріозом у ботанічному саду Поліського національного університету

Варіант досліджу	2017		2018		2019		середнє	
	P*	R**	P*	R**	P*	R**	P*	R**
Контроль (обробка водою)	12,4	8,11	16,1	8,32	17,0	8,64	15,2	7,59
Мікосан, р., 2,0 л/га	6,98	3,21	7,93	3,81	8,35	4,12	8,14	3,95
Фітоагро універсальний, р., 2,0 кг/га	7,83	3,92	8,42	4,22	9,53	4,77	8,98	4,45
Триходермін, р., 2,0 л/га	8,67	4,75	9,53	5,0	11,67	5,43	10,6	5,2

Примітка: *P – поширення альтернаріозу, %; **R – розвиток альтернаріозу, %

Висновки:

1. Встановлено, що в умовах ботанічного саду Поліського національного університету інтродукційні рослини серпю увінчаного уражуються сухою плямистістю або альтернаріозом.

2. Гриб, що викликає альтернаріоз серпю увінчаного при лабораторних дослідженнях було ідентифіковано як вид *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

3. Найвищу ефективність щодо зниження поширення та розвитку альтернаріозу серпю

увінчаного отримано за використання препарату Мікосан, р., 2,0 л/га. Застосування вказаного біопрепарату дозволяє знизити показники поширення та розвитку хвороби у 1,9 рази, порівняно із контролем.

Подальші дослідження спрямовані на встановлення фітопатологічного стану насаджень, впливу ураження рослин хворобами на біохімічний склад *S. coronata* L., а також пошуку ефективних заходів захисту рослин серпю увінчаного від хвороб.

Література

1. Bajguz A., Bakata I., Talarek M. Ecdysteroids in plants and their pharmacological effects in vertebrates and humans. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2015. Vol. 45. P. 121–145.
2. Насінна та сировинна продуктивність *Serratula coronata* L. та *Serratula tinctoria* L. / С. О. Четверня, Н. І. Джуренко, О. П. Паламарчук, В. П. Грахов *Біологічні системи*. 2015. Т. 7, вип. 2. С. 222–228.
3. Флора УРСР: У 12 т. Т. 4 / за ред. О. Д. Васюліної. Київ: Вид-во АН УРСР, 1962. 589 с.
4. Мінарченко В.М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення). Київ: Фітосоціоцентр. 2005. 323 с.
5. Huseynova A. Y., Aghayeva P. N., Qarakhani P. Kh., Ali-Zade V. M. *Serratula coronata* (Asteraceae) – a new species record for the flora of Azerbaijan. *Український ботанічний журнал*. 2019. Т. 76, № 1. P. 67–70. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.01.067>
6. Іващенко І. В., Рахметов Д. Б., Вергун О. М. Біохімічні особливості інтродукованої популяції *Serratula coronata* L. (Asteraceae) у Центральному Поліссі України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т15, № 2. P. 200–2005. doi: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173574>
7. Ivashchenko I. V. Antimicrobial activity of ethanolic extracts of *Serratula coronata* L. (Asteraceae) introduced in Zhytomyr Polissya. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*. 2016b. Vol. 6, No1. P. 290–303. doi: <http://dx.doi.org/10.15421/201616>
8. Ivashchenko I., Ivashchenko O., Rakhmetov D. Phenolic Compounds in *Serratula coronata* L. (Asteraceae) Introduced in Ukrainian Polissya. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality. The scientific proceeding of international network AgroBioNet. Nitra*. 2016. P. 149–154.
9. Марченко А. Б. Географічне поширення представників роду *Alternaria* Nees. на однорічних квітково-декоративних рослинах. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2015. Т. 11, № 3. С. 338–345. DOI: 10.14255/2308-9628/15.113/7.
10. Методика випробування і застосування пестицидів / С. О.Трибель та ін. ; за ред. С. О. Трибеля. К. : Світ, 2001. 448 с.
11. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В. П. Омелюта, І. В. Григорович, В. С. Чабан [та ін.] ; за ред. В. П. Омелюти. Київ : Урожай, 1986. 294 с.

УДК 630*181.351

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.21>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОГЛЯДУ ЗА ЛІСОМ НА ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Роман Л.Ю., Ванджурак П.І.Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»
вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород

liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua, vandzhurak.pavlo@student.uzhnu.edu.ua

Проведено оцінку фактичних рубок на території підприємства «Ліси Закарпаття» впродовж 2022 року. Внаслідок інтенсивного та неконтрольованого використання природної деревини у довкіллі можуть відбутися руйнівні процеси: значне порушення екологічної рівноваги та сповільнення відновлення лісових систем. З метою своєчасного захисту та відновлення лісів Українських Карпат необхідним є екологічний моніторинг фактичних рубок за системами й видами.

Встановлено чітку тенденцію щодо зменшення суцільних рубок та перехід всіх філій підприємства «Ліси України» до ведення лісового господарства вибіркоким способом рубки. Відмічено значну диференціацію між розрахунковим та плановими лісорубками за окремими регіонами Карпатського регіону.

У лісовому фонді Закарпатської області частка середньовікових насаджень складає 48,3%. У відповідності до цього усіма філіями єдиного лісогосподарського підприємства «Ліси України» частіше використовуються прохідні види рубок. Такі види рубок позитивно впливають на збільшення приросту кращих дерев. Це відбувається шляхом розширення площі світлового й ґрунтового живлення. Крім цього, значно підвищується товарність самого деревостану.

Під час лісогосподарської діяльності на території Карпатського регіону практично не використовують такі типи рубок як переформування, реконструктивні та ландшафтні. Інші заходи, не пов'язані з веденням лісового господарства, проводяться на площі не більше 100 га.

Встановлено, що для заготівлі деревини здебільшого підлягають два види дерев: ялина та бук. Вирубка мяколистяних порід у 3–10 разів менше за вирубку хвойних, проте твердолистяних порід – у 2–3 рази більша.

Виявлено, що площа лісових масивів зменшилася, а поновлення лісових екосистем відбувається переважно природнім шляхом. *Ключові слова:* лісове господарство, «Ліси України», фактичні рубки, поновлення лісових площ, моніторинг лісових екосистем.

Environmental aspects of forest care on the territory of the enterprise “Forests of Ukraine”. Roman L., Vanzhurak P.

An assessment of the actual felling on the territory of the Zakarpattia Forests enterprise during 2022 was carried out. As a result of the intensive and uncontrolled use of natural wood, destructive processes may occur in the environment: a significant disturbance of the ecological balance and a slowdown in the recovery of forest systems. For the purpose of timely protection and restoration of the forests of the Ukrainian Carpathians, ecological monitoring of actual felling by systems and species is necessary.

A clear trend has been established regarding the reduction of continuous felling and the transition of all branches of the “Forests of Ukraine” enterprise to conducting forestry by the selective method of felling. Significant differentiation between estimated and planned logging in individual regions of the Carpathian region was noted.

In the forest fund of the Transcarpathian region, the share of medieval plantations is 48.3%. In accordance with this, all branches of the unified forest management enterprise “Forests of Ukraine” more often use pass-through types of felling. Such types of felling have a positive effect on increasing the growth of the best trees. This happens by expanding the area of light and ground power. In addition, the marketability of the stand itself increases significantly.

During forestry activities in the territory of the Carpathian region, such types of felling as reshaping, reconstructive and landscape are practically not used. Other activities not related to forestry are carried out on an area of no more than 100 hectares.

It has been established that two types of trees are mostly suitable for harvesting wood: spruce and beech. The cutting of soft-leaved species is 3–10 times less than the cutting of conifers, but the cutting of hard-leaved species is 2–3 times more.

It was found that the area of forest massifs has decreased, and the renewal of forest ecosystems occurs mainly in a natural way. *Key words:* forestry, “Forests of Ukraine”, actual felling, renewal of forest areas, monitoring of forest ecosystems.

Постановка проблеми. Ліс є складною динамічною природною системою, без якої не можливо уявити життя людини. Лісові екосистеми є концентрацією біорізноманіття рослинного і тваринного світу, джерелом харчових продуктів, першоджерелом водних ресурсів, будівельних матеріалів, корисних копалин, тощо. Крім цього, дуже вагомими є захисні, охоронні та кліматорегулюючі функції лісів. Вони мають ключове значення у підтриманні природного стану біосфери. Зважаючи на багатогранність функцій та значень лісових систем – своєчасний догляд

за ними є першочерговим завданням у екологічній політиці кожної держави.

У практиці довготривалої лісової діяльності всі види рубок диференційовано на п'ять категорій [1]: рубки головного користування, санітарні рубки, рубки догляду за лісом, спеціальні рубки, інші види рубок. Кожна з цих категорій має свої особливості та мету. Це створює додаткове підґрунтя для раціонального еколого-економічного природокористування. Дотримання основних принципів фактичних рубок забезпечує своєчасний захист й відновлення виру-

баних площ, підвищує значимість лісових систем та сприяє лісокористуванню, яке на призводить до виснаження.

Рубки догляду можуть бути наступних підвидів [2]: освітлення, прочищення, проріджування й прохідна рубка. Рубки освітлення дуже важливі для формування деревостанів певного (цільового) складу та густоти. Для регулювання кількісного співвідношення окремих порід та рівномірного розподілу дерев головної породи на площі застосовують рубки прочищення. Варто зазначити, що для цих двох підтипів рубок відбір дерев проводиться тільки на спеціально закладених пробних ділянках.

Для формування стовбура і крони кращих дерев застосовують рубки проріджування, а прохідні – призначені для збільшення їх приросту, покращення складу, структури й підвищенню стійкості самого деревостану.

З метою оздоровлення та посилення біологічної стійкості лісів, запобігання їх пошкодженню й захворюванню найкраще застосовувати санітарні рубки. Останні призначаються тільки на підставі матеріалів лісовпорядкування, санітарного чи лісопатологічного обстеження. Санітарні рубки поділяють на суцільні та вибіркові.

Для поновлення водоохоронних, захисних та інших цінних властивостей лісових природних систем, збереження біологічного різноманіття переважно застосовують лісовідновні рубки.

Важливими заходами для оздоровлення та відновлення лісів є також догляд за підростом, за узлісьям, за формою крони та стовбура дерев, створення протипожежних розривів й прокладання кварталних просік.

Актуальність дослідження. Для України характерною є мала лісистість, всього 15,9%. Загальна площа лісового фонду країни складає всього 10,4 млн. га, з них тільки 9,6 млн. га вкриті лісовою рослинністю.

Лісові системи України сформовані переважно у західних регіонах держави. Українські Карпати – це найбільші лісові масиви країни, значна частина яких знаходиться під особливим статусом охорони. З метою збереження цінних порід дерев та біорізноманіття України створено Карпатський біосферний заповідник. Букові праліси Карпат входять до Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО [3].

Значний антропогенний вплив на лісові системи Карпат можуть призвести до руйнівних екологічних наслідків: повені, паводки, ерозія ґрунтів, зменшення біорізноманіття, порушення гідрологічного та гідрохімічного режиму малих річок, тощо. З метою своєчасного захисту та відновлення лісів необхідним є догляд за лісом, контроль екологічного стану та створення чіткого плану дій щодо їх розвитку.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Науково-практичні дослідження виконувались у від-

повідності з загальною комплексною темою кафедри екології та охорони навколишнього середовища навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет»: «Розробка та вдосконалення систем і методів моніторингу об'єктів довкілля в контексті екологічної безпеки». Номер держреєстрації: 0121U109776.

Проведені моніторингові дослідження дозволять науковцям, здобувачам вищої освіти та працівникам підприємства «Ліси України» застосовувати системний підхід у емпіричних дослідженнях природних лісових систем, у процесі догляду за лісом у контексті природоохоронних заходів задля збереження та відновлення лісів Українських Карпат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лісові системи Українських Карпат вже давно є об'єктом вивчення багатьох науковців. Аналіз справлення ренти за особливе застосування лісових ресурсів та видатків на лісове господарство в країні у своїй праці [4] описав Ткач С.М. У роботі [5] Савчин А.І. знайомить читачів із особливостями структури старовікового букового деревостану у верхів'ї басейну річки Сукіль, що протікає вздовж території Східних Бескидів. За модельними буковими деревами автором встановлено кореляційні зв'язки висот деревостану від діаметрів стовбурів та тренду їх росту. Питання екологічних проблем лісів Українських Карпат та перспектив їх подолання описано у працях [6–10].

У обмеженій кількості робіт описано особливості догляду за лісом. Вивченням специфіки рубок догляду у гірських лісових масивах Карпат [11] займались науковці Парпан В.І., Чернявський М.В., Гудима В.Д. та інші.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дана стаття присвячена виявленню екологічних складових під час фактичних рубок на території підприємства «Ліси України». Мета роботи: екологічні аспекти фактичних рубок за системами та видами на території підприємства «Ліси України» та моніторинг поновлення лісів у Карпатському регіоні.

Новизна. Проведено оцінку фактичних рубок головного користування на території підприємства «Ліси України» впродовж 2022 року. Проаналізовано доцільність ведення лісового господарства вибірковим способом рубки та зменшення площ суцільних рубок. Встановлено, що найпоширенішими є прохідні види рубок догляду. Встановлено, що планові рубки головного користування значно залежать від лісовкритих площ та видів деревостану. Для заготовлі деревини переважно підлягають ялина та бук.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати проведених аналітичних досліджень мають важливе методологічне значення. Воно полягає у формуванні уваги до міжпредметних зв'язків дисциплін екологічного, економічного, біологічного та географічного спрямування. Проведені аналітичні

дослідження сприяють підвищенню знань щодо екологічної оцінки природних лісових екосистем та їх раціонального використання, екологічної свідомості громадян та збереження належного екологічного стану лісів на території країни. Оцінку фактичних рубок на території підприємства «Ліси України» проведено на основі статистичних даних регіональних звітів. Проведено кореляційний аналіз фактичних рубок на території Закарпаття за останні шість років та процесами поновлення лісових площ. Застосовано методи польових досліджень та спостережень.

Викладення основного матеріалу. Кабінет Міністрів України 07.09.2022 р. прийняв постанову № 1003 «Про деякі питання реформування управління лісової галузі». Відповідно до вказаної постанови ліквідовано обласні управління лісового та мисливського господарства та створено міжрегіональні управління. Західне міжрегіональне управління лісового та мисливського господарства (м. Львів) включають Львівське, Закарпатське та Івано-Франківське обласні управління.

Згідно вказаної постанови, шляхом приєднання усіх лісгосподарських підприємств, утворено єдине державне спеціалізоване господарське підприємство «Ліси України».

На базі майна зазначених лісгоспів створені філії (відокремленні структурні підрозділи) ДП «Ліси України» та призначені керівники філій. Роботу вказаних філій координують структурні підрозділи ДСГП «Ліс України» – регіональні лісові офіси. Діяльність філій Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської області (36 філій) координує Карпатський лісовий офіс (місцезнаходження м. Ужгород).

У відповідності до вертикального зонування та площ лісових систем досліджуваного підприємства лісового господарства Карпатського краю прово-

диться планування та заготівля ліквідної деревини під час здійснення рубок головного користування. Дані фактичних та розрахункових лісосік за період 2022 р. продемонстровано у таблиці 1.

Аналізуючи дані таблиці 1 можемо відмітити значну диференціацію між розрахунковим та плановими лісорубками за окремими регіонами Закарпаття. У першу чергу, це пов'язано з економічною та екологічною складовою.

Встановлено, що впродовж досліджуваного періоду в області відбувається поступовий перехід підприємств до ведення лісового господарства вибіркоким способом рубки. Відчутно зменшились випадки суцільних рубок (табл. 2).

Варто зазначити, що у регіоні не часто застосовуються рубки переформування (тільки до 1 га лісових площ). На території підприємства «Ліси України» зовсім не використовують реконструктивні та ландшафтні типи рубок. Інші заходи, які не пов'язані з веденням лісового господарства, здебільшого проводяться на площі не більше 100 га. При цьому заготівля деревини коливається в межах 7000–8000 м³.

Серед рубок догляду найбільше використовують прохідні (рис. 1). Такі види рубок сприяють підвищенню приросту кращих дерев, а також розширенню площ світлового й ґрунтового живлення, підвищенню товарності деревостану.

Аналізуючи дані рис. 1. можемо відзначити, що заготівля деревини з метою освітлення, очищення чи проріджування у десятки разів менше використовуються, ніж прохідні. Це може бути обумовлено меншою часткою молодняків у порівнянні з середньовіковими насадженнями. Адже освітлення та очищення проводяться для деревостанів віком до 10 років та 11–20 років відповідно.

Встановлено, що для заготівлі деревини здебільшого підлягають ялина та бук (табл. 3). Зазначимо,

Таблиця 1

Оперативні показники по заготівлі ліквідованої деревини під час здійснення рубок головного користування по деяким Закарпатським філіям підприємства «Ліси України» за 2022 р.

№	Філії державного лісгосподарського підприємства «Ліси України»	2022	
		Розрахункова лісосіка	Фактично виконано
1	Берегівське ЛГ	17360	10320
2	Великобичківське ЛГ	35710	1234
3	Довжанське ЛГ	10879	7513
4	Міжгірське ЛГ	13829	11127
5	Мукачівське ЛГ	15700	6457
6	Свалявське ЛГ	15545	10487
7	Ужгородське ЛГ	21600	13548
8	Хустське ЛГ	7890	9123
9	Брустурянське ЛМГ	16843	12639
10	Мокрянське ЛМГ	6767	8227
11	Ясінське ЛМГ	23511	15561
12	Рахівське ЛДГ	10505	12673
	Разом:	196169	118899

Таблиця 2

Фактичні рубки на території підприємства «Ліси України»

Системи, види рубок й заходів	Площа рубок та заходів, га	Заготівля деревини, м ³
усього	18014	1146256
рубки головного користування	1152	348249
рубки формування і оздоровлення лісів	16796	792185
рубки догляду	4356	90062
інші види рубок формування і оздоровлення лісів	12440	702123
з них		
- вибіркові санітарні	10003	258705
- суцільні санітарні	1158	378517
- лісовідновні	114	16510

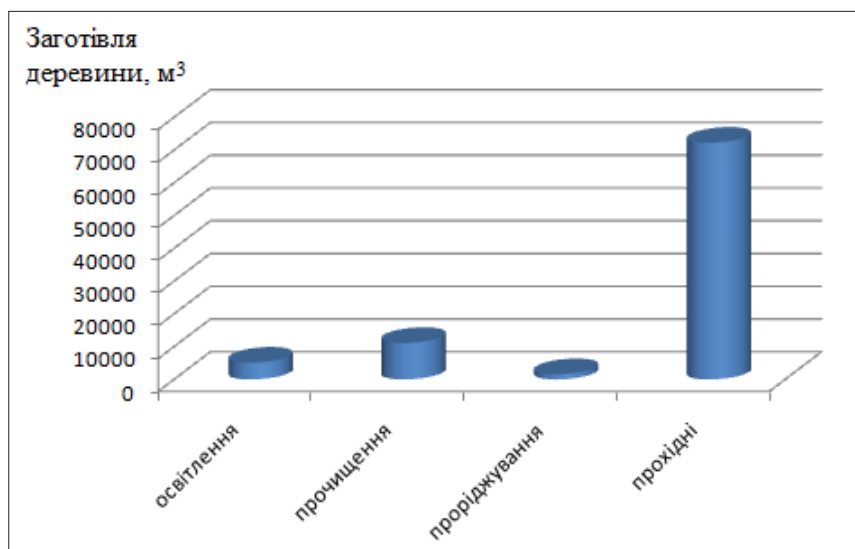


Рис. 1. Заготівля деревини за різними видами рубок догляду в Закарпатті

Таблиця 3

Фактичні рубки за породним станом деревостанів на території підприємства «Ліси України»

Види деревостанів	Площа рубок, га	2022 р.	
		Обсяг заготовленої деревини, м ³	
		усього	ліквідної
Сосна	30,8	532	467
Ялина	4454,7	583481	475755
Інші хвойні	67	7729	5849
Дуб	2275,4	86778	72755
Бук	10736,3	444245	372242
Інші твердолистяні	337,8	16890	13998
Береза	96,9	1144	978
Осика	2,2	58	46
Вільха	6,2	143	117
Інші мяколистяні	17,5	5256	4815

що ці види дерев є найпоширенішими на території лісового господарства.

Оскільки в регіоні переважаючими видами деревостанів є широколистяні породи, то очевидним є їх більша частка у вирубці головного використання. Зокрема вирубка твердолистяних порід у 2–3,7 разів

більша за вирубку хвойних, але мяколистяних порід у 3–10 разів менше.

З'ясовано, що за останні п'ять років площа лісових масивів значно зменшилася, а поновлення лісових екосистем відбувається здебільшого природнім шляхом.

Висновки. Проведено моніторинг фактичних рубок головного користування на території підприємства «Ліси України» впродовж 2022 року. Проаналізовано, що діяльність установи поступово перейшла до ведення лісового господарства вибірко-вим способом рубки. Крім того, зменшились площі суцільних рубок. Встановлено, що найпоширенішими є прохідні види рубок догляду. У Закарпатській області практично не використовують такі типи рубок як переформування, реконструктивні та ланд-

шафтні. Інші заходи, не пов'язані з веденням лісового господарства, здебільшого проводяться на площі не більше 100 га.

Встановлено, що планові рубки головного користування значно залежать від лісовкритих площ окремих регіонів Закарпаття та видів деревостану. Для заготівлі деревини переважно підлягають ялина та бук.

Виявлено, що площа лісових масивів зменшилася, а поновлення лісових екосистем відбувається природнім шляхом.

Література

1. Правила рубок головного користування. Наказ Державного комітету лісового господарства України № 364. 2009 р. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10>
2. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат. Постанова Кабінету Міністрів України № 929 від 22.10.2008 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929-2008-%D0%BF#Text>
3. Офіційний веб-сайт Державної архівної служби України. URL: <https://tsdea.archives.gov.ua/exhibitions/unesco/?page=leshistory>
4. Ткачів С.М. Оподаткування лісового господарства: проблеми і перспективи. *Агроекономіка*, 2014. № 14. С. 50–54.
5. Савчин А.І. Особливості структури старовікового букового деревостану у верхів'ї басейну р.Сукіль (Східні Бескиди). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. В. 23. № 9. С. 389–397.
6. Криницький Г., Третяк П. Стан лісів Українських Карпат, екологічні проблеми та перспективи. *Праці Наукового товариства ім.Шевченка*. 2002. Т. XII. С. 54–65.
7. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.
8. Роман Л.Ю., Глух О.С. Основні рекреаційні зони Закарпаття: екологічні проблеми. *Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія: Хімія*. 2021. В. 45. № 1. С. 99–104. DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2021.1.99-104>
9. Голубчак О.І., Калущий І.Ф. Особливості ведення лісового господарства в рекреаційних лісах і проблеми рекреаційного лісокористування. *Лісівнича академія наук України: Наукові праці*, 2004. В. 3. С. 39–42.
10. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Роль біорізноманітності на сучасному етапі цивілізації. *Укр. ботанічний журнал*. 2010. Т. 67. № 1. С. 3–15.
11. Парпан В. І., Чернявський М. В., Гудима В. Д. та ін. Особливості рубок догляду у гірських лісах Карпат. *Порадник карпатського лісівника*. 2008. В. 10. С. 134–160.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ НАТИВНИХ ДВОСТУЛКОВИХ МОЛЮСКІВ УКРАЇНИ (MOLLUSCA, BIVALVIA) ЯК НЕОБХІДНІСТЬ ДОТРИМАННЯ ВИМОГ ОСЕЛИЩНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Шевчук Л.М.¹, Билина Л.В.², Васільєва Л.А.¹

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Бердичівський медичний фаховий коледж
вул. Шевченка, 14, 13300, м. Бердичів

knz_shlm@ztu.edu.ua, bylyna.lili@gmail.com, knz_vla@ztu.edu.ua

Метою даної роботи став аналіз умов існування молюсків родин Unionidae та Sphaeriidae у сучасних українських водоймах та порівняння їх з умовами існування цих тварин до періоду глобальної трансформації гідроєкосистем, отриманими з літературних джерел, коли ці тварини у водоймах утворювали масові скупчення, порою виступаючи домінуючою групою організмів бентосу. Результати дослідження дозволять виокремити лімітуючі фактори, що обмежують можливість існування двостулкових молюсків родин Unionidae та Sphaeriidae у сучасних українських водоймах та водотоках і врахувати їх при організації процесів охорони та відновлення гідроєкосистем України відповідно до оселищної концепції збереження біорізноманіття. Види молюсків родини Sphaeriidae, напевне, є однією з найменш вивчених груп гідробіонтів не лише в Україні, а й загалом у Європі. Це перший комплексний аналіз умов існування молюсків двох родин Unionidae та Sphaeriidae (Mollusca, Bivalvia) водойм та водотоків України. Показано, що падіння частоти трапляння та щільності поселення перлівницевих та сферїд у сучасних українських водоймах обумовлене скороченням придатних для них місць існування. Зарегулювання стоку, перетворення річок на водойми уповільненого водообміну, як наслідок, відсутність течії, замулення, зниження прозорості призводить до зникнення молюсків, особливо реофільних *U. crassus*, *P. complanata* (загалом 33% видів перлівницевих є реофілами) та *A. cygnea*, яка надає перевагу озерам та річковим заплавам. Частота трапляння сферїд є критично низькою, вони мають низьку екологічну пластичність. Зустрічаються виключно за умови наявності течії, близько 72% серед них є реофілами. Це означає, що відновлення представленості перлівницевих та сферїд, особливо реофільних та оксифільних видів, в українських водоймах та водотоках не можливе, що найменше, без відновлення проточності річок, а також приведення до норми їх гідрологічних та гідрохімічних характеристик. **Ключові слова:** антропогенна трансформація гідроєкосистем України, оселищна концепція збереження біорізноманіття, сталий розвиток, молюски родин Unionidae та Sphaeriidae, екологічні характеристики оселищ.

The biodiversity of native bivalve molluscs of Ukraine (Mollusca, Bivalvia) as the need to comply with the requirements of the housing concept and the implementation of the sustainable development strategy. Shevchuk L., Bylyna L., Vasilieva L.

The purpose of this work was to analyze the conditions of existence of molluscs of the families Unionidae and Sphaeriidae in modern Ukrainian reservoirs and compare them with the conditions of existence of these animals before the period of global transformation of hydroecosystems, obtained from literary sources, when these animals formed mass clusters in reservoirs, sometimes acting as a dominant group of benthos organisms. The results of the study will allow us to identify the limiting factors limiting the existence of bivalve molluscs of the Unionidae and Sphaeriidae families in modern Ukrainian reservoirs and watercourses and take them into account when organizing the processes of protection and restoration of hydroecosystems of Ukraine in accordance with the housing concept of biodiversity conservation. Mollusk species of the Sphaeriidae family are probably one of the least studied groups of hydrobionts not only in Ukraine, but also in Europe in general. This is the first comprehensive analysis of the conditions of existence of molluscs of the two families Unionidae and Sphaeriidae (Mollusca, Bivalvia) in reservoirs and watercourses of Ukraine. It is shown that the decrease in the frequency of occurrence and the density of settlement of Unionidae and Sphaeriidae in modern Ukrainian reservoirs is caused by the reduction of habitats suitable for them. Regulating the flow, turning rivers into reservoirs of slow water exchange, as a result, lack of flow, siltation, and a decrease in transparency lead to the disappearance of molluscs, especially rheophilic *U. crassus*, *P. complanata* (in total, 33% of Unionidae species are rheophilic) and *A. cygnea*, which provides preference for lakes and river floodplains. The frequency of occurrence of Sphaeriidae is critically low, they have low ecological plasticity. They are found exclusively in the presence of a current, about 72% of them are rheophiles. This means that the restoration of the representation of Unionidae and Sphaeriidae, especially rheophilic and oxyphilic species, in Ukrainian reservoirs and watercourses is not possible, at least, without restoring the flow of rivers, as well as bringing their hydrological and hydrochemical characteristics to the norm. **Key words:** anthropogenic transformation of hydroecosystems of Ukraine, habitat concept of biodiversity conservation, sustainable development, molluscs of the families Unionidae and Sphaeriidae, ecological characteristics of habitats.

Постановка проблеми. Двостулкові молюски родин Unionidae та Sphaeriidae (Mollusca, Bivalvia) виконують важливу роль природних біофільтраторів у прісноводних екосистемах України. Вони очищають воду, формуючи її якість та створюючи умови для існування інших гідробіонтів. Деградація пріс-

новодних екосистем через зарегулювання стоку, перетворення великих річок на систему водосховищ, а малих на систему ставків, викидання недостатньо очищених стічних вод, наслідки військових подій, надзвичайних ситуацій антропогенного характеру, унеможливають існування в них багатьох водних мешканців. Це стосується усіх їх груп, однак малорухливі представники бентосу, такі як двостулкові молюски, які не можуть активно покинути несприятливі для життя ділянки водойм, а лише пережити короточасні критичні періоди міцно зімкнувши стулки черепашок, демонструють постійне зниження своєї представленості в гідроценозах аж до повного зникнення. Результатом цих процесів поступово стає не лише все більш прогресуюче погіршення якості води через зникнення природних фільтраторів, а й порушення трофічних ланцюгів, потоків енергії в гідроекосистемах. Такі водойми стають не придатними не лише для життя інших гідробіонтів, а для отримання людиною екосистемних послуг, таких як використання води для водогінної мережі, відпочинку на їх берегах, виловлювання риби, навіть напування сільськогосподарських тварин тощо. Відновлення водних об'єктів є процесом надзвичайно вартісним та тривалим у часі, тому з метою уникнення помилок необхідно врахувати всі аспекти цієї проблеми.

Актуальність дослідження. Проблема зникнення аборигенних двостулкових молюсків так само гостро стоїть і в багатьох країнах Європи, де ці тварини також перейшли в розряд «вразливих», «зникаючих», потребують охорони та відновлення чисельності [15; 16; 18; 23]. Тому в деяких з країн, наприклад у Польщі, вже розпочали реалізацію програми по відновленню річкових екосистем, наприклад у рамках проекту Life Delta, що успішно здійснюється на річці Ніда. Лише після очищення річок, руйнування дамб, інших заходів вселяють туди отриманих шляхом розмноження у неволі двостулкових молюсків [12]. У Люксембурзі здійснюють штучне розмноження цих тварин, зокрема таких видів як *Unio crassus* Philipsson, 1788 та *Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758, з подальшим вселенням у річки цієї країни, а також Німеччини та Бельгії [13]. Усе це відповідає оселищній концепції збереження біорізноманіття, як базовій стратегії Європейського Союзу, окресленій у Директиві Європейського Союзу 92/43/ЄЕС від 21 травня 1992 року «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори». Окрім того, такий шлях вирішення проблеми реалізується у річищі Стратегії сталого розвитку.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. В умовах інтеграції України у європейський простір, основним документом, що регламентує управління водними об'єктами є Водна рамкова директива [1], а документом, що визначає збереження біотичної різноманітності – оселищна концепція збереження біорізнома-

ніття [5]. Реалізація цих стратегій передбачає аналіз причин зникнення гідробіонтів з подальшим урахуванням відомостей при плануванні заходів з відновлення оселищ. Також отримані дані дозволять розробляти спільні з Європейським Союзом плани та проекти для розв'язання проблем втрати елементів біорізноманіття. Поряд з цим, спрямованість наукових досліджень на відновлення природних оселищ допоможе у впровадженні положень Бернської конвенції та створенні Смарагдової мережі в Україні [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Стрімке зникнення перлівницевих як важливих видів-фільтраторів констатувалось у XX–XXI ст. не лише в Європі, а й на американському континенті, який вирізняється найбільшою кількістю видів цих тварин у світі. Зокрема, наприкінці минулого сторіччя у Північній Америці 12% існуючих видів перлівницевих визнано зникаючими, а 60 – такими, що перебувають під загрозою [20]. На думку європейських дослідників впродовж усього минулого століття відбувалось постійне зниження чисельності цих двостулкових молюсків через надмірну евтрофікацію, створення системи водосховищ, забруднення поллютантами [25]. На сьогодні дев'ять із шістнадцяти європейських видів перлівницевих перебувають під охороною [14; 23; 24]. Саме тому у 1993 році в Німеччині розпочато програму моніторингу «mussel monitoring program», яка передбачає оцінку запасів перлівницевих та розробку заходів щодо їх охорони [27]. Із 2003 року в Європі відповідно до директиви ЄС ініційовано щорічну контролюючу схему, яка має охопити увесь континент та спрямована на збереження вкрай важливої для прісноводних екосистем групи організмів-фільтраторів [26; 27]. Результатом такої роботи стало розроблення стратегії по збереженню та відновленню чисельності аборигенних прісноводних молюсків у європейських водоймах [2; 12; 16; 26]. Із шести нативних видів перлівницевих в Україні також у 2021 році три види включено до Червоної книги [6; 10; 21; 22], однак чітких заходів їх охорони та відновлення не розроблено.

Що стосується видів молюсків родини Sphaeriidae, то вони, напевне, являються однією з найменш вивчених груп гідробіонтів не лише в Україні, а й загалом у Європі [17]. Причиною цього є їх дрібні розміри та відсутність чіткого розуміння що до кількості видів, при цьому їх внесок у фільтрацію та очищення природних вод є значним. На теренах пострадянського простору використовувались підходи радянської малакологічної школи, у витоків якої стояв Ярослав Старобагатов. Ці методи видової ідентифікації базувались на порівнянні кривизни фронтального перерізу стулки черепашки із шаблонами (так званий компараторний метод), які власне цей вчений розробив. Такий підхід призвів до різкого збільшення ідентифікованих видів в порівнянні з попередніми дослідженнями, проведеними у 30 роках XIX ст.

Володимиром Жадіним. У той же час європейські малакологи такий метод принципово не визнавали та не використовували [17]. Для ідентифікації видів, як головні, ними використовувались відміни у формі черепашки та характеристики (розташування, форма тощо) верхівки. Це стало причиною протистояння двох наукових шкіл і не визнання у Європі результатів наукових досліджень багатьох українських вчених. У річиді сучасних наукових тенденцій що до систематики цієї групи тварин найближче працював відомий український малаколог Олексій Корнюшин (2002 р.), однак згадана праця стосується Палеарктики загалом (1996 р.). Наші дослідження є першими в Україні після тривалої перерви вивчення цієї групи молюсків [7–9; 12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Констатується загострення екологічної ситуації у багатьох водоймах та водотоках України через не раціональне природокористування, регулювання стоку, не узгодження багатьох питань екологічної політики, наслідки військових подій та техногенних катастроф. Така ситуація, з метою відновлення цих екосистем в подальшому, робить необхідним розуміння оселищних характеристик важливих видів-фільтраторів, таких як нативні прісноводні двостулкові молюски.

Новизна статті. Це перший комплексний аналіз умов існування молюсків двох родин Unionidae та Sphaeriidae (Mollusca, Bivalvia) водойм та водотоків України.

Методологічне та загальнонаукове значення. Матеріали статті можна використовувати при викладанні біологічних та екологічних дисциплін для студентів університетів. Також отримані результати становлять значний інтерес для вирішення питання збереження та відновлення прісноводних екосистем в Україні, реалізації басейнового підходу в управлінні водними об'єктами, імплементації Водної рамкової директиви, реалізації оселищної концепції збереження біорізноманіття тощо.

Викладення основного матеріалу. Для проведення аналізу використано результати власних зборів авторів, що носили моніторинговий характер. Збір перлівницевих тривав з 2000 до 2023 року. У період 2000–2013 рр. матеріал зібрано у всіх річкових басейнах України, включно з територією Криму. У подальші роки збори матеріалу відбувались у межах північного правобережжя України (переважно Житомирського та Волинського Полісся). У період до 2013 року обстежено 302 пункти збору, а у наступний – 232. Перлівницевих збирали вручну на глибині від 0,1 до 2 м протягом року. Зібраний матеріал відразу обробляли. Якщо такої можливості не було, молюсків утримували на нижній полиці холодильника, загорнутими у вологе полотно, але не більше 3-х діб. Проводили ідентифікацію видової належності перлівницевих [9].

З метою збору сферіїд у період 2019–2023 років обстежено 232 типових для двостулкових молюсків оселищ у водних об'єктах північного Правобережжя (переважно Житомирського та Волинського Полісся). Матеріал збирали вручну з використанням гідробіологічних сит на глибині до 50 см. Здійснювали видову ідентифікацію зібраного матеріалу з дотриманням загальноєвропейських підходів щодо систематики цієї групи тварин [19; 24].

Зустрічальність видів визначали як відношення кількості пунктів, в яких виявлено даний вид, до загальної кількості обстежених пунктів, виражене у відсотках.

У місцях збору молюсків визначали прозорість води, швидкість течії, ступінь замулення. Градацію обраних абіотичних чинників водного середовища здійснювали за В. Жадіним (1938 р.). Згаданий автор застосував цей підхід по відношенню до перлівницевих, ми ж використали його по відношенню як до цієї групи, так і при аналізі умов оселищ сферіїд.

Загалом досліджено умови існування шести видів нативних перлівницевих (*Unio pictorum* Linnaeus, 1758, *U. tumidus* Philipsson, 1788, *U. crassus* Philipsson, 1788, *Anodonta anatina* Linnaeus, 1758, *A. cygnea* Linnaeus, 1758 та *P. complanata* Rossmassler, 1835) (рис. 1) та вісімнадцяти видів сферіїд (*Musculium lacustre* Müller, 1774, *Sphaerium corneum* Linnaeus 1758, *S. rivicola* Lamarck, 1818, *S. nucleus* Studer, 1820, *S. solidum* Normand, 1844, *Pisidium amnicum* Muller, 1774, *P. supinum* Schmidt, 1851, *P. pseudosphaerium* Falve, 1927, *P. milium* Held, 1836, *P. subtruncatum* Malm, 1855, *P. tenuilineatum* Stelfox, 1918, *P. obtusale* Lamarck, 1818, *P. nitidum* Jenyns, 1832, *P. casertanum* Poli, 1791, *P. henslowanum* Sheppard, 1823, *P. personatum* Malm, 1855, *P. moitessierianum* Paladilhe, 1866, *P. globulare* Clessin, 1873).

Варто зазначити, що велика кількість перлівницевих у водоймах України на початку минулого століття (місцями їх щільність населення становила сотні, або ж тисячі особин на метр квадратний) наштовхувала людину на думку їх використання у промисловості, зокрема її галантерейній галузі (виготовлення гудзиків, запонок, клавіш для музичних інструментів тощо). М'ясом молюсків рекомендували вживати свиней, домашніх птахів, а рештки від черепашок подрібнювати і вносити як добриво. Загалом, ці молюски використовуються людиною вже тисячі років, однак ніколи це не мало такого масштабу. Швидко видобування перлівницевих набуло значних розмірів. Приблизно 20000 ц цих тварин вилловлювання в річках України у період 1932–1933 рр. Навіть наприкінці 60-х років ХХ ст. [4] у Дніпрі та Десні продовжували добувати цих молюсків, зокрема у 1968 р. вилловлено 2030 ц й зазначено, що об'єм заготовок можна збільшити у кілька десятків разів. При цьому відловлювали переважно види з товстими стулками черепашок, такі як *U. crassus*, *U. tumidus*, *U. pictorum*. Зазначається, що при цьому були від-

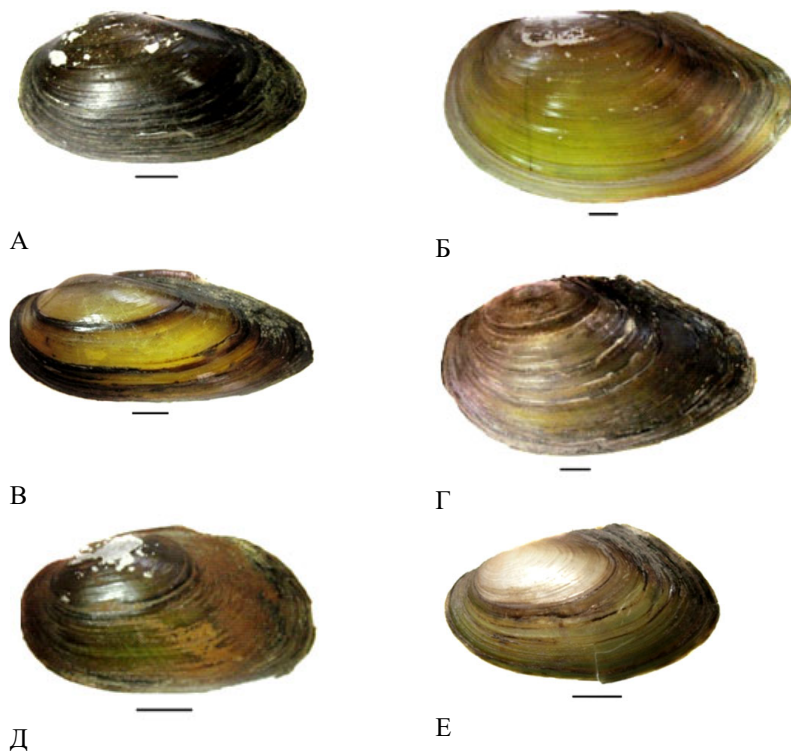


Рис. 1. Досліджені види перлівницевих (власні фото): А – *U. tumidus*, Б – *A. cygnea*, В – *U. pictorum*, Г – *A. anatina*, Д – *U. crassus*, Е – *P. complanata*

сутні правила, які б регулювали промисел, великими були відходи.

Наступним кроком, що спричинив негативний вплив на гідроценози, аж до їх повного знищення, стало масштабне гідробудівництво, що розпочалося у 30-х роках ХХ ст. й тривало аж до 70-х. Перегороджувались як великі, так і малі річки, перетворюючись поступово у систему водосховищ та ставків. Відсутність течії спричинила зростаючу евтрофікацію водойм, накопичення значних товщ мулу, порушення кисневого режиму. Почало зникати багато видів гідробіонтів.

У той же час розвиток промисловості, сільського господарства з одного боку і відсутність потужних очисних споруд та чіткого унормування забруднюючих речовин у стічних водах з іншого, стали причиною надходження неочищених або недостатньо очищених стоків у природні водойми. Усе це почало знищувати все живе, у тому числі й нативні види двостулкових молюсків, у водоймах і водотоках. Вони поступово втрачають роль домінуючої групи бентосних організмів та так званих «екосистемних інженерів» прісноводних гідроекосистем.

Саме екологічні умови гідроценозів визначають видовий склад їх мешканців, можливість їх існування та успішного розмноження. На початку ХХ століття В. Жадіним вперше детально охарактеризовано екологічні характеристики оселищ видів уніонід, що дало можливість побудувати йому графічно на підставі отриманих даних екологічні спектри цих видів. Пізніше, особливо з 50–60-х років цього століття,

гідрологічні та гідрохімічні характеристики місць поселення перлівницевих наводяться в численних роботах [4; 11]. Надзвичайно детально описані екологічні особливості перлівницевих у монографічному виданні А. Стадниченко, що охоплює період дослідження 1970–1980 роки. Однак, на нашу думку, порівнювати екологічні умови молюсків із сучасних українських водойм найбільш доцільно з тими екологічними спектрами, що графічно склав В. Жадін, оскільки саме вони характеризують умови місць поселення перлівницевих до масштабних антропогенних зрушень водних об'єктів. Дані, що наводяться іншими авторами, у тому числі А. Стадниченко, дозволяють прослідкувати динаміку змін умов існування та втрати перлівницевими провідної ролі організмів-біофільтраторів через їх зникнення з водойм та водотоків.

Аналіз частоти трапляння цих видів у водоймах різного типу, природних та штучно створених, дозволяє констатувати, що найбільшим є цей показник саме для річок (загалом цей показник становить 83%). У створених людиною штучно водних об'єктах, а саме водосховищах, ставках, каналах, частота трапляння видів цих тварин є не високою (близько 4%). Це підтверджується саме тим фактом, що переважна більшість цих видів прагне у виборі місць оселення до відносно проточних ділянок із сприятливим кисневим режимом та без значного замулення.

Проведемо порівняння гідрологічних умов існування перлівницевих (гідрохімічні показники нами не аналізувались), відмічених В. Жадіним, з отри-

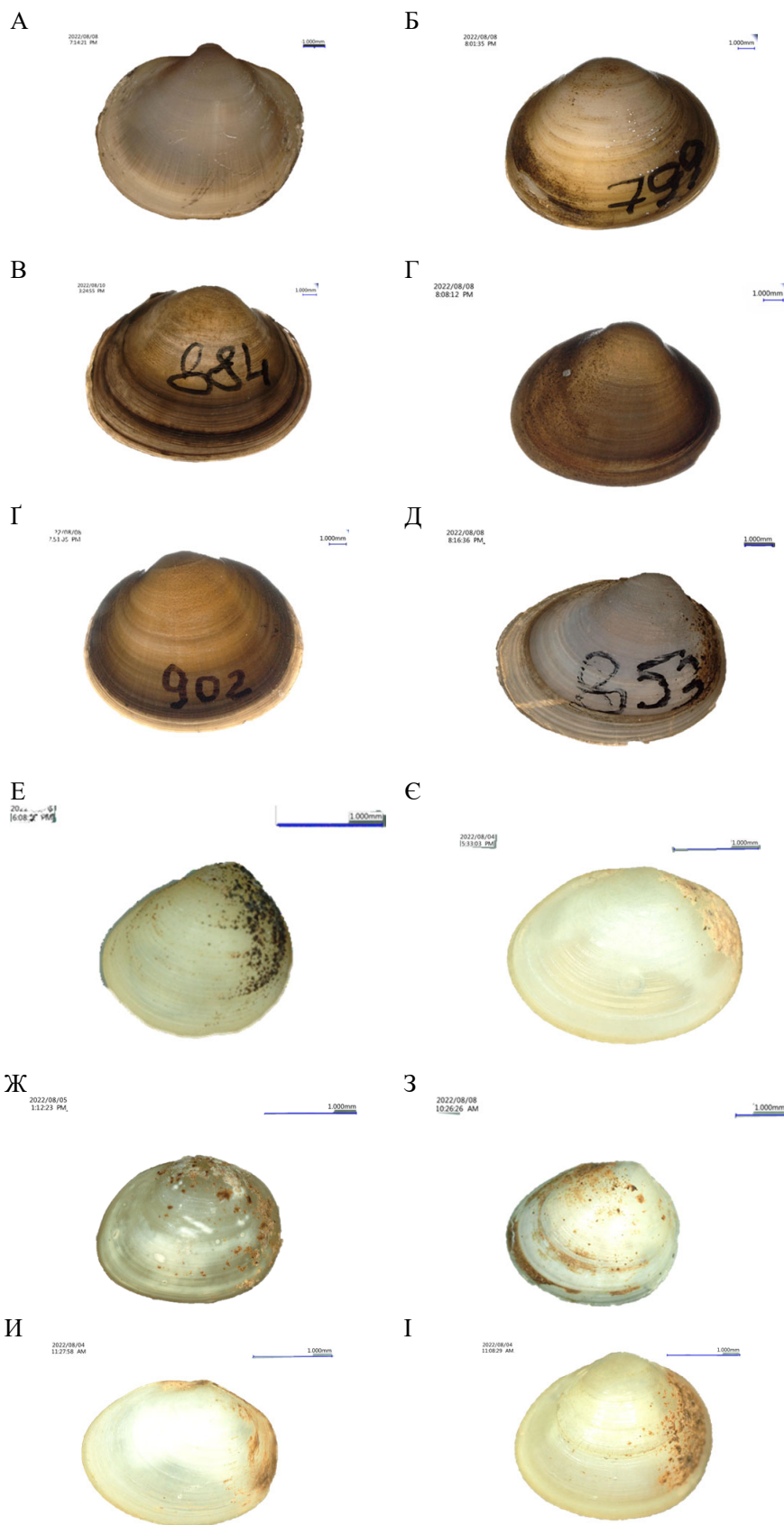


Рис. 2 (початок). Досліджені види родини Sphaeriidae (власні фото [7]): А – *M. lacustre*, Б – *S. corneum*, В – *S. rivicola*, Г – *S. nucleus*, Г – *S. solidum*, Д – *P. amnicum*, Е – *P. supinum*, Є – *P. pseudosphaerium*, Ж – *P. milium*, З – *P. subtruncatum*, И – *P. tenuilineatum*, І – *P. obtusale*

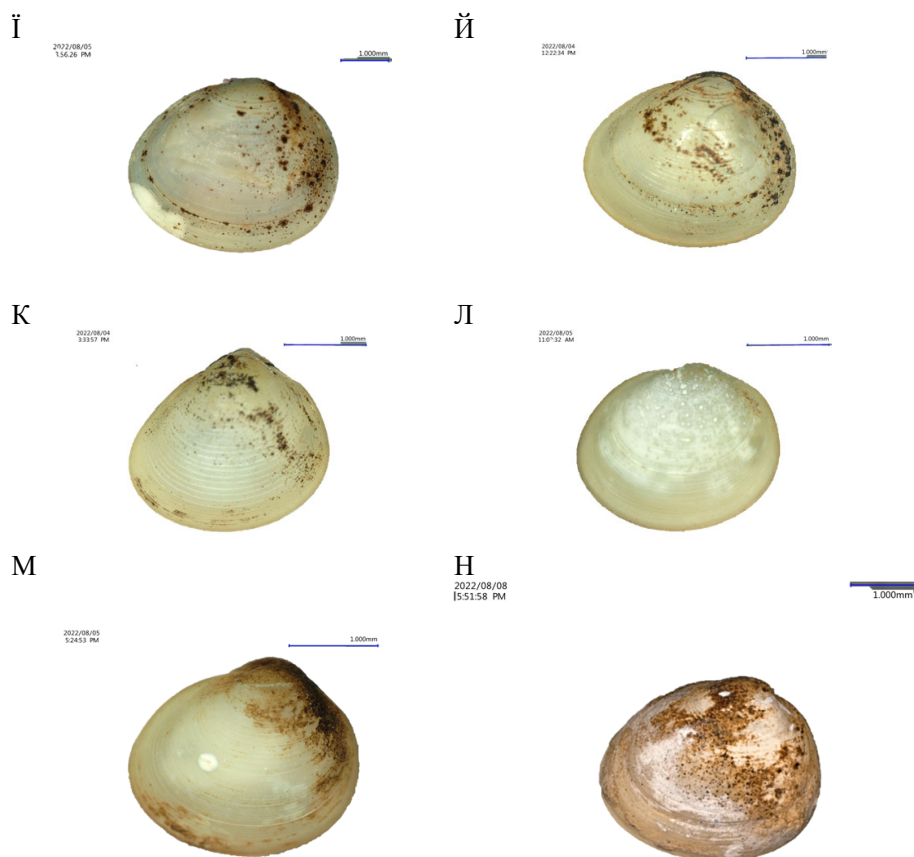


Рис. 2 (продовження). Досліджені види родини Sphaeriidae (власні фото [7]):
 I – *P. nitidum*, II – *P. casertanum*, K – *P. henslowanum*, L – *P. personatum*,
 M – *P. moitessierianum*, H – *P. globulare*

маними нами результатами. Цим дослідником показано, що на початку минулого століття перлівницеви, у тому числі у водоймах України, існували при швидкості течії близько 0,1 м/с (за градацією цього автора такі показники визначено як швидкісний оліготип), більшу швидкість (мезотип цього чинника, швидкість до 1 м/с) витримували *U. crassus*, *P. complanata* (вони є реофільними видами), лише зрідка за таких умов існували *U. pictorum*, *U. tumidus*. Хоча відомо, що дуже швидка течія (більше 1 м/с) не сприятлива для існування перлівницевих через неможливість закріпитись у субстраті. Відповідно до результатів наших досліджень, *U. crassus*, *P. complanata* також у переважній більшості випадків (близько 50–70%) відмічені при мезотипі швидкості течії, тоді як інші види, навпаки, у близько 60% виявлено за більш повільної течії та, навіть, її відсутності.

Також, за В. Жадіним, молюски переважно оселялись за умов мезотипу прозорості (літня прозорість води в межах 50–200 см), тобто середнім її величинам, лише зрідка траплялися при політипі. За нашими даними, від 60 до 70% поселень *U. pictorum*, *U. tumidus*, *U. crassus* та *A. anatina* сучасних українських популяцій існують за умов не значної прозорості води, тобто при її оліготипі (літня прозорість становить менше 50 см).

Згідно відомостей В. Жадіна, перлівницеви існували при оліготипі та мезотипі замулення (дуже не значна або середня його кількість), мезотипу надавали перевагу *Anodonta*. Тобто тварини уникали значно замулених ділянок. Тепер близько 70% поселень *U. pictorum*, *U. tumidus*, *P. complanata*, 60 – *A. cygnea* та 50% – *U. crassus*, *A. anatina* зафіксовані при мезотипі замулення. Однак близько 40% місць виявлення *U. crassus* та *A. anatina*, 20 (тобто найменше) *U. pictorum*, *U. tumidus* та 30 решти видів мають оліготип цього чинника, що означає знову ж таки уникнення цими видами значно замулених ділянок.

Окрім того, В. Жадін зазначає, що найбільшим видовим багатством перлівницевих характеризувалися річки, а саме їх не зарегульовані ділянки. У сучасних українських водоймах реофільні та оксифільні *U. crassus* та *P. complanata*, які на сьогодні потребують охорони через катастрофічне зникнення, відповідно у 100 та 90% було виявлено саме за таких умов. У всіх типах водойм, у тому числі у штучно створених, виявляються лише пластичні та невибагливі *U. pictorum*, *U. tumidus*, *A. anatina*, хоча найчастіше (загалом для видів 81–87%) вони виявляються знову ж таки у річках.

Аналіз характеру оселення видів досліджуваних родин дозволяє констатувати, що в усіх випадках

Таблиця 1

Кількість пунктів виявлення та частота сумісного трапляння (%) моллюсків родини Unionidae та Sphaeriidae

Види сферїїд Види перлівни- цевих	<i>S. rivicola</i>	<i>S. cornutus</i>	<i>S. nucleus</i>	<i>S. solidus</i>	<i>R. amnicus</i>	<i>R. supinus</i>	<i>R. pseudosphæritum</i>	<i>R. milium</i>	<i>R. subtruncatum</i>	<i>R. tenuilineatum</i>	<i>R. obtusale</i>	<i>R. nitidum</i>	<i>R. casertanum</i>	<i>R. henslowianum</i>	<i>R. personatum</i>	<i>R. motessertianum</i>	<i>R. globulare</i>	<i>Ms. lacustris</i>
<i>U. tumidus</i>	7 (19%)	0	8 (22%)	2 (5%)	5 (14%)	1 (3%)	0	1 (3%)	2 (5%)	1 (3%)	0	1 (3%)	1 (3%)	2 (5%)	1 (3%)	0	1 (3%)	2 (5%)
<i>U. pictorum</i>	13 (36%)	2 (5%)	11 (31%)	7 (19%)	6 (17%)	2 (5%)	3 (8%)	1 (3%)	2 (5%)	1 (3%)	2 (5%)	1 (3%)	3 (8%)	3	1 (3%)	1 (3%)	3 (8%)	2 (5%)
<i>U. crassus</i>	4 (11%)	0	2 (5%)	1 (3%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (5%)	0	1 (3%)	0	0
<i>A. anatina</i>	8 (22%)	0	6 (17%)	5 (14%)	3 (8%)	0	0	2 (5%)	1 (3%)	2 (5%)	1 (3%)	0	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)	0	1 (3%)	1 (3%)
<i>A. cygnea</i>	4 (11%)	3 (8%)	5 (14%)	7 (19%)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (3%)	0	0	0	0	3 (8%)
<i>P. complanata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

представники двох родин не утворювали змішаних поселень. Навіть при зборі цих видів в одному пункті (табл. 1), їх територіальне розміщення та характер розташування на субстраті відрізнялись. Можливо, таким чином зменшувалась конкуренція між близькими видами-фільтраторами. Деякі з видів сферіїд (*S. nucleus*, *S. corneum*) переважно виявлялись у донних відкладах на глибині до 5 см, а загалом 67% усіх видів сферіїд виявлялись безпосередньо зануреними у донні відклади на таку ж глибину серед коріння макрофітів, тобто вони є представниками інфауни. Перлівницеві, на відміну від сферіїд, навіть якщо закопуються у субстрат, то над ним знаходяться сифони, у тому числі і ввідний, для всмоктування води. Такий вид як *Ms. lacustre* завжди відмічався як представник онфауни (тобто особини виду лежали вільно на поверхні донних відкладів, які при цьому були мулистими). Особини *S. rivicola* та *S. solidum* з однаковою частотою могли бути як зануреними у донні відклади, так і лежати вільно на їх поверхні. У 100% випадків всі види сферіїд зафіксовано на проточних ділянках водотоків. Якщо застосувати для характеристики умов оселищ градацію екологічних чинників за В. Жадіним, то такі умови можна визначити як мезотип швидкості течії, не рідко при цьому це могли бути невеличкі перекати на відносно спокійних ділянках річок. Усі види уникали замулених ділянок, могли оселятися лише за наявності невеликого намулу (до 2–3 см), тобто надавали перевагу оліготипу цього показника. Лише, як ми вже зазначили, *Ms. lacustre* зустрічався на ділянках з більшою кількістю мулу (приблизно до 10 см), однак зосереджувався на його поверхні. Найпоширенішим серед сферіїд у сучасних українських водоймах виявився *S. rivicola* (частота трапляння становить 16%), при цьому і він зазначається нами виключно на проточних ділянках. За наявності течії виявлено також *S. solidum*, *P. pseudosphaerium*, *P. milium*, *P. subtruncatum*, *P. tenuilineatum*, *P. obtusale*, *P. nitidum*, *P. casertanum*, *P. henslowanum*, *P. personatum*, *P. moitessierianum*, *P. globulare*, тобто 12 з 18 видів. Таким чином, близько 72% видів сферіїд зустрічаються за умови наявності течії, тобто є реофілами. При цьому ці види можуть витримувати навіть короткочасне пересихання таких ділянок водойм, при цьому закопуючись у донні відклади та міцно закриваючи стулки, однак значного замулення, повної відсутності течії особини видів переживати не здатні. Решта видів могли витримувати те ще меншу проточність води у місцях свого оселення, однак не повну її відсутність. Також означені екологічні особливості видів пояснюють, чому їх не було відмічено у великих річках, водосховищах [5], адже саме там у результаті не раціонального природокористування зосередилися значні шари мулу, відсутня течія, відповідно сформувався не

сприятливий кисневий режим. Усе це пояснює, чому лише три з 18 таких видів мають частоту трапляння в межах 13–16%, це такі види як *S. rivicola*, *S. nucleus* та *S. solidum*. Для решти видів частота трапляння в обстеженому регіоні була лише 1–3%. На сьогодні ми говоримо про стрімке зникнення перлівницевих в українських водоймах та водотоках (за нашими даними загальна частота трапляння перлівницевих становить 54%, а у різних річкових басейнах частота трапляння видів коливається від 10% (*P. complanata*, *A. cygnea*) до 39% (інші види) [11]. Однак, навіть за таких низьких показників серед перлівницевих, частоти трапляння сферіїд є критично низькими (загалом 32% від усіх пунктів дослідження), ці види демонструють тенденцію до зникнення з водойм та водотоків обстеженого регіону. Зафіксовані нами екологічні переваги сферіїд абсолютно співпадають з описаними у літературі кілька десятиліть тому [4]. Це означає, що екологічна пластичність сферіїд є низькою і подальша антропогенна трансформація водних об'єктів може стати причиною їх абсолютного зникнення.

Головні висновки. Отже, аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що падіння частоти трапляння та щільності поселення перлівницевих та сферіїд у сучасних українських водоймах обумовлене скороченням придатних для них місць існування. Зарегулювання стоку, перетворення річок на водойми уповільненого водообміну, як наслідок, відсутність течії, замулення, зниження прозорості призводить до зникнення молюсків, особливо реофільних *U. crassus*, *P. complanata* (тобто 33% перлівницевих є реофілами) та *A. cygnea*, яка надає перевагу озерам та річковим заплавам. При цьому більш екологічно пластичні та витривалі *U. pictorum*, *U. tumidus*, *A. anatina* за отриманими нами даними мають вищі показники представленості в гідроекосистемах. Частота трапляння сферіїд загалом є критично низькою, вони мають низьку екологічну пластичність. Зустрічаються виключно за умови наявності течії, близько 72% серед них є реофілами. Це означає, що відновлення представленості перлівницевих та сферіїд, особливо реофільних та оксифільних видів, в українських водоймах та водотоках не можливе, що найменше, без відновлення проточності річок, а також приведення до норми їх гідрологічних та гідрохімічних характеристик.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати досліджень дозволяють зрозуміти причини зникнення важливих аборигенних видів-фільтраторів, таких як молюски родин Unionidae та Sphaeriidae. Вони можуть бути використані при плануванні природоохоронних заходів та управлінні водними об'єктами відповідно до вимог Стратегії сталого розвитку.

Література

1. Водна рамкова директива. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0 (Дата звернення 14.09.2023 р.).
2. Кагало О. О., Проць Б. Г. Оселища Концепція Збереження Біорізноманіття: Базові документи європейського союзу [Архівовано 21 січня 2022 у Wayback Machine.]. Львів, 2012. 57 с.
3. Смарагдова мережа України URL: https://uncg.org.ua/uriadu-ukrainy-rekomendovano-iaknajshvydshe-ukhvalyty-zakon-pro-terytorii-smaragdovoi-merezhi/?gclid=Cj0KCQjw06-oBhC6ARIsAGuzdw3SiNWveKwfxUWGXoBCZSCjgNSL1VEmECFyz4vEaOyzOhm5YQoN11YaAqWvEALw_wcB (Дата звернення 14.09.2023 р.).
4. Стадниченко А. П. Фауна України. Перлівницеві. Кулькові (Unionidae, Cycludidae). К. : Наук. думка, 1984. Т. 29. Вип. 9. 384 с.
5. Стратегія сталого розвитку. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A>(Дата звернення 14.09.2023 р.).
6. 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 22.03.2023).
7. Шевчук Л.М., Билина Л.В. Види молюсків родини Pisidiidae (Mollusca, Bivalvia) у водоймах та водотоках півночі правобережного Полісся України та характеристика умов їх оселення. Запоріжжя: Acta Biologica Ukrainica, 2022. Вип. 1. 41–50 с.
8. Шевчук Л.М., Билина Л.В., Бітнер Д.В. Стан популяцій двостулкових молюсків родин Unionidae та Pisidiidae (Mollusca: Bivalvia) у басейні Случі в умовах загострення екологічної ситуації. Київ: Екологічні науки, 2020. Вип. 30. 192–196 с.
9. Шевчук Л.М., Билина Л.В., Куровська А.Є. Ушкодження твердого тіла перлівницевих та кулькових як чутливий біоіндикаційний показник. Київ: Екологічні науки, 2021. Вип. 38. С. 111–121.
10. Шевчук Л. М., Васільєва Л. А., Зайонц Т. А. Вразливий вид двостулкових молюсків фауни України *Pseudanodonta complanata*: поширення, стан поселень. Український журнал природничих наук. 2022. Випуск 1. С. 34–42.
11. 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 : автореф. дис. ... доктора біол. наук : 03.00.08. Київ, 2013. 389 с.
12. Badanie terenowe na obszarze delty rzeki Nidy. URL: <https://life4delta.pl/badanie-terenowe-na-obszarze-delta-rzeki-nidy/> (Дата звернення 22.09.2023 р.).
13. Bilina Liliya, Shevchuk Larisa, Urbańska Maria. Species composition in assemblages of the family Unionidae Rafinesque, 1820 (Mollusca: Bivalvia) as an indicator of ecological changes in water bodies of central Polissia, Ukraine. *Folia Malacologica* 31(2): 83–91 с.
14. Eybe T., Thielen F., Bohn T., Sures B. The first millimetre – rearing juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.) in plastic boxes, *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*. 2013. № 23(6).
15. Kornishin A.V., Yanovich L.N., Melnichenko R.K. Artenliste der Süßwassermuscheln der Ukraine. Mit Bemerkungen über taxonomischen Status, Verbreitung und Gefährdungskategorien einiger Arten und Formen. *ConchBooks : Friedrich- HeldGesellschaft*, 2002. P. 463–478.
16. Markovi V., Gojina V., Novakovi B., Boani M., Stojanovi K., Karan-Nidari T., Ivi I. The freshwater molluscs of Serbia: Annotated checklist with remarks on distribution and protection status. *Zootaxa*. 2021. 5003 (1). P. 1–64.
17. Ollard I., Aldridge D. C. Declines in freshwater mussel density, size and productivity in the River Thames over the past half century. *Journal of Animal Ecology*. 2022. P. 1–12.
18. Ożgo M., Urbańska M., Marzec M., Kamocki A. Occurrence and distribution of the endangered freshwater mussels *Unio crassus* and *Pseudanodonta complanata* (Bivalvia: Unionida) in the Pisa River, north-eastern Poland. *Folia Malacologica*. 2020. 28(1). P. 84–90.
19. Piechocki A. Dyduch-Falniowska A. Mięczaki (Mollusca), małże (Bivalvia). *Fauna słodkowodna Polski, z. 7A – Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa*, 1993. P. 202
20. Ricciardi A., Rasmussen J. Predicting the identity and impact of future biological invaders: A priority for aquatic resource management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55(7): P. 1759–1765.
21. Shevchuk L., Vasilieva L., Romaniuk R., Pavliuchenko O. Species diversity of unionid mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) as a bioindicator of the state water environment of river basins of Ukraine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 915.
22. Shevchuk L., Vasilieva L., Taradajnyk M., Mezhzherin S. Freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) of the Danube river basin of Ukraine. *Zoodiversity*. 2021. Vol. 55, № 1. P. 41–50.
23. Soroka M., Wasowicz B., Zajac K. Conservation status and a novel restoration of the endangered freshwater mussel *Unio crassus* Philipsson, 1788: Poland case. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 2021(3). P. 422.
24. View Mussel Monitoring Results. URL: <https://www.princeedwardisland.ca/en/feature/view-mussel-monitoring-results#/service/MusselMonitoring/MusselMonitoringSearch> (Дата звернення 22.09.2023).
25. 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. P. 169–183.
26. Wisconsin Mussel Monitoring Program. URL: <https://wiatric.net/inventory/mussels/> (Дата звернення 22.09.2023).
27. Zettler M. L. The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. 2007. (25). P. 165–174.

РОЛЬ СІЛЬСЬКОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Боженко А.Л.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54000, м. Миколаїв
voodoo@chmnu.edu.ua

Ця робота присвячена вирішенню завдання розвитку туристичної галузі Півдня України після війни. Війна нанесла катастрофічних збитків туристичній галузі України, особливо на Півдні й Сході, де ведуться безпосередні військові дії. Загальноприйнятою, в тому числі, на державному рівні, стратегією порятунку галузі після війни сьогодні є заклик до іноземців відвідати «країну, що перемогла», розробка нових туристичних маршрутів у відносно безпечних місцях, включаючи безпечні сільські й заповідні території. На Півдні це передбачає відхід від концентрації туристичних об'єктів на морському побережжі через високу замінованість цих місць. Купання можна забезпечувати за допомогою басейнів, але для багатьох відпочиваючих це може бути недостатньою причиною виїхати за місто (бо басейни є в містах). В умовах скорочення такої важливої ніші, як відпочинок на морському пляжі, креативний туризм у воєнних і повосенних умовах буде відігравати основну роль. Багато дослідників розглядають креативність як ключову складову туристичної пропозиції, вказуючи при цьому на важливість створення нематеріальних культурних продуктів (традицій, мистецтва, музики тощо). З очевидних причин очікується зменшення впливу російської культури та історичної спадщини, що відкриває вікно можливостей для інших культур. У роботі показано, що більш конструктивно пропонувати споживачу туристичних послуг не лише український традиційний колорит, а й дати простір для інших національних меншин, що мешкають у регіоні, деякі з яких представлені етносами Євросоюзу. Такий підхід дозволить посилити міжкультурні зв'язки з Європою, а також покращити міжнародну взаємодію всередині регіону. З економічного погляду корисніше мати в кожному регіоні різноманітні туристичні об'єкти, які не зливатимуться у одноманітний пострадянський чи суто український «краєвид». Це дозволяє підвищити концентрацію різноманітних розваг на вказаній території. Також передбачається, що такі туристичні об'єкти сприятимуть залученню європейських грантів та інших джерел фінансування з ЄС. Подібні туристичні об'єкти можуть бути представлені різними бізнес-моделями, але в цій статті для спрощення розглядається як приклад бізнес-модель сільських садиб. *Ключові слова:* сільський екологічний туризм, євроінтеграція, сільська садиба.

The role of rural ecological tourism in ensuring the European integration of South of Ukraine. Bozhenko A.

This article is devoted to solving the task of developing the tourism industry in Southern Ukraine after the war. The war has caused catastrophic damage to the tourism industry of Ukraine, especially in the South and East, where direct military operations are taking place. A generally accepted strategy to save the industry after the war today is to call on foreigners to visit the «winning country», to develop new tourist routes in relatively safe places, including safe rural and protected areas. In the South, this implies having less tourist facilities on the sea coast due to the high concentration of bombs left in these places. Swimming in the sea can be replaced by swimming in the pool, but for many vacationers this may not be a sufficient reason to go out of the city (as there are swimming pools in the city). On account of the reduction of such an important niche as rest on the sea beach, creative tourism will play a major role after war. Many researchers consider creativity as a key component of the tourist offer, pointing out the importance of creating intangible cultural products (traditions, art, music, etc.). For obvious reasons, the influence of Russian culture and historical heritage is expected to decrease, which opens a window of opportunity for other cultures. The paper shows that it is better to offer to a tourist not only the Ukrainian tradition and national character, but also to give space for other national minorities living in the region, some of which are ethnic groups of the European Union. This approach will provide an opportunity to strengthen intercultural ties with Europe, as well as improve interethnic interaction within the region. From an economic point of view, it is more useful to have a variety of tourist sites that will not merge into a monotonous post-Soviet or purely Ukrainian «landscape». This allows you to have more entertainment businesses in a particular area. It is also expected that such tourist facilities will help attract European grants and other sources of funding from the EU. Such tourist sites can be represented by different business models, but in this article, for simplicity, the business model of rural mini-estates is analyzed as an example. *Key words:* rural ecological tourism, European integration, rural mini-estate.

Постановка проблеми. Як відомо, сільське населення в Україні протягом всієї історії залишалося менш русифікованим, ніж міське. Таким чином, сільський туризм сам собою в більшості випадків допомагає долучитися до традиційної української культури. Але також відомо, що в багатьох регіонах України є концентровані поселення інших етносів.

В Миколаївській області, наприклад, болгари (72,5% від усіх, що мешкають в області) проживають в мкр. Тернівка, Центрального району міста; чехи (57,2% від усіх, що мешкають в області) компактно проживають в с. Богемка, Врадіївського району, турки-месхетинці (95,2% від усіх, що мешкають в області) проживають в селах Костичі, Віноградівка, Добра

Криниця Баштанського району та селі Тамарине Снігурівського району; курди (97,4% від усіх, що мешкають в області) компактно проживають у Корабельному районі міста Миколаєва. Окрім того, в Миколаївській області офіційно зареєстровані 58 громадських об'єднань національних меншин [1].

З точки зору розвитку туризму це різноманіття культур є недостатньо охопленим, таким чином можна говорити про прихований потенціал. З відомих причин найближчого часу не очікується значний розвиток російської культури в регіоні, що відкриває вікно можливостей для кращої репрезентації інших місцевих культур. Однак, на нашу думку, не варто впадати в іншу крайність, демонструючи на всіх напрямках лише українську культурно-історичну спадщину, тим більше, так звану «шароварщину», ризик чого є доволі великим. Це збіднить асортимент, представлений на ринку туристичних послуг. Окрім того, погіршить конкуренцію між однаковими по суті пропозиціями. До того ж це протирічить європейському підходу до підтримки максимального культурного різноманіття.

Актуальність дослідження. Розвиток туризму на Півдні України завжди є актуальним. У той час як повосенне розмінування територій займе роки, необхідно вже зараз розробляти стратегії відновлення, посилення туристичної галузі й адаптації її до постійно змінюваних умов. Пропоновані в роботі шляхи розвитку туризму сконцентровані на місцях постійного проживання людини, які, як і дороги до них, будуть розміновані в першу чергу, на відміну від заповідних природних стежок.

Зв'язок авторських розробок з важливими науковими й практичними задачами. Дана розробка пов'язана з такими фундаментальними задачами як розвиток екологічно чистого туризму в цілому, сталий розвиток туристичної галузі як такої, підтримання соціальної безпеки півдня України, відновлення економіки України після війни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками сучасний світ зіткнувся з низкою безпрецедентних викликів: пандемією коронавірусної інфекції, що вибухнула на всіх континентах, ускладненням геополітичної ситуації в глобальному масштабі, війною в Україні – все це суттєво вплинуло на світову та місцеві економіки, зокрема на сферу туризму, а також на наукові дослідження в цій сфері.

У разі обмежень міжнародного транспортного сполучення зростає інтерес до внутрішнього туризму, але зменшення кількості населення через війну в Україні призвело до зменшення попиту на внутрішній туризм. Тим не менше, українські туристичні компанії змогли адаптуватися до нової реальності та знайти нові способи приваблення туристів, наприклад, розроблено нові туристичні маршрути в регіонах України, де ще не було військових дій [2, 3].

Окрім внутрішнього туризму можна виділити таку форму іноземного туризму, яка виявляється у бажанні іноземців подорожувати Україною, щоб на власні очі перевірити інформацію, яку вони отримують з медіа, про бойові дії в Україні, пересвідчитися у її достовірності. Сучасний турист досить досвідчений, і йому необхідно запропонувати щось нове, особливе та цікаве. Багато дослідників розглядають креативність як ключову складову туристичної пропозиції, вказуючи при цьому на важливість створення нематеріальних культурних продуктів (традицій, мистецтва, музики тощо). У цьому однією з перспективних напрямів є креативний туризм, який отримав поширення на початку XXI століття. Такий вид туризму дає потужний імпульс до активізації місцевого співтовариства, розвитку людського капіталу та території загалом. Спільна творчість поєднує людей, створює нові враження та досвід, формує креативне середовище, засноване на символічному капіталі та культурно-історичних цінностях, завдяки чому створюються сприятливі умови для відродження сучасних міст та регіонів, включаючи навіть депресивні. Отже, сучасним територіям, орієнтованим в розвитку туризму, рекомендується активізувати свої креативні ресурси [2, 3, 4].

Україна розташована в центрі Європи, має багаті природні ресурси, самобутню історико-культурну спадщину та всі передумови для сталого розвитку економіки завдяки надходженням від сфери туризму. Проте, незважаючи на те, що туризм є однією з найбільших світових послуг, що продаються на міжнародному ринку, в дебатах про європейську інтеграцію та моделі зростання часто не звертають уваги на туризм. Дослідники відмічають туристичне зростання в Південній Європі, але стверджують, що процес європейської інтеграції став палицею з двома кінцями, водночас стимулюючи та змушуючи південноєвропейські економіки справлятися з викликами своєї порівняльної переваги в туризмі [4, 5]. Хоча європейська інтеграція створила передумови для розширення внутрішньоєвропейського туризму, валютна інтеграція випереджає макроекономічне управління. Після кризи в євросоні внутрішня девальвація та бюджетна економія придушили внутрішні стимули зростання, спонукаючи ці уряди до стратегії зростання, орієнтованої на експорт. Було задокументовано появу в Південній Європі безпрецедентного профіциту поточного рахунку, пов'язаного з туризмом, значною мірою спричиненого імпортом туристичних товарів із інших країн Євросони та Великобританії. Таким чином, хоча зараз в ЄС співіснують різні стратегії зростання, орієнтовані на експорт, надмірна залежність Південної Європи від міжнародного туризму для зростання має серйозні підводні камені. Нажаль, маємо визнати, що залежність від міжнародного туризму нестиме подібні економічні ризики й для України, тому вважаємо, що бажано розробляти проекти так, щоб основним дже-

релом доходів був внутрішній туризм, а зовнішній відносився скоріше до надприбутків [6, 7].

Місцеві миколаївські дослідники [8] розглядають серед основних ризиків для Півдня України (окрім мінування й інших очевидних наслідків війни) погану якість автомобільних доріг; нерозвинену інфраструктуру; відсутність достатньої інформації про місцеві рекреаційні об'єкти; відсутність достатньої кількості й якості реклами.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячено дану статтю. Стаття присвячена недостатньо вивченій проблемі розкриття культурного потенціалу національних меншин Миколаївської області при розвитку місцевого зеленого сільського туризму.

Новизна дослідження. Практична новизна одержаних результатів полягає в наданні рекомендацій з найбільш дешевих і легких в реалізації способів розвитку туризму в Миколаївській області. Наукова новизна полягає в розширенні знань в галузі соціальної безпеки півдня України та сталого туризму в цілому.

Методологічне й загальнонаукове значення. В якості методів дослідження застосовувалися порівняльний та системний методи, теоретичний аналіз наукових літературних джерел, їх синтез та узагальнення інформації. Для аналізу зібраних матеріалів та інформації використовувалися, в першу чергу якісні методи оцінки. Дане дослідження є міждисциплінарним на стику екології, соціології, культурології та економіки.

Викладення основного матеріалу. В Очаківському районі Миколаївської області поблизу села Парутине збереглися залишки давньогрецького міста-держави античної доби – Ольвія. Вона традиційно викликає інтерес передусім у поціновувачів історії. Ольвія знаходиться поблизу Волоської коси, на якій вже давно розміщені невеликі бази відпочинку.

Ідея полягає в тому, щоб облаштувати у цих межах сільську садибу в сучасному грецькому стилі, що буде надавати туристично-розважальні послуги, а також підсилювати туристичну привабливість археологічного заповідника й регіона в цілому. Така садиба могла б надавати наступні туристичні послуги:

- розваги та потреба в спілкуванні з людьми;
- задоволення цікавості та підвищення культурного рівня;
- можливість зайнятися улюбленою справою (хобі) серед однодумців;
- вирішення ділових проблем (тімблдинг, корпоративи);
- можливість самовираження та самоствердження.

Продукт – послуги сільського зеленого туризму. Ціннісна пропозиція – екосистема творчості, святкового настрою і занурення в атмосферу сивої давнини, яка допомагає клієнтам максимально розкрити їх внутрішній потенціал.

Найдоцільніше: відкрити ФОП 2 групи й одночасно зареєструвати юридичну особу 3 групи для роботи з корпоративними клієнтами та іншими юридичними особами.

Перший клієнт: корпоративні клієнти (тим-білдинг). Додатково: шкільні колективи, колективи спортивних секцій і т. ін., конференції ВНЗ.

Суміжні сегменти: сім'ї з дітьми; студенти; пари різного віку без дітей; всі види туристів, які опосередковано залучені до туристичних маршрутів у цьому напрямку; шкільні колективи, колективи спортивних секцій і т.ін.; конференції ВНЗ; сім'ї з дітьми; студенти; пари різного віку без дітей; всі види туристів, які опосередковано залучені до туристичних маршрутів у цьому напрямку.

Цінова політика: доцільно обрати нейтральну цінову політику. На початку ідея бізнесу не є такою, що підлягає патентуванню, але в майбутньому виникне необхідність у захисті інтелектуальної власності на окремі майстер-класи, театралізовані розваги тощо. У процесі реалізації проекту необхідно буде зареєструвати торгову марку для можливості майбутнього масштабування в форматі франчайзингу чи ліцензійного договору.

При кількості відвідувачів 10–30 чол. значного впливу на навколишнє середовище не передбачається.

Шляхи масштабування на майбутнє:

– реалізація крафтової овочевої консервації (переважно баклажанів, перцю та долми, у грецькому стилі);

– в перспективі відкриття 1 або більше кафе у грецькому стилі в м. Миколаїв (теоретично – й у інших містах, але це не в першу чергу);

– проведення щорічного фестивалю за мотивами Діонісії, але це потребує окремої ретельної проробки. Тут важливо делікатно сполучити культури й менталітети, що потребує консультацій з культурознавцями й т.ін.;

– створення україномовних блогів. У тій мережі, яка «зайде» споживачу найбільше, розкручувати блог як окремий спосіб заробітку;

– залучення іноземних туристів (в першу чергу тих, хто вже знаходиться в Україні або й так приїде в цей регіон);

– створення ютуб-блогу англійською, який рекламуватиме садибу, заповідник Ольвія. Він може бути присвячений грецькій тематиці, але контент треба зробити різноманітніший для утримання цікавості глядача й формування певного ком'юніті. Це потребує окремої проробки;

– вищеописані активності розглядаються також як спосіб згладжувати сезонність доходності садиби.

Головні висновки:

1. Війна нанесла катастрофічних збитків туристичній галузі України, особливо на Півдні й Сході, де ведуться безпосередні військові дії. Загальноприйнятою, в тому числі, на державному

рівні, стратегією порятунку галузі після війни сьогодні є заклик до іноземців відвідати «країну, що перемогла», розробка нових туристичних маршрутів у відносно безпечних місцях, включаючи безпечні сільські й заповідні території.

2. На Півдні це передбачає відхід від концентрації туристичних об'єктів на морському побережжі через високу заміненість цих місць. Відповідно, купання можна забезпечувати за допомогою басейнів, але для багатьох відпочиваючих це може бути недостатньою причиною полишати міста. В умовах скорочення такої важливої ніші, як відпочинок на морському пляжі, креативний туризм у воєнних і повосенних умовах буде відігравати основну роль.

3. Вже сьогодні стає очевидним, що концентрація тільки на темі українського традиційного села зробить туристичний ринок України одноманітним і недостатньо креативним. Одним із простих креативних рішень ми вважаємо створення історичних сільських садиб, які розкриватимуть культуру

національних меншин різних регіонів України. Туристично привабливими є етнічні поселення всіх національних меншин нашої держави, але окремо можна відмітити, що оскільки деякі з цих меншин походять з країн сучасного Євросоюзу, це сприятиме інтеграції української та інших європейських культур.

Перспективи використання результатів дослідження. Після війни розвиток туризму стане одним з основних фокусів у Миколаївській області. Це пов'язано з географічним розташуванням регіону, значними руйнуваннями в інших галузях економіки, можливістю використати новини про війну для PR м. Миколаїв (це відбувається само собою), зручним моментом для ведення перемовин щодо інвестицій, відносно дешевизною сільського зеленого туризму. Таким чином, вже існуючі довоєнні регіональні програми з розвитку туризму можна доповнювати доволі широким спектром нових ідей, деякі з яких представлені в даній роботі.

Література

1. За даними Миколаївської обласної ради. URL: <http://www.mk-oblrada.gov.ua/UserFiles/Image/presentation/Nacmensch18.pdf> (Дата звернення 12.09.2023 р.).
2. Жилкін В.Б. Наслідки військової агресії Росії для розвитку туризму в Україні. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку обліку, аналізу та контролю в соціально-орієнтованій системі управління підприємством*: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 30–31 березня 2023 р.) Полтава: ПДАУ, 2023. Ч. 2. 865 с. С. 574–575.
3. Іванова А. С., Шмігельська Є. А. Трансформація готельно-ресторанноо бізнесу в Україні під час воєнного стану. *Туризм в Україні: виклики та відновлення*: зб. матеріалів Міжнародного туристичного форуму, Київський національний економічний університеті імені Вадима Гетьмана. м. Київ. 21–22 березня 2023 року. К.: КНЕУ, 2023. 337 с.
4. Bürgisser, Reto & Di Carlo, Donato. (2023). Blessing or Curse? The Rise of Tourism-Led Growth in Europe's Southern Periphery. *JCMS Journal of Common Market Studies*. 61. 236–258. 10.1111/jcms.13368.
5. Hopfinger, H. and Scharfenort, N. 'Tourism Geography of the MENA Region: Potential, Challenges and Risks: Editorial'. *Zeitschrift für Tourismuswissenschaft*. 2020. Vol. 12. No. 2. P. 131–157.
6. Charbel Bassil, Georges Harb, Roula Al Daia, The Economic Impact of Tourism at Regional Level: A Systematic Literature Review. *Tourism Review International*. 10.3727/154427223X16717265382840. 2023. 27, 2. P. 159–175.
7. Visnja Vukov, Growth models in Europe's Eastern and Southern peripheries: between national and EU politics. *New Political Economy*. 10.1080/13563467.2023.2189695. 2023. P. 1–17.
8. Патрушева Л.І., Непсіна Г.В., Сербулова Н.А. Оцінка факторів розвитку Миколаївської туристичної дестинації. *Екологічні науки № 2(29)*. Т. 2. С. 143–146. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.22>.

ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'ЯОРІЄНТОВАНОГО МІСЬКОГО ПРОСТОРУ ЯК СПОСІБ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Негода Н.В., Жукова О.Г.

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський пр., 31, 03037, м. Київ
nehoda_nv@knuba.edu.ua, zhukova.og@knuba.edu.ua

Інтенсивний процес урбанізації, збільшення кількості міст мільйонників та розвиток міських екосистем призвели до виникнення проблеми збереження стану здоров'я населення, на яке щоденно впливає ряд техногенних факторів. Одним із таких способів покращення є створення та розвиток урбоекосистеми, яка мінімізує негативний техногенний вплив. Основною задачею роботи є дослідження та аналіз міського простору, формування критеріїв, що дозволять оцінити розвиненість окремих компонентів та визначити направленість подальшого розвитку.

В роботі автори пропонують використовувати ряд показників для оцінки ступеня сформованості комфортного та екологічно безпечного середовища для життєдіяльності. Запропоновані показники дозволяють описати компоненти середовища, які забезпечують збереження комфортного середовища, мінімізують вплив техногенних факторів, дозволяють збільшити контроль над існуючими факторами ризику для здоров'я. В результаті дослідження на основі індикаторів встановлено залежність стану здоров'я міського населення від стану забруднення міського середовища. Відібрані для оціночної системи показники були доповнені рядом індикаторів екологічного спрямування, що дозволить встановити більш небезпечні зони ризику забруднення довкілля і встановити залежність від нього рівнів небезпеки здоров'ю населення.

Досліджено, що структура захворюваності та випадків смертей міського населення має ряд регіональних особливостей, формування здоров'яорієнтованої урбоекосистеми повинно враховувати особливості конкретної території та бути направленою на зниження техногенного впливу.

У процесі дослідження використано аналітично-порівняльний метод аналізу статистичних даних зібраних на підставі онлайн опитування. *Ключові слова:* урбоекосистема, міське середовище, здоров'яорієнтоване середовище, здоров'я, ризик, техногенне навантаження, екологічна безпека.

Formation of health-oriented urban space as a way to manage risks to public health. Nehoda N., Zhukova O.

The intensive process of urbanization, the increase in the number of cities with a population of more than one million people and the development of urban ecosystems have led to the problem of maintaining the health of the population, which is daily affected by a number of anthropogenic factors. One of the ways to improve this is to create and develop an urban ecosystem that minimizes the negative anthropogenic impact. The main objective of the paper is to study and analyze urban space, formulate criteria that will allow to assess the development of individual components and determine the direction of further development.

In the paper, the authors propose to use a number of indicators to assess the degree of formation of a comfortable and environmentally safe environment for life. The proposed indicators allow to describe the components of the environment that ensure the preservation of a comfortable environment, minimize the impact of man-made factors, and increase control over existing health risk factors. As a result of the study, the indicators established the dependence of the health status of the urban population on the state of urban pollution. The indicators selected for the assessment system were supplemented by a number of environmental indicators, which will allow to identify more dangerous areas of environmental pollution risk and establish the dependence of the levels of danger to public health on it.

It has been found that the structure of morbidity and deaths of the urban population has a number of regional features, the formation of a health-oriented urban ecosystem should take into account the characteristics of a particular territory and be aimed at reducing the technogenic impact.

In the course of the study, the analytical and comparative method of analyzing statistical data collected on the basis of an online survey was used. *Key words:* urban ecosystem, urban environment, health-oriented environment, health, risk, technogenic load, environmental safety.

Постановка проблеми. Швидкі темпи урбанізації території, які розпочались в другій половині ХХ століття, характерні для більшості країн світу. Відповідно до даних Всесвітнього банку наразі у містах проживає близько 54,7% населення. В індустріально розвинутих країнах цей показник може досягати 80%. Так, в Німеччині частка міського населення складає 76%, Франції – 80%, Канаді – 82%, Великобританії – 83%, Японія – 94%.

Україна переважно урбаністична країна, зі значним перевищенням міського населення над сіль-

ським – 32 млн. 754 тис. городян, або 67,2% проти 15 млн. 883 тис., або 32,8% сільських жителів. У країні збільшується кількість міст, зараз їх нараховується 454, з них 37 – з кількістю населення від 100 до 500 тис. Дев'ять міст мають більше півмільйона жителів, а в п'ятьох кількість населення перевищує 1 млн. чол. У Києві, столиці України, проживає понад 2,6 млн. жителів [1, 2].

На рисунку 1 представлена динаміка населення за даними переписів різних років. З початком повномасштабної війни кількість населення скоротилась,

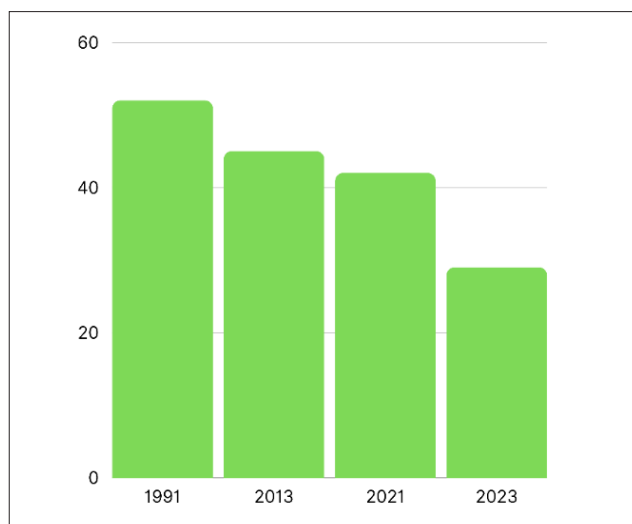


Рис. 1. Динаміка населення за даними переписів різних років

станом на травень 2023 року постійне населення України, за оцінками УІМ, становить 29 млн осіб.

Актуальність дослідження. Інтенсивний розвиток міст, виникнення міст-мільйонників, формування міських агломерацій, зазвичай нараховують десятки мільйонів людей, призвели до необхідності пошуку нових способів збереження та покращення стану здоров'я міських жителів, які щоденно піддаються впливу різноманітних негативних факторів (забруднення атмосферного повітря, шумове забруднення, забруднення питних вод та ін.). Також негативно на здоров'я міського населення впливає архітектура сучасних міст – типовість забудови, значна кількість елементів, які повторюються, недостатнє озеленення районів та вулиць.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні дослідження показують, що здоров'я міського населення має виражені особливості – в містах вищий ризик розвитку хронічних захворювань, вища ймовірність розвитку хронічних захворювань, вища ймовірність виникнення автомобільних аварій, особливості міського способу життя (нерегулярне харчування, виникнення серцево-судинних хвороб), збільшується ймовірність розповсюдження інфекційних захворювань.

Зростання чисельності міського населення та множинність факторів, що впливають на здоров'я городян, що актуалізували завдання розвитку міст таким чином, щоб їхнє фізичне та соціальне середовище максимально сприяло збереженню та зміцненню здоров'я мешканців. Найбільше відображення це завдання знайшло в ініціативах діючого під егідою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) глобального руху «Здорові міста», принципами якого серед іншого, є міське планування, орієнтоване на людину, підвищення стійкості населення до несприятливих зовнішніх впливів середовища, боротьба з нерівністю щодо здоров'я [3].

Крім концепції «Здорового міста» (healthy city), ВООЗ пропагує необхідність розвитку міст як просторів, дружніх літнім людям (age-friendly city), дітям (child-friendly city) та людям з обмеженими можливостями (disabled accessible city). Спільним для всіх зазначених понять є те, що вони спрямовані, насамперед, на пріоритетизацію здоров'я у міській політиці та об'єднання зусиль адміністрацій різного рівня, профільних установ та місцевого співтовариства щодо створення у містах умов для життя та розвитку особистості, починаючи від її активного та здорового становлення (у разі дітей) та закінчуючи продуктивним та здоровим старінням (у випадку пожитлових). Інтегральними принципами тут є рівний доступ і справедливість, що визначає підхід до міста як до фізичного та соціального простору, в якому мають бути забезпечені рівні можливості заощадження та зміцнення свого здоров'я всіма категоріями громадян.

Ідея організації здоров'яорієнтованого міського простору, як і концепція організації «Здорових міст» виникла внаслідок виникнення двох великих та взаємопов'язаних рухів, один з яких в галузі охорони громадського здоров'я, а другий в сфері архітектури та містобудування. Рух пов'язаний із охороною громадського здоров'я вперше згадується в Італії в часи епохи Відродження, роботах І.П. Франка, Э. Чедвіка, Р. Вірхова. Роботи цих вчених сприяли розвитку соціально-медичної парадигми, відповідно до якої основне покликання медицини – втручання у соціальне та політичне життя для розв'язання проблем здоров'я населення.

Другий соціальний рух сприяв становленню ідей про збереження здоров'я населення за рахунок організації міського простору. Основною ідеєю руху було досягнення високого рівня життя населення за рахунок реалізації ряду парадигм в сфері містобудування. Проте практичний досвід застосування ряду архітектурних рішень та проектів привели до того, що увага про значимість міського середовища доповнилось такими факторами як важливість соціальних зв'язків та ін. Таким чином, проблема збереження здоров'я населення міст тісно пов'язана з особливостями планування міського середовища, самоорганізації.

Різноманітні галузі знань в своїх підходах до формування здорового міського населення роблять акценти на різних підходах. Так, ідеологи руху «Здорове місто» Л. Дал та Т. Хенкок основний акцент роблять на ряді дисциплін, таких як: соціологія, географія, екологія, політологія, економіка та ін. А.В. Дієз Ру пропонує використання системного підходу для оцінки та аналізу здоров'я населення [4, 5].

В цілому сучасне місто представляє собою штучне середовище з суттєвим техногенним навантаженням. Безпечне міське середовище передбачає захищеність населення міста від будь-яких можливих загроз та ризиків, тобто середовище, яке дозволить зберегти здоров'я людей. Концепція створення

здоров'яорієнтованого простору інтегрується і різні сфери діяльності та збереження здоров'я, що можна пояснити розділенням факторів здоров'я на фактори стійкості, які позитивно впливають на здоров'я, покращують імунітет, зменшують вплив факторів ризику, які спрямовані на розвиток захворювань.

Методологічне або загальнонаукове значення.

У процесі дослідження використано аналітично-порівняльний метод аналізу статистичних даних зібраних на підставі онлайн опитування.

Новизна. Встановлено на основі індикаторів залежність стану здоров'я міського населення від стану забруднення міського середовища. Відібрані для оціночної системи показники були доповнені рядом індикаторів екологічного спрямування, що дозволить встановити більш небезпечні зони ризику забруднення довкілля і встановити залежність від нього рівнів небезпеки здоров'ю населення.

Виклад основного матеріалу. Під здоров'яорієнтованим міським середовищем слід розуміти фізичну, соціальну та смислове середовище міста, яке своїми ресурсами створює можливості для осіб.

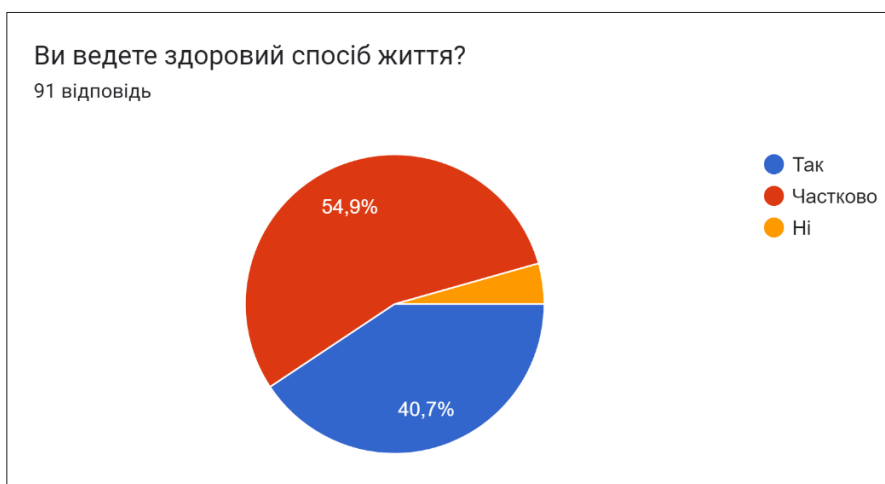
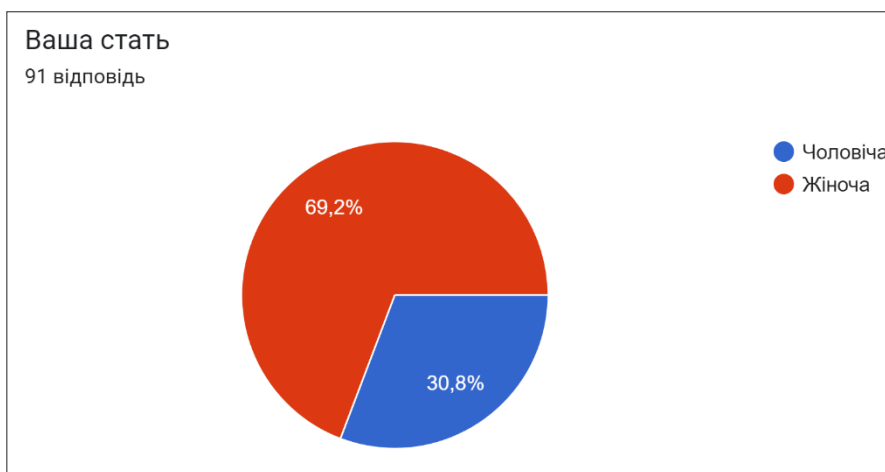
Фізичний компонент здоров'яорієнтованого міського середовища представляє собою предметно-про-

сторове середовище, оформлення (дизайн) міста, який включає інфраструктуру системи охорони здоров'я, наявність зелених зон відпочинку, вуличне обладнання для рекреації та спорту. В соціальному аспекті здоров'яорієнтоване міське середовище представляє собою світ соціальних відносин, в якому люди взаємодіють між собою, створюють соціальну реальність. Смисловий аспект соціального міського простору оснований на створенні оточуючого середовища самими жителями [2].

Основною задачею нашого дослідження є дослідження та аналіз міського простору, формування критеріїв, які дозволяють оцінити розвиненість окремих компонентів та визначити направленість подальшого розвитку.

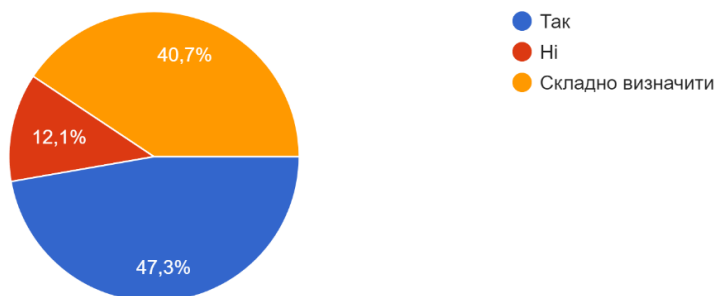
Загальна екологічна ситуація на території України тісно пов'язана з техногенним навантаженням. Зважаючи на концентрацію промислових підприємств, високі рівні забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтів, механічного порушення земель тощо.

В ході наших досліджень було проведено опитування щодо впливу міського середовища на стан здоров'я мешканців.



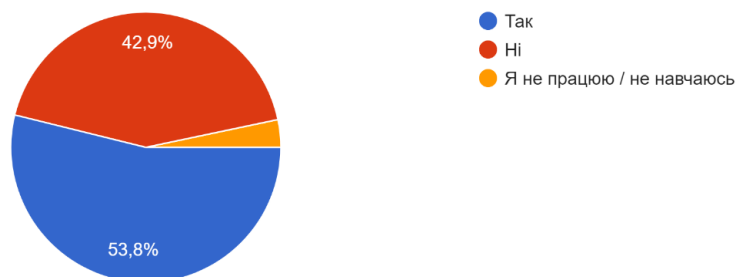
Ви відчуваєте себе щасливим?

91 відповідь



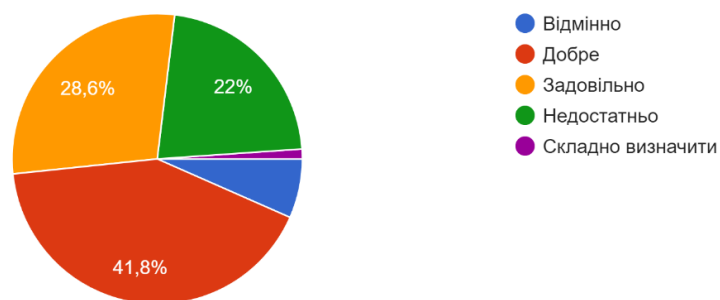
Ви працюєте / навчаєтесь у межах вашого району?

91 відповідь



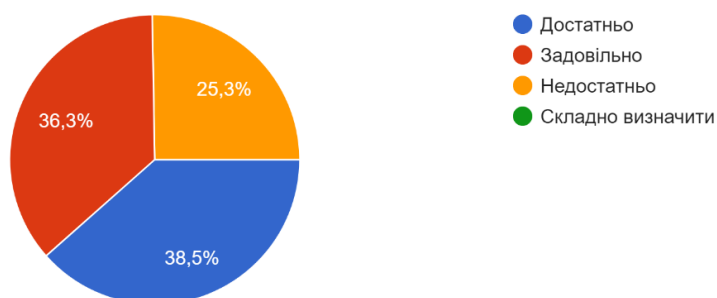
Як Ви оцінюєте розвиток інфраструктури вашого району?

91 відповідь



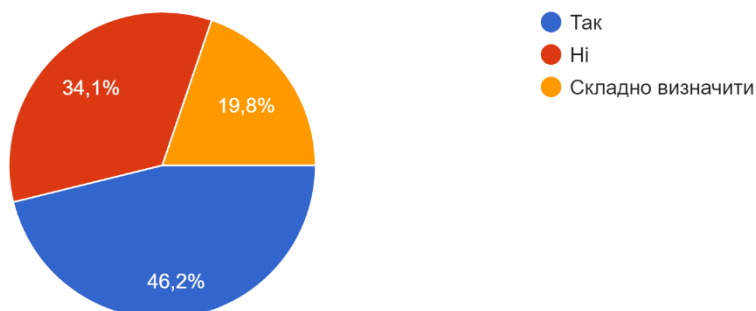
Чи достатньо зелених зон та парків у вашому районі?

91 відповідь



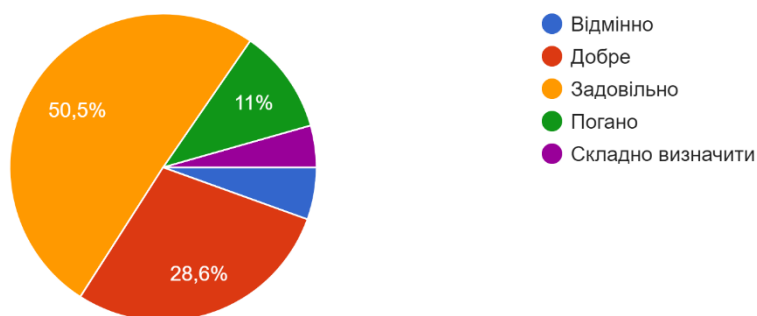
Чи функціонують на території вашого району проживання промислові підприємства?

91 відповідь



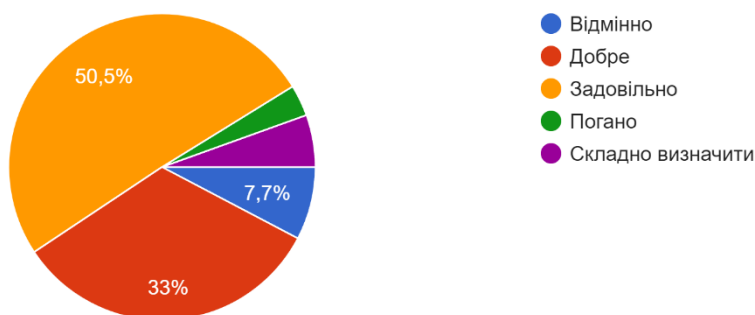
Як Ви оцінюєте планування міських територій у вашому районі?

91 відповідь



Як Ви оцінюєте стан свого здоров'я?

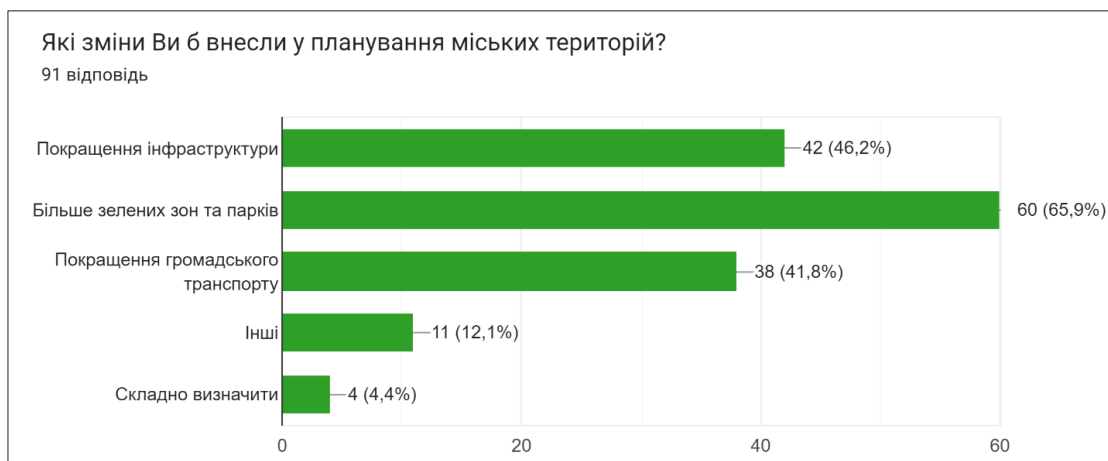
91 відповідь



Один із найбільш популярних підходів до оцінки ступеню сформованості здоров'яорієнтованого міського середовища ідеологами руху «Здорові міста» та включає 11 параметрів, які дозволяють оцінити безпечність для здоров'я населення міського середовища. 11 параметрів дозволяють оцінити не тільки фізичний, але й соціальний простір. Фізичні складові концепції дозволяють оцінити чистоту, безпеку та якість фізичного середовища, включаючи забезпеченість населення житлом. Індикаторами фізич-

них параметрів можуть виступати рівень забруднення атмосферного повітря, частка урбанізованого середовища, наявність зелених насаджень. При цьому враховується вплив фізичного середовища не тільки на соматичне, але й психічне здоров'я, рівень комфорту.

Ряд показників сформованості середовища урбо-екосистеми просувається також в рамках руху організованого Всесвітньої організації охорони здоров'я «Active city», який направлений на стимулювання



активного способу життя містян. В якості показників для оцінки рекомендується використовувати доступність та розвиток спортивної інфраструктури.

Показники, які пов'язані із діяльністю британської компанії Economist Intelligence Unit (EIU), діяльність якої пов'язана із організацією міського середовища, вона щорічно формує рейтинг міст світу за індексом безпеки середовища існування. При розрахунку даного індексу враховується ряд показників, наприклад, доступність містян до якіс-

ного харчування, доступність закладів охорони здоров'я, якість повітря та води, інфраструктури.

Ряд наведених підходів робить основний акцент на оцінці якості придатності для проживання будівель та споруд відповідно до їх соціально-психологічного комфорту. Збереження та покращення стану здоров'я міського населення потребує використання конкретних інструментів та досконалої системи показників якості. Тому доцільно буде запропонувати використання системи оцінки ступеню сформо-

Параметри ступеню сформованості здорового міського середовища

Фактори ризику міського середовища для здоров'я населення	Характеристика міського середовища	Показник
Забруднення атмосферного повітря	Рівень озеленення території	Площа озеленення території загального користування на 1 жителя ($m^2/1$ люд); рівень озеленення територій забудови (%); коефіцієнт екологічної стабільності
	Розвиненість транспортної інфраструктури	Частка доріг, оснащених смугами для руху громадського транспорту (%); відношення протяжності доріг, оснащених смугами для велосипедистів (%); кількість громадських велопаркувальних місць на одного мешканця; кількість стоянкових місць у прибудинкових велопарковках на одного жителя
Забруднення питних вод	Відповідність джерел питного водопостачання санітарно-епідеміологічним нормам	Частка поверхневих джерел питного водопостачання з відсутністю санітарно-захисної зони (%); частка каналізаційної мережі, яка потребує заміни (%); частка очисних споруд, які потребують капітального ремонту (%); частка очисних споруд каналізації, оснащених обладнанням для обробки опадів стічних вод (%)
Відсутність активного способу життя	Сформованість інфраструктури для занять фізичною культурою та спортом	Кількість спортивних споруд різного типу на 100 тис. населення; одноразова пропускна спроможність спортивних споруд різного типу на 10 тис. осіб населення
Нераціональне харчування	Сформованість інфраструктури для забезпечення здорового харчування	Забезпеченість площами для торгівлі та організації харчування з розрахунку на 1000 осіб; кількість підприємств громадського харчування, які надають послуги соціального харчування

ваності здорового міського середовища, яка буде орієнтована на оцінці ризику, що означає що фізичний простір міста орієнтований на мінімізацію впливу факторів середовища, сприяє підвищенню супротиву імунної системи та профілактиці.

Оскільки структура захворюваності та смертності міського населення має виражений територіальний характер, тому формування здорового міського простору повинно здійснюватись з урахуванням особливостей конкретної території [7, 8].

Основною з причин смертності серед міського населення в Україні є хвороби серцево-судинної системи. Також розповсюдженою причиною смертності є рак. Провідні фактори ризику розвитку раку, що модифікуються, згідно з даними Національного інституту онкології США, – антропогенне забруднення навколишнього середовища канцерогенними речовинами, зловживання алкоголем, куріння, неправильне харчування, невчасне звернення до лікаря [6, 9].

Для оцінки ступеню сформованості здорового міського простору рекомендується використовувати

ряд показників представлених в таблиці 1. Розвиток міста орієнтованого на покращення та збереження здоров'я передбачає не тільки визначення показників сформованості фізичного простору, який сприятиме збереженню здоров'я та досягнення цільових показників в реалізації задач ефективного планування та управління територією [10, 11].

Висновки та перспективи. Орієнтованість міського простору на збереження здоров'я населення є не просто способом покращення якості умов життя людей, але й основою успішного соціально-економічного розвитку міста, способом накопичення його людського потенціалу. Вирішення завдання розвитку здоров'я орієнтованого міського середовища вимагає дій органів міської влади, здатність міського простору забезпечувати можливості збереження та зміцнення здоров'я громадян передбачає його сформованість не тільки на фізичному, але та соціальному та символічному рівнях, тобто комплексний розвиток.

Література

- Eckert S., Kohler S. Urbanization and health in developing countries: a systematic review. *Health care and population in the world*. 2014. № 1 (15). С. 7–20.
- Ben Welle, Qingnan Liu, Wei Li, Robin King, Claudia Adiazola-Steil, Claudio Sarmiento, and Marta Obelheiro. Cities Safer by Design. Urban Design Recommendations for Healthier Cities, Fewer Traffic Fatalities. World Resources Institute, 2015. URL: <http://www.wri.org/publication/cities-safer-design> (дата звернення: 20.08.2023).
- Christiani Y., Bayles E., Tavener M., Duckdale M. Do women in big cities have better health? A comparison of chronic diseases and their risk factors among women living in large cities and other cities in Indonesia. *Global Health Action*, 2015. № 1 (8). С. 1–9.
- Rosha L.I., Thorson A.I., Lambriot R. Nonlinear consequences of life in large cities for health. *Journal of urban health*. 2015. № 5(92). С. 785–799.

5. Booth C. Life and labour of the people in London. URL: <https://archive.org/details/lifeandlabourpe02bootgoog> (дата звернення: 20.08.2023).
6. Balch E.H. Review: Hull House Maps and Papers: Representations of Nationalities and Wages in an Overcrowded Chicago District, with Commentary and Essays on Problems Arising from Social Conditions. Publications of the American Statistical Association. 1995. № 30 (4). С. 201–203.
7. Dr. Benjamin W. Richardson, F.R.S. Modern sanitary science--a city of health. *Van Nostrand's Eclectic Engineering Magazine*. 1976. № 14. С. 31–42. URL: <http://urbanplanning.library.cornell.edu/DOCS/rich'son.htm> (дата звернення: 20.08.2023).
8. Wilson V.H. Movement for a beautiful city: monograph. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989. 365 с.
9. Wade L. C. Settlement Houses Chicago Historical Society. 2004. URL: <http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/pages/1135.html> (дата звернення: 20.08.2023).
10. Hancock T., Duhl L. Health promotion in an urban context. WHO Healthy Cities Reports No. 1. Copenhagen, Denmark: FADL Publishing, 1988. С. 54.
11. Diez Roux A.V. Health in cities: is a systems approach needed? *Cadernos de Saúde Pública*. 2015. Vol. 31, № 1(31). URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2015001300009 (дата звернення: 20.08.2023).

НЕБЕЗПЕКА ТА НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ ДЛЯ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Головатюк Л.М., Бондар О.Б., Кратко О.В.

Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
вул. Ліцейна, 1, 47003, м. Кременець
liudmylam1@ukr.net

У статті розкрито актуальність проблеми забруднення води. Проблема якісного водопостачання населення має планетарний характер. Одним із важливих чинників нормальної життєдіяльності людини є її забезпеченість чистою та фізіологічно повноцінною питною водою. Боротьба за чисту питну воду є актуальною завжди, адже, вода є важливою складовою нашого організму, найбільш важливим та необхідним компонентом для всіх форм життя. Тривале використання води, яка має відхилення від нормативних вимог, веде до стійкого зростання захворюваності населення. У статті з'ясовано основні причини забруднення та їх наслідки, обґрунтовано небезпеку впливу забрудненої води на організм людини. Недостатньо вирішені питання, пов'язані із організацією та регулюванням водопостачання, забезпеченням населення якісною питною водою. Серед найнебезпечніших забруднювачів води особливе місце належить важким металам. Якість води на сьогодні у різних регіонах є низькою через причину відсутності повного комплексу очисних споруд, а також зон санітарної охорони. Висвітлено найбільш поширені захворювання, спричинені вживанням неякісної води. Споживання забрудненої води викликає спалахи гепатиту, дизентерії і холери, провокує карієс. Накопичення в організмі людини певних елементів (хлору, хрому, свинцю, кадмію, заліза) викликає безпліддя й імпотенцію у чоловіків, призводить до нервових розладів, провокує онкологічні захворювання та генетичні мутації. Забруднена вода є джерелом зараження людини різноманітними паразитами.

Російська агресія призвела до порушення роботи систем водопостачання в різних регіонах країни. Досить небезпечними є шкідливі речовини, які утворилися внаслідок техногенних аварій і потрапили у водойми з поверхневим стоком, а також розлив нафтопродуктів в результаті знищеної техніки. Крім того, небезпечним є забруднення залишками боєприпасів та ракетним паливом. *Ключові слова:* вода, джерела забруднення, наслідки забруднення, захворювання.

Danger and consequences of water pollution for the human body. Holovatiuk L., Bondar O., Kratko O.

The article reveals the relevance of the problem of water pollution. The problem of high-quality water supply to the population is planetary in nature. One of the important factors of a person's normal life activity is his provision of clean and physiologically complete drinking water. The struggle for clean drinking water is always relevant, because water is an important component of our body, the most important and necessary component for all forms of life. Long-term use of water that deviates from regulatory requirements leads to a steady increase in the population's morbidity. The article clarifies the main causes of pollution and their consequences, substantiates the danger of the influence of polluted water on the human body. Issues related to the organization and regulation of water supply, providing the population with high-quality drinking water are insufficiently resolved. Among the most dangerous water pollutants, a special place belongs to heavy metals. Today, the quality of water in various regions is low due to the lack of a full complex of treatment facilities, as well as sanitary protection zones. The most common diseases caused by drinking poor-quality water are covered. Consumption of contaminated water causes outbreaks of hepatitis, dysentery and cholera, provokes caries. The accumulation of certain elements in the human body (chlorine, chromium, lead, cadmium, iron) causes infertility and impotence in men, leads to nervous disorders, provokes cancer and genetic mutations. Contaminated water is a source of human infection with various parasites.

Russian aggression led to disruption of water supply systems in various regions of the country. Harmful substances that were formed as a result of man-made accidents and entered reservoirs with surface runoff, as well as oil spills as a result of destroyed equipment, are quite dangerous. In addition, contamination with ammunition remnants and rocket fuel is dangerous. *Key words:* water, sources of pollution, consequences of pollution, diseases.

Постановка проблеми. Вода – важлива складова функціонування нашого організму, найбільш важливий та необхідний компонент для всіх форм життя. Одним із важливих чинників нормальної життєдіяльності людини є її забезпеченість чистою та фізіологічно повноцінною питною водою. За даними ВООЗ, щороку близько 25% населення світу піддається ризику захворювань у результаті споживання неякісної води. Тривале використання води, яка має відхилення від нормативних вимог, веде до стійкого зростання захворюваності населення [5].

Практично всі елементи і речовини, які використовує чи виготовляє людина, так чи інакше опиняються у гідросфері, серед яких переважають хімічні (кислоти, мінеральні солі різного складу, луки, метали і т. п.). Не меншої шкоди завдає водоймам і сільське господарство є стічні води хімічної промисловості, що містять цинк, свинець, ртутні сполуки, хром, фтор, метанол, меланін [4].

Актуальність дослідження. Проблема якісного водопостачання населення має планетарний характер. Боротьба за чисту питну воду є актуальною

завжди, вона має багату історію й характеризується суто специфічними особливостями залежно від державного, регіонального та місцевого рівнів.

За даними звітів експертної групи ООН через вживання неякісної води щороку помирає приблизно стільки ж людей, скільки й через злочини, пов'язані з насильством. Щорічно ця проблема забирає життя близько 1.8 мільйона дітей віком до 5 років.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз динаміки розвитку гігієнічного нормування якості питної води детально й професійно подано у роботі А. Гринзовського та М. Коршуна «Історичний нарис гігієнічного формування якості питної води» (2001) [3]. Безпечність питної води неодноразово розглядалися у працях М. В. Набока, С. А. Омелчука, Ю. А. Рахманіна, В. М. Шестопалова. Вивчали своєрідність підземних вод багато науковців. Зокрема, Г. С. Башмаков підкреслював, що для вирішення окремих проблем потрібне погодження водогосподарських та гірничих органів [1]. Вагомий внесок у дослідження проблем водокористування, взаємозв'язків у водогосподарській сфері, розроблення методичних підходів до оцінки стану водних ресурсів та шляхів вирішення актуальних соціо-еколого-економічних проблем водокористування зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: К. Г. Гофман, В. І. Данілов-Данільян, О. Ф. Балацький, Б. М. Данилишин, С. І. Дорогунцов, О. О. Веклич, М. А. Хвесик, В. А. Голян, Л. Г. Мельник, В. О. Лук'янихін, А. В. Яцик та ін. Разом з тим, недостатньо вирішені питання, пов'язані із організацією та регулюванням водопостачання, забезпеченням населення якісною питною водою. Також недосконалою є методика оцінки екологоекономічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води, та не систематизовані практичні компенсаційні заходи, спрямовані на запобігання такого збитку.

Виклад основного матеріалу. Чим вищого рівня досягає цивілізація, тим більшу небезпеку становить діяльність людини. Потерпають в першу чергу водойми. Кількість чистих джерел постійно скорочується. Крім того, люди споживають більше товарів, тому підприємства нарощують обсяг виробництва, щоб задовільнити попит покупців. В результаті цього відбувається збільшення інтенсивності утворення промислових відходів, які є основним джерелом забруднень.

Серед найнебезпечніших забруднювачів води особливе місце належить важким металам. Вони відносяться до найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, які інтенсивно використовуються у багатьох промислових виробництвах і потрапляють до водойм та підземних водоносних горизонтів разом із стічними водами. Велика кількість цих сполук надходить також у воду через атмосферу й ґрунт. Екологічна небезпека важких металів полягає не тільки у безпосередньому їх впливі на орга-

нізм, але й у тім, що вони інтенсивно поглинаються фітопланктоном і по харчовому ланцюгу можуть потрапити до організму людини. Виділяють дві групи важких металів, різних за своєю екологічною значущістю. До першої групи входять елементи, гранично допустимі концентрації (ГДК) яких близькі до їх фонових значень у природних водах (залізо, марганець, стронцій). Друга група включає метали, ГДК яких значно перевищують реальні природні фонові значення. Це – мідь, свинець, цинк. Токсичність водного середовища передусім визначається їх фізико-хімічним складом. Найбільш токсичні вільні гідратовані іони металів, деякі неорганічні комплекси (в тому числі гідрокомплекси і металоорганічні сполуки, так звані продукти метилування). У разі групування металів у комплекси з природними розчиненими органічними речовинами, як правило, відбувається детоксикація металів. Це, очевидно, добре еволюційно відпрацьований захисний механізм гідроекосистем, що дає їм змогу відновлюватися у випадку природних катаклізм, які супроводжуються викидом у гідросферу важких металів. У Дніпровських водосховищах 60–70% свинцю перебуває у зваженому стані, що сприяє самоочищенню водоймища від цього металу; мідь, цинк і хром у водосховищах Дніпра переважно існують у розчиненому стані. Частка розчиненої форми становить 60–80% від їх загального вмісту. До особливо екологічно небезпечних зараховують також кадмій і алюміній, які за певних умов переважно зустрічаються у природній воді в іонній, найбільш токсичній формі. Ступінь переходу металів у комплекси дещо знижується наприкінці весни – початку літа. У цей час можливе підвищення токсичності води за рахунок збільшення концентрації вільних іонів металів [3]. Серед основних джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами і біогенними елементами є підприємства харчової промисловості та сільгоспідприємства. Зі зрошувальних земель щорічно вимивається близько 6 млн тонн солей, відходів, які містять ртуть, свинець, мідь [2]. Деяка частина їх виноситься далеко за межі територіальних вод. Забруднення ртуттю значно пригнічує розвиток фітопланктону. Відходи, що містять ртуть, зазвичай, концентруються у донних відкладеннях чи затоках рік. Подальша її міграція супроводжується нагромадженням метилової ртуті та її включенням у трофічні ланцюги водяних організмів, а далі й людини. Так, поширення набула хвороба Мінамата, що вперше була виявлена японськими вченими у людей, які вживали рибу, виловлену в затоці Мінамата, в яку безконтрольно скидали промислові стоки з техногенною ртуттю [2]. Загальновідомо, що ртуть і її сполуки надзвичайно токсичні для людини: вони акумулюються в нирках, печінці, головному мозку. Основний орган-мішень для неорганічної ртуті – нирки. Ртуть вражає, передусім, центральну нервову систему. Летальна доза ртуті в разі спожи-

вання з питною водою становить 75–300 мг/добу. Симптоми ртутної інтоксикації – пригнічення сприйняття та рефлексу кінцівок. Кадмій має надзвичайно високу токсичність і кумулятивні властивості. Він знижує здатність організму людини протистояти хворобам, має мутагенні й канцерогенні властивості, впливає на спадковість, а також руйнує еритроцити крові, сприяє захворюванню нирок і сім'яних залоз, викликає гастрит та анемію. Для людини допустима доза становить 70 мкг (для дорослих) і повністю виключає його наявність у питній воді та їжі для дітей. Основним джерелом кадмію є промислові викиди, значним носієм його є осади стічних вод. Із 100 т осаду в ґрунт вноситься 4–5 мг кадмію. Істотним джерелом свинцю є осади комунальних і промислових стічних вод. У разі внесення у ґрунт близько 100 т/га стічних вод вміст свинцю в орному шарі підвищується на 4,5 мг/кг. Мідь – один із незамінних елементів для організму людини. В деяких випадках дефіцит міді за симптомами подібний до хронічної інтоксикації нею. Надходження міді з їжею зазвичай становить 2–3 мг/добу, що підтримує необхідну рівновагу. Мідь малотоксична для людини, не має кумулятивних властивостей. Зазвичай, швидкість поглинання, утримання та виведення міді не призводять до підвищеного її вмісту в організмі. Однак у випадку хвороб, що викликають порушення цього механізму, тривала абсорбція міді може викликати цироз печінки. Існують відомості про вплив міді на метаболізм штучно вигодованих новонароджених. Зафіксовані гострі отруєння людей за вживання з питною водою міді в дозі 0,14 мг/кг і вище. Канцерогенні й мутагенні властивості міді не встановлені [4].

За даними ООН наша країна посідає 95 місце в світі за рівнем забруднення води. Тому дуже важливо розуміти, якої шкоди для здоров'я завдає забруднена вода. Головною причиною забруднення води є діяльність людини і недосконала система очищення води, а подекуди її повна відсутність. В нашій країні екологи визнають 60% води непридатними для пиття. Найскладніша ситуація в Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Херсонській, Одеській областях.

До переліку найбільш забруднених річок України відносять Сіверський Донець, Сулу, Дністер, Кальмиус і Західний Буг. У останньому концентрація азоту в 15, а важких металів в 8 разів вище за норму. У притоках Дністра рівень марганцю перевищує допустиму відмітку в 29 разів. Результати досліджень Каховського, Київського, Кременчуцького і Дніпродзержинського водосховищ вказують на те, що рівень міді і марганцю тут в 80 разів більше, ніж передбачено в стандартах. Навіть купання в такій воді може привести до шкірних захворювань.

Варто відмітити, що Україна не входить до числа країн з високим рівнем водозабезпечення. А за показником використання водних поновлюваних ресурсів

знаходиться на кризовій межі. При цьому основним методом очищення було і залишається хлорування, що призводить до утворення небезпечних для здоров'я хлорорганічних сполук.

Якість води на сьогодні у різних регіонах є низькою через причину відсутності повного комплексу очисних споруд, а також зон санітарної охорони. Нажаль, не обладнані знезаражувальними установками частина водопроводів, зокрема в Одеській, Івано-Франківській, Тернопільській, Житомирській, і Закарпатській областях.

При цьому основним методом очищення було і залишається хлорування, що призводить до утворення хлорорганічних сполук, які є небезпечними для здоров'я людини.

Практично усі водойми наближаються до 4-го і 5-го класам якості, тобто характеризуються як забруднені і брудні. Навіть, якщо вода правильно очищена, вона може знову перетворитися на брудну через старі труби водопостачання [4].

В пробах питної води на першому місці досить часто виявляють відхилення за органолептичними показниками – 72%; на другому місці виявляють вищу норми мінералізацію – 28%; а на третьому – перевищення гранично допустимої концентрації хімічних речовин – 16%. Можна виділити такі джерела забруднення води:

– Стічні води. Загалом мова йде про забруднення, спричинене життєдіяльністю людини: бруд, продукти життєдіяльності, миючі засоби, стічні води. Іншими словами, сюди відносяться каналізаційні стоки.

– Фермерські господарства. Сюди можна віднести добрива, гербіциди, інсектициди і органічні відходи, які вимиваються і потрапляють в підземні і поверхневі води.

– Промислові відходи. Промислові підприємства сприяють виділенню таких речовин, як ртуть, фтор, мідь, радіоактивні частки, залізо у воді. До «найшкідливіших» виробництв відносять чорну металургію, нафтопереробні і целюлозно-паперові заводи.

– Витоки нафти. Витоки нафти також забруднюють довкілля, мають неприємний запах, спричиняють загибель птахів і риби у водоймах. При цьому нафтопродукти скупчуються на поверхні води і перешкоджають доступу кисню і світла.

– Тверді відходи. Через них багато водойм світу і України вже перетворились на помийні ями, що призвело до забруднення води і зашкодило здоров'ю великої кількості людей. Серед твердих відходів, що забруднюють довкілля, поширеними є пластикові пляшки, пакети, гравій, щебінь, відпрацьований ґрунт. Тому водойми перетворюються на смітники, гинуть підводні жителі, водоплаваючі птахи, які заплутуються у цьому смітті.

– Теплове забруднення. Атомні та теплові електростанції зливають теплу воду у водойми, а це, в свою чергу, підвищує температуру водойм. По цій

причині гине риба та інші жителі водойм. Крім цього, це призводить до прискороеного заростання водойм водоростями і загибелі ендемічної рослинності.

– Атмосферні забруднення. В результаті господарської діяльності утворюються зола, попіл, сажа і різні гази. При цьому забруднюється повітря. Через оксиди сірки та азоту, які з'єднуються з киснем та вологою, на землю випадають опади у вигляді кислотних дощів.

Забруднена вода завдає величезної шкоди здоров'ю людини і навколишньому середовищу. Зокрема, небезпека забрудненої води полягає в тому, що може стати причиною розвитку багатьох захворювань.

– Інфекційні та кишкові захворювання. Споживання забрудненої води викликає спалахи гепатиту, дизентерії і холери. На жаль, цей перелік не є вичерпним, кількість людей, що захворіли через забруднену воду щороку зростає як в Україні, так і у всьому світі;

– Руйнування шкірного та волосяного покриву. Навіть коли людина не п'є воду з-під крану, немає ніяких гарантій безпеки. Приймаючи душ, миючи посуд, перучи білизну у брудній воді кожна людина наражає себе і близьких на серйозну небезпеку;

– Стоматологічні проблеми. Споживання і користування забрудненою водою призводить до руйнування емалі зубів, провокує карієс, інші хвороби зубів;

– Важкі захворювання, генетичні мутації. Накопичення в організмі людини певних елементів (хлору, хрому, свинцю, кадмію, заліза) провокує безліч хвороб, викликає безпліддя й імпотенцію у чоловіків. Ті ж хімічні елементи та їх сполуки можуть призводити до втрати сну, нервових розладів, провокувати онкологічні захворювання. Є дані, що в деяких країнах, споживання забрудненої води призвело до генетичних мутацій серед тварин і людей;

– Паразити. Забруднена вода є джерелом зараження людини різноманітними паразитами. Зрозуміло, що в такому випадку мова йде про значне погіршення здоров'я великої кількості людей.

Це далеко не всі загрози споживання забрудненої води. Статистика стверджує, що 80% хвороб людини спричинені споживанням брудної води.

Вода є фактором передачі багатьох інфекцій бактеріального та вірусного походження. Однак, небезпеку для здоров'я становлять ще й різноманітні хімічні сполуки, що можуть бути у питній воді, якщо їх вміст перевищує гранично допустимі норми.

Впродовж останніх років зростає нітратне забруднення ґрунтових вод, які широко використовуються у сільській місцевості для децентралізованого водопостачання, внаслідок ненормованого використання в колективних господарствах та у приватному секторі мінеральних і особливо органічних добрив [2, 3].

Однією із причин наявності нітратів у колодязях є недотримання їхніми власниками санітарних

вимог при облаштуванні та утриманні колодязів, вигрібних ям, надвірних туалетів, місць утримання худоби, тощо.

Вода, забруднена нітратами, надзвичайно небезпечна для дитячого організму, а особливо для дітей у перші місяці життя. Ризик розвитку водно-нітратної метгемоглобінемії у дітей, особливо першого року життя, пов'язаний насамперед із недосконалістю ферментних систем організму, біохімічних процесів, що відбуваються в ньому. При тривалому вживанні забрудненої нітратами води і овочів розвивається хронічна нітратна інтоксикація.

Чутливими до нітратів є також особи похилого віку, хворі на анемію, дихальну та серцево-судинну системи [4].

Російська агресія призвела до порушення роботи систем водопостачання в різних регіонах країни. Так, наприклад, в березні 2022 року були пошкоджені не тільки системи Чернігівського водоканалу, а й очисні споруди. Також було зруйновано очисні споруди в Запорізькій області, а стоки самопливом надходять у Дніпро. В липні 2022 року пошкоджені зазнало близько 100 об'єктів Харківського водоканалу. Ремонтні роботи та оцінка екологічної шкоди можливими будуть тільки після деокупації.

Внаслідок бойових дій близько 4,6 мільйонів людей позбавлені доступу до питної води. Зруйнована комунальна інфраструктура міст, які опинилися під тимчасовою окупацією. Російська агресія призвела до забруднення водойм у громадах по всій території України, яка зазнавала масованих ракетних ударів. Досить небезпечними є шкідливі речовини, які утворилися внаслідок техногенних аварій і потрапили у водойми з поверхневим стоком, а також розлив нафтопродуктів в результаті знищеної техніки. Крім того, небезпечним є забруднення залишками боєприпасів та ракетним паливом.

Так, в квітні 2022 року під час ракетної атаки на Тернопільщину уламки ракети пошкодили резервуари з мінеральними добривами в Кременецькому районі, внаслідок чого сталося забруднення р. Іква. В осередку забруднення було зафіксоване перевищення ГДК по амонію в 163 рази, нітратах – в 7 разів, нітратах – в 47,9 разів, залізу – в 7 разів, БСК – в 1,9 рази.

Велику загрозу здоров'ю людини несе також забруднення боєприпасами. Так, в травні 2022 року касетні снаряди розірвалися над акваторією водосховища на Дніпропетровщині. На Київщині впродовж 2022 та 2023 років підіймали з водойм уламки російських ракет. Найнебезпечнішим є ракетне паливо та ймовірно забруднення водойм важкими металами. Це частина прикладів екологічної шкоди, завданої водоймам України через бойові дії [5].

Висновки:

1. Якість води на сьогодні у різних регіонах є низькою через причину відсутності повного комплексу очисних споруд, а також зон санітарної охо-

рони. Серед найнебезпечніших забруднювачів води особливе місце займають важкі метали, що відносяться до найбільш розповсюджених і небезпечних речовин. Крім того, небезпечним є забруднення залишками боєприпасів та ракетним паливом.

2. Споживання забрудненої води викликає інфекційні та кишкові захворювання, зокрема, спалахи гепатиту, дизентерії і холери; провокує карієс та шкірні захворювання; спричиняє алергічні стани.

Накопичення в організмі людини певних елементів викликає безпліддя й імпотенцію у чоловіків, призводить до нервових розладів, провокує онкологічні захворювання та генетичні мутації. Забруднена вода є джерелом зараження людини різноманітними паразитами.

3. Екологічна освіченість, розуміння свого обов'язку перед прийдешніми поколіннями і природою повинні спричинити модель поведінки, за якої кожна людина дбатиме про чистоту води.

Література

1. Андрусишина І. М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення. Науковотехнічні вісті. 2015. 88 с.
2. Бойко І. А. Адаптація українського законодавства до європейського в галузі управління якістю підземних вод. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 3. С. 154.
3. Коваль В. В. Динаміка забруднення вод. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. 146 с.
4. Нітратне забруднення джерел питної води в Україні: дослідження ВЕГО «МАМА-86» за 2021–2022 р. URL: <http://www.ecotoilet.com.ua/UserFiles/Images/Content/content/instructions>
5. Огляд року війни для водних ресурсів України. URL: <http://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlya-vodnyh-resursiv-ukrayiny/>

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 628.47:504.064:502.17

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.26>

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ

Маркіна Л.М., Власенко О.В., Ковтунов О.В.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

Розглянуті характерні особливості енергетичного використання відходів, зазначена необхідність впровадження системної логістики та своєчасного сортування й переробки ТПВ, ефективної організації відповідних робіт із управління побутовими відходами. Проблема відходів на сьогодні – актуальна і масштабна. Вона є однією з ключових екологічних викликів в Україні та важливою з огляду на ресурсний потенціал.

Невід’ємною складовою сучасного життя суспільства є споживання енергії різного походження. Викопне паливо, вугілля, природний газ та нафта – це основні джерелами енергії. Серед недоліків їх використання можна виділити, зокрема, утворення побічних продуктів перетворення (продукти горіння, відходи, тощо) та обмеженість їх запасів, що значно ускладнює процес використання. Значні обсяги утворення відходів призводять до техногенного навантаження на природне середовище та значних матеріальних затрат на їх захоронення чи утилізацію. Переробка відходів з отриманням енергії може розв’язати як проблему поводження з відходами, так і потребу в альтернативних джерелах енергії.

Зважаючи на зростання вартості природних ресурсів, їх вичерпність, негативний вплив на довкілля постає необхідність у постійному пошуку альтернативних джерел енергії.

Утворення та накопичення відходів зумовлює зростаючу загрозу екологічній безпеці країни. Так, за статистичними даними утворення відходів у країні зростає, в тому числі й хімічно небезпечних. Проте варто зазначити, що ефективні технології щодо використання з відходів як вторинної сировини впроваджуються не повною мірою. Порівняно з міжнародними практиками щодо активного поводження з відходами, в Україні на душу населення на рік їх утворюється вдвічі більше, ніж, приміром, у країнах Європи.

За останні роки в Україні спостерігається постійне збільшення обсягів накопичення відходів, а отже, й місць їх захоронення (звалища, полігони, тощо), що призводить до погіршення санітарно-епідеміологічного стану населених пунктів. Тому існуючі методи, процеси утворення, накопичення, зберігання, переробки, обробки та знешкодження відходів є передумовами для виникнення та розвитку екологічних загроз. *Ключові слова:* відходи, альтернативне паливо, утилізація, поводження з відходами, джерела енергії.

Determination of waste characteristics for use them as raw materials for receiving energy. Markina L., Vlasenko O., Kovtunov O.

The distinctive features of energy utilization from waste have been considered, highlighting the need for the implementation of systematic logistics and timely sorting and processing of MSW (Municipal Solid Waste), as well as the efficient organization of relevant household waste management activities. The issue of waste management today is both topical and extensive. It is one of the key environmental challenges in Ukraine and is crucial considering the available resource potential.

An integral part of modern society's life is the consumption of energy from various sources. Fossil fuels, coal, natural gas, and oil are the main sources of energy. Among their disadvantages, we can highlight the formation of by-products of transformation (combustion products, waste, etc.) and the limitation of their reserves, which significantly complicates the utilization process. Substantial waste generation leads to anthropogenic stress on the natural environment and significant material costs for their disposal or utilization. Waste processing for energy generation can solve both the waste management issue and the need for alternative energy sources

Therefore, considering the increasing cost of natural resources, their depletion, and their negative impact on the environment, the issues of seeking alternative energy sources are currently being emphasized.

The formation and accumulation of waste pose a growing threat to the country's environmental safety. According to statistical data, the quantity of waste in the country is increasing, including hazardous waste. However, it is worth noting that effective technologies for using waste as secondary raw materials are not fully implemented. Compared to international practices in waste management, Ukraine generates twice as much waste per capita per year as, for example, European countries.

In recent years, Ukraine has witnessed a continuous increase in the volume of waste accumulation and, consequently, the places for their disposal (landfills, dumps, etc.), leading to deteriorating sanitary and epidemiological conditions in populated areas and creating conditions for the emergence and development of environmental threats. *Key words:* waste, alternative fuel, disposal, waste management, energy sources.

Постановка проблеми, актуальність. Проблема відходів в Україні на сьогодні – актуальна і досить масштабна. Основними чинниками є домінування ресурсомістких багатовідхідних технологій, а також довготривала відсутність своєчасного реагування. Застаріла технологічна база поводження з відхо-

дами зумовлює інтенсивні темпи їх утворення та накопичення.

Проблема відходів є ключовою екологічною проблемою в Україні та важливою з огляду на ресурсний потенціал. Високий рівень утворення відходів у різних галузях народного господарства призводять до того, що в Україні щорічно накопичується величезна кількість твердих побутових відходів, з яких лише невелика частина використовується як вторинний ресурс.

Яскравою особливістю проблеми поводження з відходами в Україні порівняно з іншими розвинутими країнами – це відсутність інфраструктури поводження з відходами [4]. Загалом характеристики системи поводження з відходами відображені на рис. 1.

Отже, зважаючи на значну кількість відходів, які щорічно утворюються та накопичуються в Україні, необхідно визначити першочергові заходи щодо підвищення рівня використання відходів як вторинної сировини та участі у виробництві. Особливо важливим є пошук, вибір і розробка ефективних технічних рішень і заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, утилізації, нейтралізації та екологічно безпечного видалення. Розв'язання зазначених проблем має великий потенціал у забезпеченні енергетичної та ресурсної незалежності країни, раціональному використанні природних матеріалів та джерел енергії [4].

Тому, з огляду на поглиблення екологічної кризи та погіршення соціально-економічної ситуації,

затверджено Національну стратегію поводження з відходами України до 2030 року (розпорядження КМУ від 08.11.2017 р. №2 820 р.) [4]. Аналіз даних таблиці 1 засвідчує: найбільшу кількість відходів, що переробляються шляхом переробки, становлять неорганічні відходи (до 52%).

Водночас слід зазначити, що основними методами утилізації органічних відходів залишаються компостування та ферментація. Однак порівняно з об'ємом відходів, що підлягають компостуванню, частка відходів, які пройшли зброджування, досить низька – 77 700 тон і 619 800 тон відповідно [5].

Відповідно до Закону України «Про відходи» та інших нормативно-правових актів виділяють кілька груп:

1. За сферою утворення – відходи виробництва і споживання, побутові.
2. За ступенем небезпеки та характеру впливу на навколишнє природне середовище ілюдину – токсичні, вибухові, вогнебезпечні, радіоактивні і т.д. (небезпечні відходи).
3. В залежності від стану, в якому вони знаходяться, – газоподібні, рідкі, тверді, змішані.

Окрему категорію утворюють відходи як вторинна сировина. До них відповідно до Закону України «Про відходи» належать ті, для утилізації та переробки яких в Україні є відповідні технології та виробничо-технологічні і/або економічні спроможності. Прикладом таких є металобрухт. Правове регулювання операцій, пов'язаних з його збиранням і прийомом, здійснюється Законом України «Про



Рис. 1. Особливості системи поводження з відходами в Україні

Таблиця 1

Напрямки утилізації відходів в Україні

Напрямок утилізації	Обсяг відходів за роками, тис. т					Усереднений показник, т
	2015	2017	2018	2019	2020	
Всього утилізовано	92463,7	100056,3	103658,1	108024,1	100524,6	100945,36
Утилізація / регенерація розчинників	65,3	82,1	103,9	137,1	111,2	99,92
Рециркуляція / утилізація органічних речовин, що не застосовуються як розчинники	443,2	4357,9	397,6	474,8	320,0	1198,7
Компостування органічних відходів	651,1	755,2	671,6	619,8	549,8	649,5
Ферментація органічних відходів	86,7	68,1	88,5	77,7	63,5	76,9
Переробка паперу та картону	24,0	31,6	0,3	0,3	0,3	11,3
Рециркуляція / утилізація металів та їх сполук	6515,8	5445,2	5798,9	5592,7	5356,2	5741,76
Рециркуляція / утилізація інших неорганічних матеріалів	58958,1	46294,3	55930,2	58763,3	43068,9	52602,96
Регенерація кислот і основ	0,4	2,8	0,8	1,0	2,1	1,42
Рекуперація компонентів, що використовуються для зменшення забруднення	13718,7	29228,1	26649,4	27348,7	36553,7	26699,72
Рекуперація компонентів каталізаторів	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,62
Повторна перегонка використаних нафтопродуктів чи інше їх повторне використання	29,0	16,5	12,5	14,7	13,5	17,24
Обробка ґрунту, що справляє позитивний вплив на землеробство чи поліпшує екологічну обстановку	10763,3	12480,0	12320,3	13263,0	13501,3	12465,58
Використання відходів, отриманих від будь-якої з вищеперелічених операцій	1208,1	1291,4	1684,1	1731,0	984,1	1379,74

Джерело: «Економічна статистика України 2015–2020 р.».

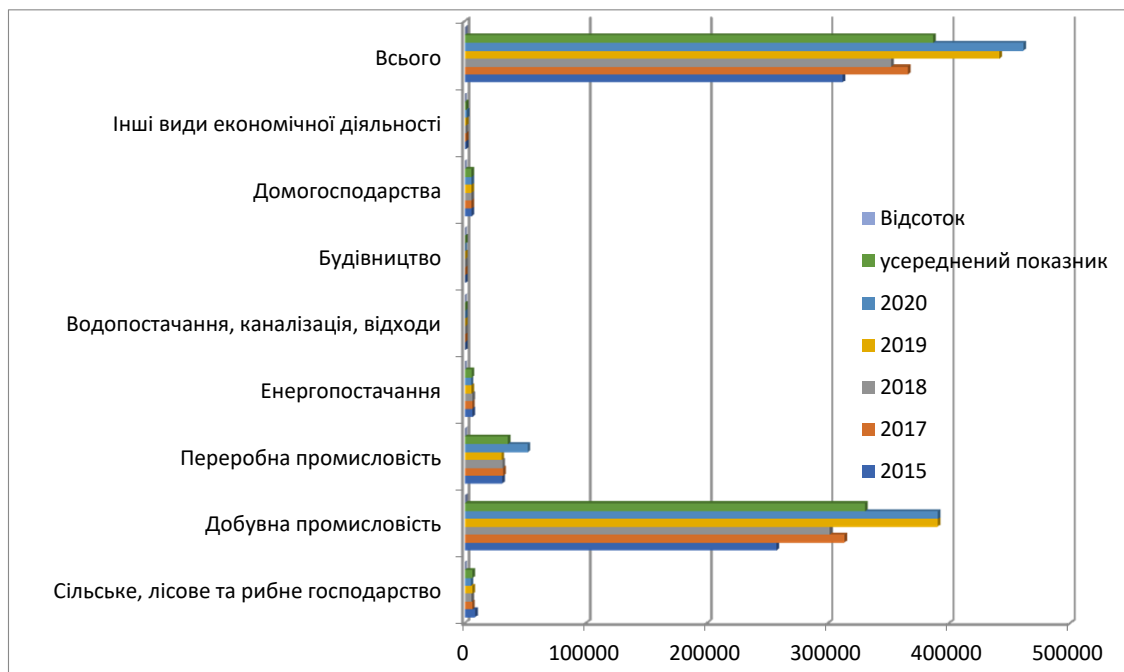


Рис. 2. Структура утворення відходів за галузями промисловості

Джерело: Економічна статистика України 2015–2020 р.



Рис. 3. Структурна діаграма загального обсягу утворюваних відходів в Україні

Джерело: Економічна статистика України 2015–2020 р.

металобрухт». Закон вводить поняття металобрухту та поводження з ним, визначає вимоги до суб'єктів господарювання, які здійснюють з ним операції, державне регулювання, контроль і нагляд за виконанням відповідних дій [4].

Систематизований перелік відходів і кодів, які закріплюються за ними, міститься в Державному класифікаторі відходів, який ведеться з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації.

Відповідно до Державного класифікатора України «Класифікатор відходів» ДК 005-96, затвердженим наказом Держстандарту України від 29.02.1996 р. (із змінами, внесеними згідно з наказом Державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації від 30.03.2000 р.), до відходів виробництва відносяться:

- залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів і т. д., утворені в процесі виробництва продукції або виконання робіт і втратили повністю або частково вихідні споживчі властивості;

- розкривні і супутні гірські породи, що видобуваються в процесі розробки родовищ корисних копалин;

- залишкові продукти збагачення та інших видів первинної обробки сировини (шлам, пил, відсів і т.д.);

- речовини і їх суміші, утворені в термічних, хімічних та інших процесах і які не є метою даного виробництва (шлак, зола, кубові залишки, інші тверді і пастоподібні утворення, а також рідини та аерозолі), залишки сільськогосподарського виробництва (в т.ч. тваринництва), лісового господарства та лісозаготівель;

- бракована, некондиційна продукція усіх видів економічної діяльності або продукція, забруднена небезпечними речовинами і непридатна до використання;

- не ідентифікований товар, застосування (експлуатація) або вживання якого може спричинити

непередбачувані наслідки, в т. ч. Мінеральні добрива, отрутохімікати, інші речовини;

- зіпсовані (пошкоджені) і непридатні до ремонту або відпрацьовані, фізично або морально зношені вироби та матеріали, що втратили свої споживчі властивості (відходи споживання);

- залишки продуктів харчування, побутових речей, пакувальних матеріалів і т. д. (побутові відходи);

- осади очисних промислових споруд, комунальних та інших служб;

- залишки від медичного та ветеринарного обслуговування, медико-біологічної та хіміко-фармацевтичної промисловості, аптечної справи;

- залишки всіх видів діяльності підприємств, установ, організацій і населення;

- матеріальні об'єкти і субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається (радіоактивні відходи).

До категорії відходів належать також непридатна до експлуатації продукція, вироби, медичні препарати, які втратили свої споживчі властивості і в яких містяться певні хімічні та біологічні компоненти, що вимагають небезпечного видалення.

Зазначена категорія відноситься до відходів споживання, серед яких окремо виділяють побутові [4].

Щорічно світова кількість відходів зростає приблизно на 3%. Склад твердих побутових відходів залежить від багатьох факторів: рівня розвитку країни та регіону, культурного рівня населення та його звичаїв, пори року та інших причин. Склад ТПВ та їх кількість на душу населення може суттєво різнитися. У великих містах побутові відходи містять найбільше органічну фракцію (харчові відходи тощо), а також низка компонентів, що можуть використовуватися як вторинна сировина (папір, металеві банки, скло, пластикові пляшки, однак, як показала прак-

тика, сортування відходів з метою отримання вторинної сировини дозволяє отримати її від 8 до 15%).

Для прикладу. На рис. 4 наведена порівняльна діаграма складу ТПВ на одну людину у різних країнах за 2019 р. [5].

Понад третину ТПВ складають харчові відходи і ще третину – пакувальні матеріали, кількість яких безперервно збільшується. ТПВ характеризуються багатокомпонентністю та неоднорідністю складу, малою щільністю та нестабільністю (здатністю до загнивання). Джерелами ТПВ можуть бути як житлові, так і громадські будівлі, торгові, видовищні, спортивні та інші підприємства. У зарубіжній практиці назві «ТПВ» відповідає термін «тверді муніципальні відходи» (Municipal Solid Waste) [5].

В Україні обсяг ТПВ у 2021 році склав 51 млн. м³ [5].

Житлові та промислові райони утворюють різні за складом відходи. Накопичення значної кількості твердих побутових відходів (ТПВ) та нераціональне використання – це серйозна екологічна проблема, яка, на жаль, на сьогодні спостерігається. А недосконала система поводження з ними зумовлює постійне накопичення та захоронення на полігонах, які, від-

повідно, є переповненими та зумовлюють складну екологічну ситуацію на прилеглих територіях. Тому вивчення морфологічному складу та ресурсо-енергетичного потенціалу ТПВ і шляхів його реалізації є надзвичайно актуальним питанням сьогодення.

Питання поводження з побутовими відходами нині є однією з найгостріших проблем сучасних міст. У країнах Європи накопичено великий досвід зі збирання, транспортування та переробки сміття. Основні заходи спрямовані на скорочення обсягу відходів, що підлягають похованню, переробку відходів та перетворення їх на вторинну сировину. Даний матеріал присвячений питанням організації робіт по поводженню з побутовими відходами, відповідальності органів виконавчої влади, діяльності приватних компаній.

Коли розглядається можливість енергетичного використання відходів, то насамперед оцінюється їхня теплотворна здатність. Теплотворна здатність побутових відходів відповідає бурому вугіллю. У середньому вона коливається в межах від 1000 до 3000 ккал/кг. У великих містах теплотворна здатність ТПВ становить 1900–2400 ккал/кг, але іноді може досягати 3300 ккал/кг.

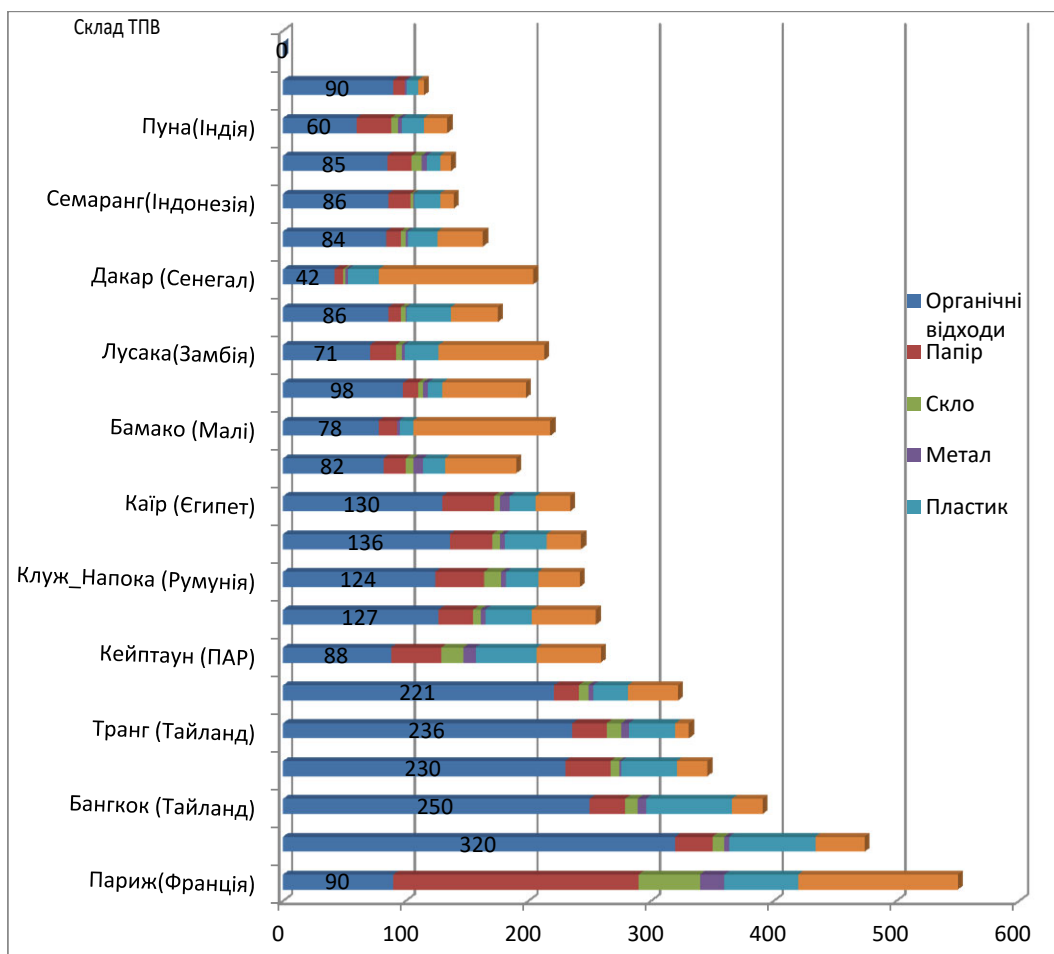


Рис. 4. Склад ТПВ на душу населення (кг/на душу населення/рік) у різних містах світу за 2019 р.

Залежність теплотворної здатності від вологості для змішаних ТПВ, а також для деяких найбільш характерних компонентів ТПВ, відображена на рисунку 5.

Характерно, що теплотворна здатність ТПВ може змінюватися в діапазоні від 3...5 МДж/кг (переважно вміст харчових відходів) до 15...18 МДж/кг (переважно вміст паперу, картону, текстилю, деревини). Теплотворна здатність середньостатистичних ТПВ може перебувати в діапазоні 8...12 МДж/кг при вологості 30...50%. Теплотворна здатність ТПВ у конкретному місці може змінюватися протягом року в залежності від погодних умов і сезонних особливостей споживання. Моніторинг зміни складу ТПВ для одного з полігонів України (м. Миколаїв) протягом майже двох років показав, що теплотворна здатність ТПВ може змінюватись від 6.5 до 12.0 МДж/кг.

Вважається, що граничним значенням теплотворної здатності для комерційної термічної утилізації є величина 6 МДж/кг. Зазначимо, що термічна утилізація часто застосовується для обов'язкового знезараження небезпечних відходів (наприклад, медичних) [4].

В такому випадку теплотворна здатність відходів не впливає на прийняття рішення щодо використання технології. Теплотворна здатність 10 МДж/кг відповідає 2.8 МВт·год теплової енергії на тону відходів. Найефективніші ССЗ (наприклад, Ramboll, Denmark) отримують з тони ТПВ 0.67 МВт·год електричної та до 2.0 МВт·год теплової енергії. ТПВ може змінюватись від 6.5 до 12.0 МДж/кг [3].

У таблиці 2 наведено енергетичний потенціал складових частин ТПВ п'яти міст України (згідно з даними Національного проєкту «Чисте місто») [1].

У Миколаївській області протягом 2021–2022 рр. над визначенням морфологічного складу та ресурсо-енергетичного потенціалу ТПВ та шляхів його реалізації працювали автори досліджень.

Процес дослідження ресурсо-енергетичного потенціалу ТПВ в Миколаєві та області проходив у кілька етапів. На першому та другому етапах досліджено процеси формування та морфологічний склад ТПВ, що дозволило продовжити наступні дослідження.

У таблиці 3 наведені результати досліджень, здійснених авторами статті, морфологічного складу твердих побутових та промислових відходів на полігоні м. Миколаєва у 2021–2022 роках [2].

Після відбору, сортування, відповідно до декількох методик, науковцями аналізувались температура деструкції відходів, відновна маса, склад твердих залишків. Також проводився хімічний аналіз методом хроматографії за показниками, вологості, вмісту вуглецю та важких металів. Згідно з дослідженнями, рівень теплотворної здатності ТПВ залежать від пори року, вологості, місця розташування тощо.

Дослідження підтвердили, що для підвищення енергетичної здатності ТПВ необхідно розвивати систему сортування ТПВ. Це дозволить не тільки вилучати цінні компоненти, а й підвищити енергетичний потенціал ТПВ шляхом відділення складової з високим вмістом вологи. ТПВ потрібно сортувати так, щоб відходи, які підлягають переробці, містили мінімальну фракцію мінералів і небезпечних відходів [4].

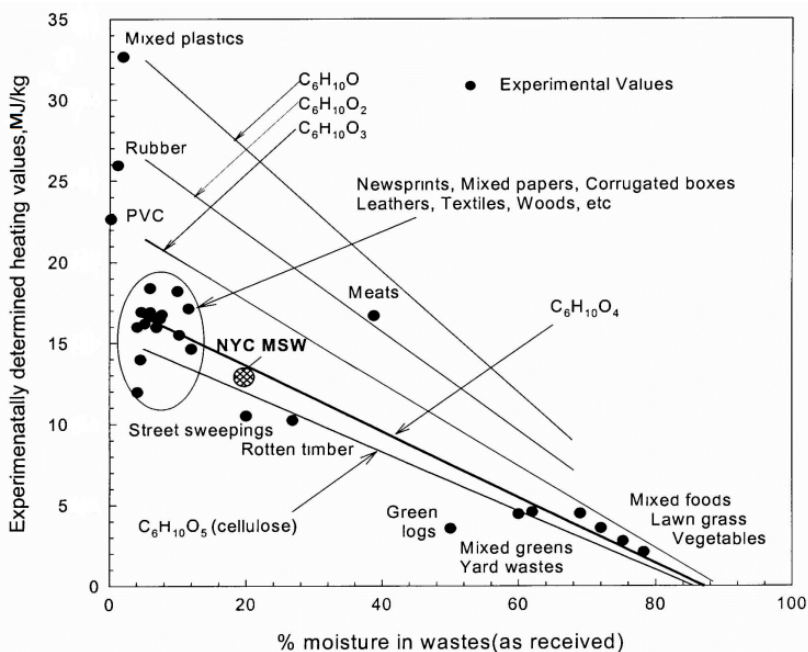


Рис. 5. Залежність теплотворної здатності від вологості різних видів палива

Джерело: WTE Guidebook, EEC / IDB, July 2018

Таблиця 2

Енергетичний потенціал складових частин ТПВ п'яти міст України

Компонент	Чернівці	Тернопіль	Харків	Чернігів	Київ	Середн	Діапазон
Харчові відходи	30,0	35,5	43,6	45,6	29,4	36,8	30–45
Папір і картон	5,3	5,9	7,6	8,5	15,6	8,6	5–15
Полімери	16,0	8,7	12,3	10,7	16,6	12,9	8–17
Скло	13,6	10,9	11,3	9,1	15,2	12,0	9–14
Чорні метали	1,0	0,3	0,6	1,2	2,0	1,0	0–2
Кольорові метали	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0–0,5
Текстиль	2,0	3,8	2,2	2,2	5,7	3,2	2–5
Деревина	1,6	2,5	0,1	1,4	2,0	1,5	0,1–2
Небезпечні відходи	0,3	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	0,1–0,5
Кістки, шкіра, гума	0,5	1,6	0,4	0,9	0,8	0,8	0,5–1,5
Комбіновані відходи	0,5	0,9	0,4	1,0	0,3	0,7	0,4–1
Залишок, в т.ч	29,1	29,4	20,9	18,7	11,9	22,0	12–30
Дрібні будівельні відходи	0,3	2,8	3,4	3,2	3,2	2,6	0,3–3,5
Вуличний зміт, листя	6,1	0,5	0,3	0,0	3,4	2,1	0–6
Гігієнічні засоби	3,1	3,7	2,6	2,8	3,6	3,2	2,3–3,5
Інше	19,6	22,4	14,7	12,7	1,8	14,3	2–22
Теплотворна здатність, Дж/кг	9,4	7,5	8,3	8,4	11,8	9,1	7,5–11,8

Таблиця 3

Морфологічний склад ТПВ на полігоні м. Миколаєва у 2021–2022 р.

Склад відходів	ТПВ житлового фонду %	ТПВ громадських торгових підприємств %
Харчові відходи	38–45	40–46
Папір, картон	10–15	13–16
Деревина	10–18	10–15
Чорні метали	3–4	3–4
Кольорові метали	0,5–1,5	1–4
Текстиль	3–5	3–5
Кістки	0,5–1,5	1,5–3
Скло	2–3	1–2
Дрібні будівельні відходи	0,5–1	2–3
Шкіра, гума	0,5–1	1–2
Полімери	18–22	20–25
Вуличний зміт, листя	8–12	10–15
Комбіновані відходи	2–2,5	2–3
Небезпечні відходи	1–3	2–5
Інше	1–2	2–3
Відсів (фракція менше)	5–7	5–7

Основні компоненти, що вилучаються з потоку ТПВ у відсотках від початкової кількості компонента:

- папір і картон – 17...46%;
- полімери – 27...58%;
- скло – 38%;
- чорні метали – 39...73%;
- кольорові метали – 52...80%.

При цьому менше значення характерне для ручного сортування, більше – для автоматичного оптико-механічного сортування. Процес попереднього сортування може істотно впливати на теплотворну

здатність. Оскільки з потоку ТПВ частково вилучаються найбільш калорійні полімери, папір і картон, теплотворна здатність може знизитися з 9.0 до 8.4 МДж/кг для ручного сортування і до 6.8 МДж/кг у випадку оптико-механічного сортування. Навпаки, сушка та компостування залишку після сортування, наприклад, у процесі механіко-біологічного оброблення може збільшити теплотворну здатність потенційного палива до 10...15 МДж/кг.

Також потрібно впроваджувати системну логістику відходів, ТПВ мають розміщуватись на добре

контрольованих звалищах, необхідно реалізувати постійний моніторинг стану звалища відходів та його параметрів; вживати заходів щодо сортування відходів: окремо сухі ТПВ та органічні відходи (як природні лісові, так і харчові відходи); мають забезпечуватися належні швидкості переробки та компостування.

В рамках досліджень представлені рекомендаційні пропозиції до регіональної політики управління ТПВ за технологіями відновлення енергії з відходів. Тверді побутові відходи, мають значний потенціал рециклінгу, відповідно рекомендовано для успішного повторного використання:

- вдосконалення сортування та логістики ТПВ, з врахуванням світового досвіду;
- впровадження в практику роздільного збору ТПВ у різні типи контейнерів;

- впровадження нових логістичних схем вивозу ТПВ;
- централізоване сортування ТПВ;
- обов'язкове використання технологій переробки ТПВ.

Результати досліджень внесені до регіонального плану управління відходами у Миколаївській області відповідно до Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. Їх дані є важливими при визначенні економічної та інвестиційної привабливості. Це проєктування сортувальних ліній, сміттєпереробних комплексів тощо. Таке дослідження – науково обґрунтована основа, на якій базуватимуться подальші рішення щодо управління ТПВ [2].

Методом порівняння, відповідно до отриманих даних, визначено, що у південному регіоні України створюється на 8–10% більше харчових та на 5% полімерних ТПВ ніж в інших регіонах.

Література

1. Розпорядження Кабінет Міністрів України від 8 серпня 2012 р. № 695-р. «Деякі питання підготовки до реалізації національного проєкту «Чисте місто» – система комплексів з переробки твердих побутових відходів». Київ: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2012-p#Text>.
2. Стратегія розвитку Миколаївської області на період до 2027 року URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/derzhavna-rehional-na-polityka/strategichne-planuvannya-regionalnogo-rozvitku/strategichne-planuvannya-regionalnogo-rozvitku-na-period-do-2027-roku/regionalni-strategiyi-rozvitku-na-period-do-2027-roku/strategiya-rozvitku-mykolayivskoyi-oblasti-na-period-do-2027-roku/>
3. Кращі європейські практики управління відходами/ Посібник при підтримці Європейського Союзу Львів • 2019 р./ Видавництво: «Компанія “Манускрипт”» URL: http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf
4. Управління відходами URL: <https://ecolog-ua.com/theme/upravlinnya-vidhodami>
5. Економічна статистика. Навколишнє природне середовище URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm

ОСОБЛИВОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОМУНАЛЬНИХ ВІДХОДІВ ТА ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ

Пацева І.Г.¹, Валерко Р.А.¹, Пацев І.С.², Палій О.В.¹

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
rig@ztu.edu.ua

На сьогодні однією із основних причин екологічно небезпечної ситуації в ряді регіонів України є недосконалість системи збирання й транспортування твердих побутових відходів (ТПВ), яка потребує вдосконалення та постійної адаптації до зростання кількості та різноманітності побутових відходів внаслідок збільшення чисельності міського населення, підвищення добробуту, зміни обсягу житлового фонду, роздрібної торгівлі та виробництва. Визначено особливості екологічної політики в Україні в умовах розвитку євроінтеграційних процесів. Метою статті є розроблення концептуальних засад формування стратегії реалізації екологічної логістики відходів з позицій сталого екологічно збалансованого розвитку та визначення обсягів накопичення відходів. Опанували практичний досвід поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні і розвинених країнах світу. Вивчили теоретико-методологічні підходи щодо проведення аналізу процесів утворення ТПВ з врахуванням екологічних, соціальних і економічних факторів. Створено науково-методичне забезпечення для прогнозування обсягів утворення ТПВ на території міста. Виявлена залежність накопичення твердих побутових відходів від впливу основних соціальних, екологічних і економічних факторів, які забезпечили б можливість прогнозувати їх динаміку в якості основи ефективних управлінських рішень в області регіональної екологічної безпеки. Доведено актуальність формування управлінських рішень екологічної логістики твердих побутових відходів задля зниження негативного впливу на довкілля. Показано роль логістики у зменшенні кількості відходів та в досягненні його економічних, соціальних та екологічних цілей. Підкреслено роль екологічної інформації та екологічних знань як особливого ресурсу в інноваційній економіці. Виявлено особливості впровадження екологічного підходу у сфері логістики. Екологістика розглядається як органічна складова загальної стратегії розвитку міста. *Ключові слова:* навколишнє середовище, екологічна криза, тверді побутові відходи, логістика, екологістика, звалище, полігон.

Peculiarities of logistics processes of transportation of utilities and ruinations. Patseva I., Valerko R., Patsev I., Paliy O.

Today, one of the main reasons for the environmentally hazardous situation in a number of regions of Ukraine is the imperfection of the system of collection and transportation of municipal solid waste (MSW), which needs to be improved and constantly adapted to the growth in the amount and variety of household waste due to an increase in the urban population, rising welfare, changes in the volume of housing, retail trade and production. The article also identifies the peculiarities of environmental policy in Ukraine in the context of the development of European integration processes. The purpose of the article is to develop a conceptual framework for the formation of a strategy for the implementation of environmental waste logistics from the standpoint of sustainable ecologically balanced development and to determine the volume of waste accumulation. We studied the practical experience of municipal solid waste (MSW) management in Ukraine and developed countries. We studied theoretical and methodological approaches to analyzing the processes of solid waste generation, taking into account environmental, social and economic factors. The scientific and methodological support for predicting the volume of solid waste generation in the city was created. The dependence of solid waste accumulation on the influence of the main social, environmental and economic factors was revealed, which would provide an opportunity to predict their dynamics as a basis for effective management decisions in the field of regional environmental safety. The article proves the relevance of forming management decisions for the environmental logistics of municipal solid waste in order to reduce the negative impact on the environment. The role of logistics in reducing the amount of waste and in achieving its economic, social and environmental goals is shown. The role of environmental information and environmental knowledge as a special resource in the innovation economy is emphasized. The peculiarities of implementing an ecological approach in the field of logistics are identified. Ecology is considered as an organic component of the overall strategy of city development. *Key words:* environment, ecological crisis, hard domestic wastes, logistic, ecologicistic, dump, ground.

Постановка проблеми. Прийнята Національна стратегія управління відходами в Україні [1] створює умови для підвищення стандартів життя населення шляхом впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівні, зменшення обсягів утворення відходів та збільшення обсягу їх переробки та

повторного використання. Відповідно розробляються Регіональні плани управління відходами. Впровадження заходів, передбачених у цих документах, здійснюється, в першу чергу, на місцевому рівні територіальними громадами (ТГ) та муніципальному рівні – в містах обласного чи районного значення.

Актуальність дослідження. Ринок послуг у сфері поводження з відходами недостатньо розвинутий, інформація про можливості переробки ТКВ [7] та відходів руйнації часто розпорошена по різних джерелах, або її важко отримати. Об'єднані громади не розвивають систему роздільного сортування відходів через недостатній попит на вторинні ресурси та відсутність інформації про засоби та способи рекуперації відходів, особливо відходів руйнації під час військових дій. Проблемою є незначна кількість та незадовільна якість ТКВ та відходів руйнації, що сортує населення. Це не приносить очікуваного прибутку бізнес-структурам, оскільки витрати на збирання та утилізацію занадто великі.

Значна частина ресурсоцінних компонентів найчастіше вивозиться на полігони чи звалища. Вторинна переробка ТКВ та відходів руйнації й їх вторинне використання у господарській діяльності чи вторинному використанні у промисловості дозволила б зменшити кількість відходів на сміттєзвалищах. Проте така діяльність потребує залучення та підтримки місцевої громади [8], додаткового фінансування процесів поводження з відходами, особливо з відходами руйнації та вимагає запровадження системної екологічної просвіти населення. Важливим фактором є підтримка органів державної влади та місцевого самоврядування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика досліджень цієї сфери завжди була у колі особливої уваги таких вітчизняних учених, як С. Беляєва, Р. Берлінг, Г. Виговська, Т. Галушкіна, О. Губанова, Н. Зіновчук, О. Кашенко, В. Кислий, Л. Мельник, О. Оксанич, Ю. Стадницький, С. Харічков та ін [1-4]. Питання, що стосуються включення екологічної складової до системи логістичного управління, розглядаються в працях Є.В. Крикавського, Н.В. Пахомової, Т.М. Скоробогатова, В.П. Мешалкіна, М.М. Некрасової [5]. Слід зазначити, що їх дослідження найчастіше зосереджені в рамках однієї функціональної області логістики, наприклад, ресурсозбереженні. Однак питання стосовно удосконалення системи поводження з відходами

Новизна. Управління відходами в самих громадах є важливим елементом системи господарювання, проте, існуюча криза в сфері надання комунальних послуг вплинула на муніципальне управління твердими комунальними відходами [6]. Компанії, які працюють у сфері поводження з відходами, неспроможні забезпечити населення об'єднаних громад якісними комунальними послугами. Їх обладнання є переважно застарілим та зношеним. Лише незначна частка ТКВ та відходів руйнації із домогосподарств та порушених будівель внаслідок військових дій тощо збирається роздільно та переробляється. В Україні існують окремі успішні підприємства, але їх кількість досить незначна.

Таким чином, існуюча система управління відходами на регіональному рівні не забезпечує збереження економіко-екологічної безпеки держави. Вирішення

цієї проблеми вимагає нових сучасних підходів до формування системи управління відходами на рівні територіальних громад.

Виклад основного матеріалу. Невід'ємною частиною логістичної системи рециклінгу ТКВ та відходів руйнації є процес їх доставки до місця сортування, переробки чи зберігання, що забезпечує організацію збору та перевезення ТКВ ТА та відходів руйнації на підприємство переробки. Етап транспортування відходів є одним із важливих чинників негативного впливу на довкілля. Отже, вибір бізнес-структури перевізника для транспортування ТКВ та відходів руйнації є важливим етапом оптимізації логістичної системи поводження з відходами.

Для комплексної оцінки впливу системи транспортування, розміщення, переробки ТКВ та відходів руйнації слід керуватися певним набором критеріїв [9]. Серед критеріїв необхідно враховувати критерії екологічного впливу на довкілля, економічної ефективності, транспортно-експлуатаційні (логістичні). Існує низка часткових критеріїв оцінки еколого-економічної ефективності транспортної логістичної системи як складової поводження з відходами. Критерій довговічності, наявності нового обладнання, нового автомобільного парку чи термін експлуатації транспортного засобу та наявність власної ремонтної та мийної дільниці є дуже важливим критерієм для нормального функціонування підприємства.

Важливим критерієм вибору підприємства-перевізника є наявність власних контейнерів (не менше 30% від загальної кількості контейнерного парку), для роздільного збору сміття. Тому кількість та наявність таких контейнерів також можна вважати важливим показником. Досвід роботи підприємства свідчить про його можливості та перспективи розвитку у цій сфері. Очевидно, що між двома фірмами оберуть ту, яка вже давно визнана на ринку та повністю задовольняє користувачів їх послуги. Тому, як ще одним критерієм доцільно обрати досвід роботи [10].

Для дослідження доцільно використовувати ті, що в повній мірі відображають ефективність процесу транспортування та вплив на довкілля. При виборі критеріїв необхідно орієнтуватися на такі показники, що враховують принципи сталого розвитку, споживання природних ресурсів (в процесі транспортування – палива, що виробляється з вичерпного природного ресурсу – нафти), рівень впливу на довкілля шкідливих компонентів відпрацьованих газів двигунів транспортних засобів, мінімізацію впливу на довкілля тощо.

Згідно з методологією управління програмами Р2М [13] найбільш прийнятними та ефективними методами, що формують системи показників ефективності програми, є метод «П'ять «Е» і два «А»». Метод «П'ять «Е» і два «А»» включає показники: п'ять «Е» – efficiency (ефективність), effectiveness

(результативність), earned value (освоений об'єм), ethics (етика), ecology (екологія) і два «А» – accountability (підзвітність), ascertability (прийнятність). Набір показників може бути представлено у вигляді такої моделі:

$$P5E2A = (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, A_1, A_2) = (\{e_1\}, \{e_2\}, \{e_3\}, \{e_4\}, \{e_5\}, \{a_1\}, \{a_2\}) = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, a_1, a_2) \quad (1)$$

$$0 \leq e_i^- \leq e_i \leq e_i^+ < +\infty, i = 1, 2, 3, 4, 5;$$

$$0 \leq a^- \leq a_i \leq a^+ < +\infty, i = 1, 2.$$

де $P5E2A$ – показник ефективності екологічної програми;

E_1 – матеріально-технічні критерії;

E_2 – професійні вимоги;

E_3 – фінансово-економічні критерії;

E_4 – екологічні критерії;

E_5 – соціальні критерії;

A_1 – надійність, визначається рівнем відповідальності менеджменту за результати програми, включаючи проміжні результати, отримані зацікавленими сторонами, а також прозорістю, наочністю і відкритістю інформування громадськості про статус програми на поточний момент;

A_2 – допустимість, яка визначається значеннями, що прийняли зацікавлені сторони для вартісних показників програми, виражені в кількості вкладеного капіталу, гарантії повернення інвестицій і затверджених планів розподілу потоку грошових коштів програми в часі; e^- , e^+ , a^- , a^+ – межі зміни показника.

Множина матеріально-технічних критеріїв включає [11]:

$$E_1 = (MT_1^{\text{норм.прав}}, MT_2^{\text{мат-техн.}}, MT_3^{\text{ефект.послуг}}, MT_4^{\text{автотр.}}, MT_5^{\text{контейн.госп}}) \quad (2)$$

де $MT_1^{\text{норм.прав}}$ – критерій відповідності нормативно-правовим вимогам;

$MT_2^{\text{мат-техн.}}$ – критерій відповідності матеріально-технічної бази;

$MT_3^{\text{ефект.послуг}}$ – критерій ефективності виконання послуги;

$MT_4^{\text{автотр.}}$ – характеристика автотранспорту перевізника;

$MT_5^{\text{контейн.госп}}$ – критерій контейнерне господарство.

Характеристика критерію нормативно-правових вимог може визначатися множиною:

$$MT_1^{\text{норм.прав.}} = (MT_{1.1}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.2}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.3}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.4}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.5}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.6}^{\text{норм.прав.}}) \quad (3)$$

де $MT_{1.1}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність сертифікату відповідності послуг;

$MT_{1.2}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволу на право вивезення відходів;

$MT_{1.3}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволів на розміщення відходів на полігоні;

$MT_{1.4}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволу від санепідемстанції на розміщення відходів;

$MT_{1.5}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність відповідних дозволів від місцевих органів, органу державного екологічного управління;

$MT_{1.6}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність лімітів на утворення та розміщення ТКВ та відходів руйнації.

Характеристика критерію матеріально-технічної бази може визначатися множиною:

$$MT_2^{\text{матер.техн.}} = (MT_{2.1}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.2}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.3}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.4}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.5}^{\text{матер.техн.}}) \quad (4)$$

де $MT_{2.1}^{\text{матер.техн.}}$ – власна матеріально-технічна база;

$MT_{2.2}^{\text{матер.техн.}}$ – орендована з власними фахівцями щоденного контролю технічного стану автотранспорту та медичного контролю стану здоров'я водіїв;

$MT_{2.3}^{\text{матер.техн.}}$ – орендована з наданням послуг відповідною організацією;

$MT_{2.4}^{\text{матер.техн.}}$ – наявність авторемонтної майстерні для ремонту автотранспорту;

$MT_{2.5}^{\text{матер.техн.}}$ – наявність приміщення для ремонту та зберігання контейнерів для сміття.

Характеристика критерію ефективності виконання послуги може визначатися множиною:

$$MT_3^{\text{ефект.послуги}} = (MT_{3.1}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.2}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.3}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.4}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.5}^{\text{ефект.послуги}}) \quad (5)$$

де $MT_{3.1}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність власного полігону;

$MT_{3.2}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність власного сміттесортувальної станції;

$MT_{3.3}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність договорів з підприємствами, що здійснюють зберігання, утилізацію, переробку, знешкодження або захоронення відходів;

$MT_{3.4}^{\text{ефект.послуги}}$ – % власного автотранспорту у загальній кількості автотранспорту перевізника з діючими ліцензійними картками;

$MT_{3.5}^{\text{ефект.послуги}}$ – % вітчизняного автотранспорту у загальній кількості автотранспорту перевізника.

Характеристика критерію автотранспорту перевізника може визначатися множиною:

$$MT_4^{\text{автотр.}} = (MT_{4.1}^{\text{автотр.}}, MT_{4.2}^{\text{автотр.}}, MT_{4.3}^{\text{автотр.}}, MT_{4.4}^{\text{автотр.}}, MT_{4.5}^{\text{автотр.}}, MT_{4.6}^{\text{автотр.}}, MT_{4.7}^{\text{автотр.}}, MT_{4.8}^{\text{автотр.}}, MT_{4.9}^{\text{автотр.}}, MT_{4.10}^{\text{автотр.}}, MT_{4.11}^{\text{автотр.}}, MT_{4.12}^{\text{автотр.}}, MT_{4.13}^{\text{автотр.}}) \quad (6)$$

де $MT_{4.1}^{\text{автотр.}}$ – кількість спеціалізованих сміттєвозів;

$MT_{4.2}^{\text{автотр.}}$ – кількість вантажних платформ;

$MT_{4.3}^{\text{автотр.}}$ – кількість вантажних самоскидів;

$MT_{4.4}^{\text{автотр.}}$ – термін експлуатації автотранспорту;

$MT_{4.5}^{\text{автотр.}}$ – Євро-клас транспортного засобу;

$MT_{4.6}^{\text{автотр.}}$ – вантажопідйомність транспортного засобу;

$MT_{4.7}^{\text{автотр.}}$ – кількість споживання палива;

$MT_{4.8}^{\text{автотр.}}$ – наявність системи заднього завантаження Євро контейнерів різного об'єму;

$MT_{4.9}^{\text{автотр.}}$ – обладнання тентами для перевезення сипучих вантажів;

$MT_{4,10}^{автомр.}$ – ущільнення кузовів для запобігання забруднення шляхів та прилеглої території;

$MT_{4,11}^{автомр.}$ – обладнання пристроями контролю та супроводу перевезення відходів;

$MT_{4,12}^{автомр.}$ – наявність системи GPS-control;

$MT_{4,13}^{автомр.}$ – проведення планової мийки і дезінфекції сміттєвозів.

Характеристика *критерію контейнерне господарство* може визначатися множиною:

$$MT_5^{контейн.госп} = (MT_{5,1}^{контейн.госп}, MT_{5,2}^{контейн.госп}, MT_{5,3}^{контейн.госп}), \quad (7)$$

де $MT_{5,1}^{контейн.госп}$ – загальна кількість власних контейнерів;

$MT_{5,2}^{контейн.госп}$ – кількість контейнерів для роздільного збору ТКВ та відходів руйнації;

$MT_{5,3}^{контейн.госп}$ – кількість типів контейнерів різного об'єму (якісний склад).

Множина критеріїв професійних вимог включає:

$$E_2 = (E_2^{досвід}, E_2^{рівень.знань}, E_2^{рівень.роботи}) \quad (8)$$

де $E_2^{досвід}$ – досвід перевізника;

$E_2^{рівень.знань}$ – рівень знань перевізника;

$E_2^{рівень.роботи}$ – рівень роботи перевізника без порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції.

Характеристика *критерію досвід перевізника* може визначатися множиною:

$$E_2^{досвід} = (E_{2,1}^{досвід}, E_{2,2}^{досвід}) \quad (9)$$

де $E_{2,1}^{досвід}$ – досвід роботи перевізника з надання певних послуг;

$E_{2,2}^{досвід}$ – досвід роботи перевізника з організації збору, вивезення ТКВ та відходів руйнації.

Характеристика *критерію рівня знань перевізника* може визначатися множиною:

$$E_2^{рівень.знань} = (E_{2,1}^{рівень.знань}, E_{2,2}^{рівень.знань}, E_{2,3}^{рівень.знань}) \quad (10)$$

де $E_{2,1}^{рівень.знань}$ – % адміністративного персоналу, які мають необхідні знання та досвід у сфері поводження з ТКВ та відходів руйнації;

$E_{2,2}^{рівень.знань}$ – % виробничого персоналу, які мають необхідні знання та досвід;

$E_{2,3}^{рівень.знань}$ – % водіїв, які пройшли спеціальний інструктаж.

Характеристика *критерію рівень роботи перевізника без порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції*, може визначатися множиною:

$$E_2^{рівень.роботи} = (E_{2,1}^{рівень.роботи}, E_{2,2}^{рівень.роботи}) \quad (11)$$

де $E_{2,1}^{рівень.роботи}$ – % порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції, що припадає на кількість дозволів виданих перевізникові;

$E_{2,2}^{рівень.роботи}$ – кількість дорожньо-транспортних пригод, скоєних з вини водіїв перевізника (за останній рік).

Множина фінансово-економічних критеріїв включає:

$$E_3 = (FE_1^{фін.}, FE_2^{екон.}, FE_3^{екон.-екол.}), \quad (12)$$

де $FE_1^{фін.}$ – критерій фінансових показників;

$FE_2^{екон.}$ – критерій економічних показників;

$FE_3^{екон.-екол.}$ – критерій еколого-економічних показників.

Відповідність критерію фінансових показників може визначатися множиною:

$$FE_1^{фін.} = (FE_{1,1}^{фін.}, FE_{1,2}^{фін.}, FE_{1,3}^{фін.}, FE_{1,4}^{фін.}), \quad (13)$$

$FE_{1,1}^{фін.}$ – ціна вивезення 1 м³ ТПВ з певної території;

$FE_{1,2}^{фін.}$ – вартість пального, що використовується для транспортування ТКВ та відходів руйнації;

$FE_{1,3}^{фін.}$ – витрати на оплату праці водіїв;

$FE_{1,4}^{фін.}$ – витрати на технічне обслуговування транспортних засобів.

Відповідність критерію економічних показників може визначатися множиною:

$$FE_2^{екон.} = (FE_{2,1}^{екон.}, FE_{2,2}^{екон.}), \quad (14)$$

де $FE_{2,1}^{екон.}$ – продуктивність праці спецавтотранспорту з перевезення ТПВ (об'єм ТПВ і негабаритних відходів, що перевозяться за один рейс);

$FE_{2,2}^{екон.}$ – можливість залучення інвестицій для придбання відповідної кількості контейнерів для збору ТПВ з наступною передачею їх до міської комунальної власності.

Відповідність критерію еколого-економічних показників може визначатися множиною:

$$FE_3^{екон.-екол.} = (FE_{3,1}^{екон.-екол.}, FE_{3,2}^{екон.-екол.}, FE_{3,3}^{екон.-екол.}), \quad (15)$$

де $FE_{3,1}^{екон.-екол.}$ – еколого-економічний збиток від забруднення довкілля;

$FE_{3,2}^{екон.-екол.}$ – еколого-економічний збиток від вилучення земель із с/г використання;

$FE_{3,3}^{екон.-екол.}$ – екологічні платежі за використання природних ресурсів.

Відповідність екологічному критерію ників може визначатися множиною:

$$E_4 = (E_{4,1}^{екол.}, E_{4,2}^{екол.}, E_{4,3}^{екол.}, E_{4,4}^{екол.}, E_{4,5}^{екол.}), \quad (16)$$

де $E_{4,1}^{екол.}$ – викиди в атмосферу шкідливих речовин при перевезенні ТКВ та відходів руйнації;

$E_{4,2}^{екол.}$ – забруднення водойм та підземних вод;

$E_{4,3}^{екол.}$ – забруднення ґрунтів та прилеглої території;

$E_{4,4}^{екол.}$ – кількість відходів самого підприємства;

$E_{4,5}^{екол.}$ – збереження біорізноманіття.

Відповідність соціальному критерію може визначатися множиною:

$$E_5^{соціальн} = (E_{5,1}^{соціальн}, E_{5,2}^{соціальн}, E_{5,3}^{соціальн}, E_{5,4}^{соціальн}, E_{5,5}^{соціальн}), \quad (17)$$

де $E_{5,1}^{соціальн}$ – якість перевезення;

$E_{5,2}^{соціальн}$ – додержання графіка вивозу ТКВ та відходів руйнації;

$E_{5.3}^{\text{соціальн}}$ – наявність системи зв'язку з клієнтами;
 $E_{5.4}^{\text{соціальн}}$ – ефективність проведення інформаційної компанії впровадження системи роздільного збору відходів;

$E_{5.5}^{\text{соціальн}}$ – % скарг, що припадає на кількість дозволів виданих перевізникові.

При виборі критеріїв потрібно спиратися на наявні кількісні та якісні показники роботи підприємств. Розроблені критерії дозволяють вибирати підприємство, для здійснення відповідних послуг. Множини локальних критеріїв можуть бути використані самим підприємством для здійснення тих чи інших заходів.

Застосуємо окремі критерії для вибору більш екологічного транспортного засобу для транспортування ТКВ та відходів руйнації.

З множини запропонованих критеріїв вибираємо критерії, які найбільш характеризують еколого-економічну ефективність превезення відходів. В результаті експертного оцінювання було вибрано фінансові, еколого-економічні та матеріально-технічні критерії:

$$(FE_{1.2}^{\text{фін.}}, FE_{1.3}^{\text{фін.}}, FE_{1.4}^{\text{фін.}}) \cup (FE_{3.1}^{\text{екон.-екол.}}, FE_{3.2}^{\text{екон.-екол.}}, FE_{3.3}^{\text{екон.-екол.}}) \cup (MT_{4.5}^{\text{автомтр.}}, MT_{4.6}^{\text{автомтр.}}, MT_{4.7}^{\text{автомтр.}}). \quad (18)$$

Вартість пального ($FE_{1.2}^{\text{фін.}}$) в сукупності з логістичними витратами впливає на вартість перевезення відходів, але це є некерований параметр, оскільки ціна на пальне залежить від ціни на нафту. Розрахунок витрат пального транспортним засобом будемо проводити відповідно до [195, 290].

Еколого-економічний збиток від забруднення довкілля шкідливими викидами забруднюючих речовин від двигунів внутрішнього згоряння транспортних засобів залежать в першу чергу від Євро-класу транспортного засобу [12]. Тобто чим менше двигун викидає в довкілля поллютантів тим меншим буде екологічний збиток довкіллю, відповідно заміна транспортного засобу на більш «зелений» мінімізує негативний вплив на довкілля.

Еколого-економічний збиток від забруднення довкілля транспортними засобами будемо проводити відповідно методики визначення рівня забрудненості навколишнього середовища автомобілями відповідно до норм Euro представленої в методичних

вказівках «Оцінювання автомобільного транспорту як джерела шкідливих речовин».

Логістичні витрати на транспортування ТКВ та відходів руйнації залежать від транспортно-експлуатаційних показників вантажівок. Від Євро-класу транспортного засобу залежить витрата палива та викиди шкідливих речовин, що відповідно визначають еколого-економічний збиток довкіллю. Вантажопідйомність є не менш важливим критерієм, оскільки від нього залежить скільки їздок має зробити транспортний засіб, щоб доставити необхідну масу вантажу у визначене місце.

Еколого-економічну ефективність системи поводження з ТКВ та відходів руйнації можна визначити як сукупність еколого-економічного збитку завданому навколишньому середовищу, відповідно чим менший збиток, тим ефективніше система поводження з відходами (8):

$$\sum EEZ \rightarrow \min \quad (19)$$

Під час визначення ефективності системи поводження з ТКВ та відходів руйнації слід враховувати подальші збитки довкіллю (при розміщенні пляшок на звалищі) та наявність чи відсутність прибутку від даної діяльності.

Головні висновки. Таким чином, в результаті досліджень сформована концептуальна модель екологічно-безпечної інноваційної логістичної системи управління поводження з відходами для територіальних громад. Запропонована схематична модель логістичної системи функціонування регіонального плану поводження з відходами для ОТГ із включенням координаційного агенту для управління поводженням з відходами для забезпечення управління всіма логістичними потоками ТКВ та відходів руйнації – фінансовими, матеріальними, інформаційними. Для комплексної оцінки впливу системи транспортування, розміщення і переробки ТКВ та відходів руйнації запропоновано набір критеріїв, який включає матеріально-технічні критерії, критерії професійних вимог, фінансово-економічні критерії, екологічні критерії та соціальні критерії. Кожна група критеріїв характеризується множиною локальних критеріїв, що дозволяє здійснити вибір бізнес-структури перевізника для транспортування ТКВ та відходів руйнації при оптимізації логістичної системи поводження з відходами.

Література

1. Управління відходами: вітчизняний та зарубіжний досвід: посіб. / [О.І. Бондар, В.Є. Барановська, М.О. Баринов та ін.]; за ред. О.І. Бондаря. К.: Айва Плюс Лтд, 2008. 196 с.
2. Воробйов А.Е., Чекушина Е.В. Принципи управління твердими побутовими відходами. Співпраця для вирішення проблеми відходів: Зб. наук. праць. Харків: ХНЕУ, 2009. С. 65–69.
3. Коцюба І.Г., Хрутьба В.В. Методологія екологічного краудсорсингу у сфері поводження з відходами. Науково-практичний журнал «Екологічні науки». 2019. Вип. 2(25). С. 203–205.
4. Podchashinskiy, Y., Kotsiuba, I., Yelnikova, T. (2017). Math modeling and analysis of the impact of municipal solid waste landfill leachate on the environment. Східно-Європейського журналу передових технологій, 1 (10). р. 4–10.
5. Kotsiuba I., Lyko S., Lukianova V., Anpilova Y. Computational dynamics of municipal wastes generation in Zhytomyr city. Збірник наукових праць: Екологічна безпека та природокористування. № 1(25), 2018. С. 33–44.

6. Коцюба І. Г., Щербатюк А. Ф., Годовська Т.Б. Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси», Харків: НТУ «ХПІ». 2016. № 7 (1179). С. 95–100.
7. Коцюба І.Г., Лефтер Ю.О., Нонік Л.Ю., Єльнікова Т.О., Герасимчук О.Л. Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). С. 166–170. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.28>
8. Silvia Cosimato, Orlando Troisi The Influence of Green Innovation in Logistics Competitiveness and Sustainability. The DHL Case Study. Liverpool (2014): 17th Toulon-Verona Conference “Excellence in Services”. 28–29 august, 2014. P. 95–112.
9. Long D. Nghiem, Faisal I. Hai, Andrzej Listowski. Water reclamation and nitrogen extraction from municipal solid waste landfill leachate. *Desalination and Water Treatment*. 2016. Vol. 57, Issue 60. P. 29220–29227. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2016.1169949>.
10. Seung-Kyu Chun, Nack-Joo Kim. The Effect of Leachate and Organic Waste Water Injection on Decomposition Characteristics of Landfill Waste. *Journal of Korea Society of Waste Management*. 2012. Vol. 29. No. 8. P. 697–704. <https://doi.org/10.9786/kswm.2012.29.8.697>.
11. Melnyka, A. Kuklińska K., Wolskaa L., Namieśnika J. Chemical pollution and toxicity of water samples from stream receiving leachate from controlled municipal solid waste (MSW) landfill. *Environmental Research*. 2014. Vol. 135. P. 253–261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.09.010>.
12. Kotsiuba I., Herasymchuk O., Shamrai V., Lukianova V., Anpilova Y., Rybak O., Lefter I. A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24(1). P. 55–66.
13. Khrutba V., Morozova T., Kotsiuba I., Shamrai V. Simulation Modeling for Predicting the Formation of Municipal Waste. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. MODS 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1265. Springer, Cham. 2021. P. 24–35. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_3
14. Коцюба І., Лико С., Луцянова В., Анпілова Ю. Науково-теоретичне обґрунтування накопичення твердих побутових відходів Житомирщини. Збірник наукових праць: Екологічна безпека та природокористування, Київ. № 4 (36). 2020. С. 56–65.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАЗЕМНОЇ ВЕГЕТАТИВНОЇ СФЕРИ ВИДІВ РОДУ *SEDUM* L. ТА *HYLOTELEPHIUM* H. OHBA ЗА ІНТРОДУКЦІЇ В КРИВОРІЗЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ САД НАН УКРАЇНИ

Чипиляк Т.Ф.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг
chipiljak@i.ua

Визначені особливості формування наземної вегетативної сфери видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba протягом сезонного розвитку в умовах Криворіжжя. Об'єктами дослідження слугували рослини *Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *Sedum aizoon*, *S. album*, *S. reflexum* та *S. spurium*, які вирощувалися у ґрунті (чорнозем звичайний) на одному місці протягом останніх 5 років за природного рівня вологозабезпечення. В умовах інтродукції зимово-зелені, наземно-повзучі види *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium*, які є хамефітами, характеризувалися активним пагоноутворенням і галузненням пагонів протягом всього вегетаційного періоду. У даних видів зимують всі пагони, що сформувалися до зими і базальні частини генеративних пагонів. На другий рік життя головний пагін набуває горизонтального положення, вкорінюється у міжвузлях, втрачає листки і виконує функцію епігеогенного кореневища. У весняно-літньо-осінньозелених, кущових очитків *H. spectabile*, *S. aizoon* (гемікриптофіти) на рослинах формуються вегетативно-генеративні пагони, які в кінці вегетаційного сезону відмирають, а зимують лише їх базальна частина. На основних однорічних пагонах рослин *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium* формується значна кількість пагонів другого порядку. Найбільше таких пагонів (в кожному другому вузлі) утворюється у *S. album*, найменше – у *S. spurium* (в 10–12-му вузлі). На рослинах *H. spectabile* формувалися лише монокарпічні пагони першого порядку. *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* характеризувалися вкороченими міжвузлями і значною кількістю дрібних листків на пагонах. Для *H. ewersii* характерним є формування вкорочених міжвузель в базальній частині пагону і, майже, в 2 рази довших на верхній частині пагону, тоді як всім іншим видам притаманна протилежна тенденція. У *S. reflexum* була зафіксована найбільша кількість листків, але довжина пагону та розмір листків у *S. reflexum* найменші серед вивчених очитків. Подальші дослідження має сенс зосередити на визначенні стійкості і раціонального використання видів, форм та сортів *Sedum* і *Hylotelephium* в урболандшафтах степової зони України. **Ключові слова:** морфологія, наземна сфера, сезонний розвиток, *Sedum*, *Hylotelephium*, Криворіжжя.

Features of the formation of the terrestrial vegetative sphere of species of the genus *Sedum* L. and *Hylotelephium* H. Ohba during the introduction to the Kryvyi Rih botanical garden of the NAS of Ukraine. Chypyliak T.

The peculiarities of formation of terrestrial vegetative sphere of species of the genus *Sedum* L. and *Hylotelephium* H. Ohba during seasonal development in the conditions of Krivorizhzhia were determined. The objects of study were the plants *Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *Sedum aizoon*, *S. album*, *S. reflexum* and *S. spurium*, which were grown in the soil (black earth is ordinary) in one place during the last 5 years at the natural moisture level. Under the conditions of introduction, the winter-green, terrestrial creeping species *S. album*, *S. reflexum* and *S. spurium*, which are chamephytes, were characterized by active shoots formation and branching of shoots during all vegetation period. In these species, all shoots formed by winter and the basal parts of generative shoots overwinter. In the second year of life, the main shoot acquires a horizontal position, takes root in the internodes, loses its leaves and performs the function of an epigeogenic rhizome. In spring-summer-autumn-green, bush-like stonecrops *H. spectabile*, *S. aizoon* (hemicyptophytes), vegetative-generative shoots form on plants, which die off at the end of the growing season, and only their basal part overwinters. On the main annual shoots of plants *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, a significant number of shoots of the second order are formed. The largest number of such shoots (in every second node) is formed in *S. album*, the smallest – in *S. spurium* (in the 10–12th node). Only monocarpic shoots of the first order were formed on *H. spectabile* plants. *S. album*, *S. reflexum*, and *S. spurium* were characterized by shortened internodes and a significant number of small leaves on the shoots. *H. ewersii* is characterized by the formation of shortened internodes in the basal part of the shoot and almost 2 times longer on the upper part of the shoot, while the opposite tendency is characteristic of all other species. The largest number of leaves was recorded in *S. reflexum*, but the shoot length and leaf size in *S. reflexum* are the smallest among the studied stonecrops. It makes sense to focus further research on determining the sustainability and rational use of *Sedum* and *Hylotelephium* species, forms and varieties in the urban landscapes of the steppe zone of Ukraine. **Key words:** morphology, terrestrial sphere, seasonal development, *Sedum*, *Hylotelephium*, Krivorizhzhia.

Постановка проблеми. Головною живою складовою, за допомогою якої можливо оптимізувати антропогенні ландшафти є культурна урбановісність, але мінливі умови оточуючого середовища зумов-

люють зміну життєвих та декоративних показників багаторічних рослин, які використовуються в озелененні. В зв'язку з цим міські ландшафти промислових регіонів степової зони України, в тому числі

і на Криворіжжі, все більше втрачають свою привабливість, а культурна флора не спроможна виконувати середовищеві функції [1–4]. Збільшення частоти та інтенсивності періодів посухи в умовах Степу України вимагає пошуків нових малопоширених видів рослин з високою екологічною пластичністю, пристосованих до екстремальних кліматичних умов й невибагливих в догляді, що дозволить значно поліпшити якісну структуру «зелених» насаджень [5]. Відомо, що адаптація рослин до змінених кліматичних умов проявляється в особливостях сезонного розвитку, змінах морфологічних і анатомічних структур та фізіологічних реакцій, а результатом морфогенезу рослини в цілому є її життєва форма та габітус [6; 7; 8]. Тому відбір трав'янистих декоративних багаторічних рослин необхідно здійснювати на основі наукового прогнозування їх адаптаційної спроможності та життєздатності, а основою для оновлення асортименту можуть слугувати різноманітні види, форми та сорти зібрані в колекціях ботанічних садів [9; 10].

Актуальність дослідження. Одними з таких перспективних інтродуцентів є види родів *Sedum* L. і *Hylotelephium* H. Ohba, які давно використовуються в культурі, є невибагливими до ґрунтових умов і досить посухостійкими, а більшість видів придатна до широкого впровадження не тільки у декоративне садівництво, а і у фітомеліорацію та фармакогнозію [11; 12; 13]. Натомість асортимент видів та сортів, які використовуються на Україні, обмежений та потребує розширення. Отже, актуальним є вивчення еколого-біологічних особливостей та перспектив використання видів роду *Sedum* і *Hylotelephium* в озелененні населених місць Правобережного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтродукційні дослідження представників родини Crassulacea J.St.-Hil., до якої відносять роди *Sedum* і *Hylotelephium*, стосуються в основному систематики видів, таксономії, біології та біохімії і, зазвичай, носять прикладний характер [14; 16; 17]. Тоді як, завдяки своїм ефектним квіткам, листю та порівняно легким розмноженням вони заслуговують уваги як декоративний матеріал вирощуваний в різноманітних кліматичних умовах. Так, наприклад, низькорослі очитки широко застосовуються як ґрунтопокривні рослини в озелененні кам'янистих та піщаних ділянок, для оформлення бордюрів, “зелених дахів”, в якості декоративних композицій у рокаріях та контейнерній культурі [18]. На території України різнобічні дослідження видів роду *Sedum* проведені в умовах Лісостепу [19; 20; 21], але до сьогодні вивчення вищезазначених представників родин не проводилося на території степової зони України.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна. Доведено, що в умовах культури відбувається інтенсифікація життєвих процесів у багато-

річних рослин і це виявляється саме у фенотипічних змінах їх вегетативних та генеративних органів [22]. З огляду на те, що наземна сфера рослини являє собою складну систему пагонів різних порядків, які відрізняються між собою за віком і ступенем сформованості то саме вивчення її морфологічних характеристик є важливим. Тому для визначення адаптаційної спроможності та рівня декоративності малопоширених в культурі видів родини Crassulaceae в кліматичних умовах Правобережного Степу України необхідним є виявлення особливостей формування наземної вегетативної сфери видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba протягом сезонного розвитку в умовах Криворіжжя.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктами дослідження слугували рослини видів *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba., *H. spectabile* (Boreau) H. Ohba., *Sedum aizoon* L., *S. album* L., *S. reflexum* L. та *S. spurium* M. Bieb., які вирощувалися у ґрунті (чорнозем звичайний) на одному місці протягом останніх 5 років за природного рівня вологозабезпечення. З кожної особини було відібрано по 25 вегетативних і 25 генеративних повністю розвинених пагонів, а також по 25 листків з середньої частини річного пагону. Морфометричні проміри проводили стандартизованою металевою лінійкою з точністю до 1 мм та стандартною лінійкою бінокулярної лупи з точністю до 0,1 мм. Для кожного показника введено три значення, які охоплюють близько 70% діапазону його мінливості – крайні значення були відкинуті, а з тих, що найчастіше трапляються, внесені менші, більші та середні показники. Статистичну обробку даних проводили методами параметричної статистики за О.О. Єгоршиним [23]. Статистична значимість була встановлена на рівні $p < 0,05$.

Викладення основного матеріалу. За літературними джерелами [24–26] та попередніми інтродукційними дослідженнями [27] визначені життєва форма, феноритмотип та морфологічні особливості видів за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України. Так, *Hylotelephium ewersii* – трав'янистий сукулент, хамефіт, весняно-літньо-осінньозелений. Цвіте у серпні-вересні. Надземні пагони висхідні, галузисті, дерев'яністі біля основи, пурпурово-коричневого кольору. Листки сизо-зеленого кольору з коричневим кантом по краю, сидячі, від яйцевидної до кулястої форми, цільнокраї. *H. spectabile* – трав'янистий сукулент, гемікриптофіт, весняно-літньо-осінньозелений. Цвіте з кінця серпня до жовтня. Прямостоячі монокарпічні пагони вегетативно-генеративні, улиснені крупними листками. Листки світло-зеленого кольору, вузько-еліптично- або широко-яйцеподібно-видовжені, з цільним краєм і округлою вершиною. *Sedum aizoon* – трав'янистий сукулент, гемікриптофіт, весняно-літньо-осінньозелений. Квітує у червні-липні. Вегетативно-генеративні пагони прямостоячі, не галузисті. Листки світло-зелені, сидячі, продовгувато-лан-

цетні до лінійних, звужені до тупуватої верхівки, по краю пильчато-зубчасті, плоскі. *S. album* – трав’янистий сукулент, хамефіт, зимово-зелений, наземно-повзучий, з зимуючими, анізотропними, сильно галузистими вегетативними пагонами. Листки еліптичні, видовжені, тупі, оливкового кольору з червоними кінчиками. *S. reflexum* – трав’янистий сукулент, хамефіт, зимово-зелений. Квітує у червні – липні. Вегетативні пагони дициклічні, анізотропні. Сизо-зелені листки майже циліндричні, з тупим кінцем. *S. spurium* – трав’янистий сукулент, хамефіт, зимово-зелений, квітує в червні. Вегетативні пагони анізотропні, генеративні – ортотропні. Листки темно-зелені, обернено-яйцевидні, плоскі, несправжньо-черешкові.

Аналіз даних отриманих наприкінці вегетаційного розвитку (жовтень) показав, що особливістю наземно-повзучих очитків (*Sedum album*, *S. reflexum*, *S. spurium*) є активне пагоноутворення і формування на основних однорічних пагонах значної кількості пагонів II порядку (табл. 1). Найбільше таких пагонів, практично в кожному другому вузлі, утворюється у *S. album*, що говорить про його високу вегетативну рухливість – в місці формування пагонів II порядку зі сторони дотичної з ґрунтом відбувається вкорінення пагону I порядку.

Найменше пагонів II порядку нараховувалося у *S. spurium* (в середньому по 3 шт.), які формувалися переважно у 10–12-му вузлі. Але для виду характерно утворення найдовшого пагону серед означених очитків, що зумовлювалося видовженими міжвузлями в базальній частині пагону. У даної групи седумів кількість міжвузль на монокарпічних вегетативних пагонах коливалася від 18 (*S. album*) до 23 шт. (*S. reflexum*).

Серед групи кущових очитків (*Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *S. aizoon*) найбільші розміри пагону, довжини і кількості міжвузль за середніми показниками притаманні *H. spectabile*, який в наших умовах може сягати 50 см заввишки. Але, на відміну двох інших видів, на рослинах *H. spectabile* на основному монокарпічному пагоні не утворювалися

пагони II чи III порядків (дивись табл. 1, рис. 1). У *H. ewersii* та *S. aizoon* довжина пагонів (від 18 до 22 см) та кількість міжвузль (18–20 шт.) була практично однаковою.

Відзначимо, що для *H. ewersii* характерним є формування вкорочених міжвузль в базальній частині пагону і майже в 2 рази довших на верхній частині пагону, тоді як всім іншим видам притаманна протилежна тенденція.

Дослідження особливостей морфобудови листків очитків підтверджує різноманітність їх форми та розмірів (рис. 2). За улисненістю пагонів переважали наземно-повзучі види очитків.

У *S. reflexum* була зафіксована найбільша кількість листків, які розташовані на пагоні почергово на 6–7-ми повздовжніх осях (табл. 2). При цьому довжина пагону та розмір листків у *S. reflexum* найменші серед вивчених очитків. У *S. album* на вегетативних пагонах листкорозміщення чергове (на 5–6-ти повздовжніх осях) і така ж, як у вищезгаданого виду, довжина листків, проте листові пластинки відрізняються за товщиною. На рослинах *S. spurium* листки розташовані на пагоні попарно супротивно і вони є найбільші за розмірами.

Серед кущових очитків найбільша кількість листків зафіксована у рослин *H. ewersii* (листорозміщення супротивне), але вони дрібніші ніж у інших видів групи. У *H. spectabile* і *S. aizoon* листкорозміщення на пагонах в основному чергове, іноді зустрічалося супротивне або 3-мутовчате. Кількість листків на пагоні коливалася від 17 до 21 шт.

Підсумовуючи зазначимо, що в умовах інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України зимово-зелені, наземно-повзучі види *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* характеризувалися вкороченими міжвузлями, густою улисненістю пагонів і дрібними листовими пластинкам. Проте, морфометричні показники надземної частини зимово-зелених очитків в 1,3–1,5 рази перевищували показники природних місцезростань [9; 10; 17; 18; 25]. Крім того, у даних видів відбувалося активне пагоноутворення і галузнення пагонів (іноді до III порядку) протягом всього

Таблиця 1

Морфологія монокарпічних пагонів видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України

Вид	Кількість пагонів II порядку, шт.	Довжина пагону I порядку, см	Кількість міжвузль, шт.	Довжина міжвузль, см	
				базальна частина пагону	верхня частина пагону
<i>H. ewersii</i> (Ledeb.) H. Ohba	3,0±0,62	21,6±0,83	19,5±0,60	0,7±0,03	1,3±0,09
<i>H. spectabile</i> (Boreau) H. Ohba	–	44,3±2,70	23,7±2,33	3,0±0,15	2,1±0,06
<i>S. aizoon</i> L.	1,5±0,24	18,5±0,63	19,6±0,80	2,2±0,09	1,6±0,12
<i>S. album</i> L.	10,2±0,88	11,6±0,61	18,0±0,77	0,7±0,03	0,4±0,03
<i>S. reflexum</i> L.	5,6±0,68	9,8±0,42	22,5±0,99	0,6±0,03	0,4±0,03
<i>S. spurium</i> M. Bieb.	2,9±0,61	12,2±0,36	21,0±0,93	1,1±0,06	0,6±0,03

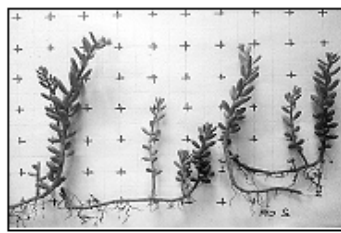
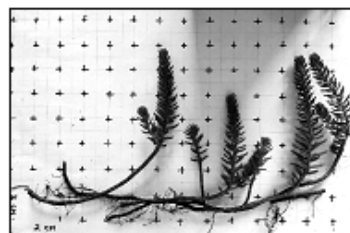
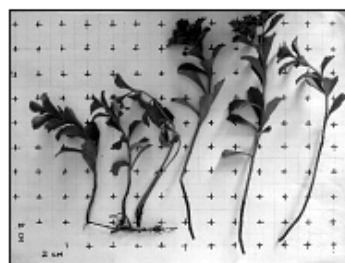
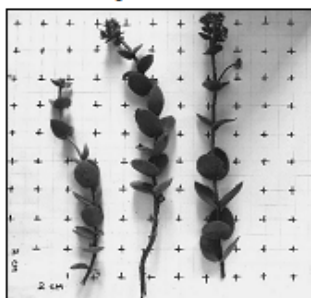
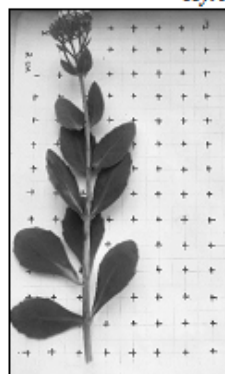
*Sedum album* L.*Sedum reflexum* L.*Sedum spurium* M. Bieb.*Sedum aizoon* L.*Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba*H. spectabile* (Boreau) H. Ohba

Рис. 1. Особливості пагоноутворення видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України

вегетативного періоду. На рослинах зимують всі улишені пагони, що розвинулися до зими і базальні частини генеративних пагонів. На другий рік життя головний пагін набуває горизонтального положення, вкорінюється у міжвузлях, дерев'яніє, втрачає листки і виконує функцію епігеогенного кореневища. В подальшому це відбувається і на бічних пагонах першого-другого порядку. Такий інтенсивний ріст вегетативних пагонів, їх вилягання та вкорінення призводить до швидкої дезінтеграції системи пагонів, що вимагає омолодження рослин кожні 3–4 роки.

У весняно-літньо-осінньозелених, кущових очитків *H. spectabile* та *S. aizoon* листові пластинки були більші за розмірами, а їх кількість на пагоні менша ніж у інших досліджуваних очитків. Під час сезонного розвитку на рослинах формуються вегетативно-генеративні пагони, які в кінці вегетативного сезону відмирають, а зимує лише їх базальна частина.

Висновки. Таким чином, до особливостей формування наземної вегетативної сфери видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України відно-

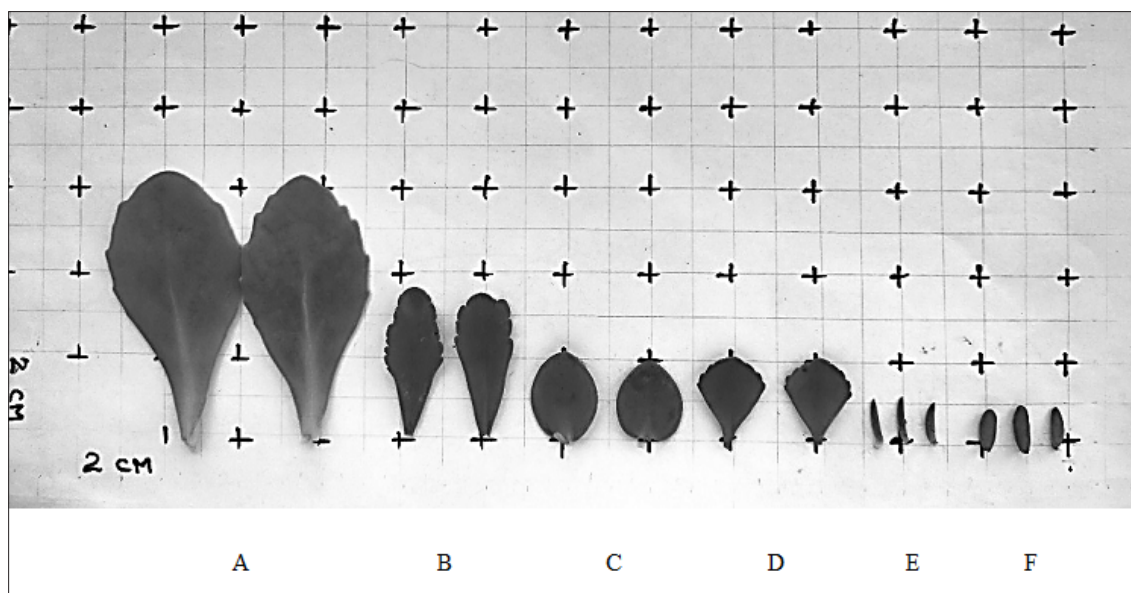


Рис. 2. Листки видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України: А – *H. spectabile* (Boreau) H. Ohba., В – *Sedum aizoon* L., С – *H. ewersii* (Ledeb.) H. Ohba., D – *S. spurium* M.Bieb., E – *S. reflexum* L., F – *S. album* L.

Таблиця 2

Окремі показники морфології листка видів роду *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України

Вид	Кількість листків на пагоні, шт.	Довжина 4-6-го листка, см	Ширина 4-6-го листка, см
<i>H. ewersii</i> (Ledeb.) H. Ohba	21,0±0,45	1,6±0,02	1,4±0,02
<i>H. spectabile</i> (Boreau) H. Ohba	20,7±0,56	6,3±0,08	3,1±0,04
<i>S. aizoon</i> L.	17,6±0,73	2,8±0,06	1,3±0,03
<i>S. album</i> L.	100,3±3,01	1,2±0,02	0,4±0,01
<i>S. reflexum</i> L.	144,0±0,45	1,2±0,03	0,2±0,01
<i>S. spurium</i> M. Bieb.	42,2±0,82	2,3±0,05	1,6±0,03

симо активне пагоноутворення у *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* протягом всього вегетативного періоду і формування на основних однорічних пагонах значної кількості пагонів II порядку. Найбільше таких пагонів формує *S. album*, що призводить до його високої вегетативної рухливості. Для *H. ewersii* характерним є формування вкорочених міжвузлів в базальній частині пагону і майже в 2 рази довших на верхній частині пагону, тоді як всім іншим дослідженим видам притаманна протилежна тенденція. У *S. reflexum* була зафіксована найбільша кількість листків, але довжина пагону та розмір листків у *S. reflexum* найменші серед вивчених очитків. Для у *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* характерно збільшення у 1,3–1,5 рази морфометричних показників надземної частини в порівнянні з природними ареалами.

Перспективи використання результатів дослідження. Подальші дослідження має сенс зосередити на визначенні функціональної стійкості і раціонального використання видів, форм та сортів *Sedum* і *Hylotelephium* в урболандшафтах степової зони України. Адже їх більшість придатна до широкого впровадження у декоративне садівництво в складних умовах урболандшафтів Криворіжжя. На нашу думку, результати таких досліджень допоможуть вирішенню питань практичного квітництва й ландшафтного дизайну. Передбачається розробка рекомендацій щодо ефективного використання представників родових комплексів *Sedum* і *Hylotelephium* в умовах промислового регіону з метою створення стійких та ефективних культурфітоценозів.

Література

1. Екофлора України / відпов. ред. Я. П. Дідух. Київ : Фітосоціоцентр. 2000. Т. 1. 480 с.
2. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: Причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12
3. Недуха О. М. Клітинна оболонка і фактори середовища. Київ : Альтерпрес. 2015. 291 с.

4. Квітниково-декоративне оформлення парків та скверів м. Кривий Ріг. Рекомендації щодо його поліпшення / Т. Ф. Чипиляк, М. Ю. Мазура, О. О. Береславська, О. М. Лещенюк. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 24.4. С. 164–169.
5. Sharon B. Gray, Siobhan A. N., Brady M. Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*. 2016. Vol. 419. P. 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2016.07.023>
6. Bahuguna R. N. & Jagadish K. SV. Temperature regulation of plant phenological development. *Environmental and Experimental Botany*. 2015. Vol. 111. P. 83–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.10.007>
7. Bano Ch., Amist N., Singh N.B. Morphological and anatomical modifications of plants for environmental stresses. In: Roychoudhury A. & Tripathi D. (ed) *Molecular plant abiotic stress: Biology and biotechnology*. John Wiley & Sons, Ltd. 2019. Vol. 2. 29–45. <https://doi.org/10.1002/9781119463665.ch2>.
8. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress / Anjum S. A., Xie X. – Y., Wang L. – C. et al. *African Journal of Agricultural Research*. 2011. Vol. 6(9). P. 2026–2032. <http://www.academicjournals.org/AJAR> DOI: 10.5897/AJAR10.027 ISSN 1991-637X
9. Hart H., Bleij B. *Sedum*. Illustrated handbook of succulent plants: Crassulaceae / ed. Eggli U. Berlin, Heidelberg & New York : Springer. 2003. P. 235–332.
10. Darke Rick. The encyclopedia of grasses for livable landscapes. Portland : TimberPress, Inc. 2007. 487 p.
11. Butler C., Orians C. M. *Sedum* cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof. *Ecological Engineering*. 2011. Vol. 37(11). P. 1796–1803. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.025>.
12. Responses of morphology and drought tolerance of *Sedum lineare* to watering regime in green roof system: a root perspective / J. Lu, J. G Yuan, J. Z Yang, Z. Y Yang. *Urban for Urban Green*. 2014. Vol. 13. P. 682–688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2014.08.003>
13. Gallo L., Zika P. F. A taxonomic study of *Sedum* series *Rupestris* (Crassulaceae) naturalized in North America. *Phytotaxa*. 2014. Vol. 175(1). P. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.175.1.2>.
14. Mifsud S., Stephenson R., Thiede J. *Sedum album* subsp. *rupi-melitense* (Crassulaceae), a new vegetative reproducing subspecies from Malta (Maltese Islands, Central Mediterranean). *Phytotaxa*. 2015. Vol. 227(2). P. 135–146. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.227.2.3>
15. Morphological and Physiological Changes in *Sedum spectabile* during Flower Formation Induced by Photoperiod / C Yang., X. Wang, Y. Qin, X. Sun et al. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2015. Vol. 43(2). P. 426–431. <https://doi.org/10.15835/nbha4329824>.
16. Anti-inflammatory, anti-angiogenic and anti-nociceptive activities of *Sedum sarmentosum* extract / H.-J. Jung, H.-J. Kang, Y. S. Song. E.-H. Park et al. *Journal of Ethnopharmacology*. 2008. Vol. 116. P. 138–143. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.014>
17. *Sedum caucasicum* (Grossh.) Boriss. *Sedum spurium* M. Bieb. Crassulaceae / K. Batsatsashvili, N. Mehdiyeva, Z. Kikvidze, M. Khutsishvili. / Editors: R. W. Bussmann. *Ethnobotany of the Caucasus*. 2017. P. 1–7. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-50009-6_128-1
18. Responses of succulents to drought : Comparative analysis of four *Sedum* (Crassulaceae) species / A. Koźmińska, M. Al Hassan, A. Wiszniewska, E. Hanus-Fajerska. *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 243(3). P. 235–242. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.028>
19. Березкіна В. І. Біологічні особливості інтродукованих видів роду *Sedum* L. (Crassulaceae DC.) та перспективи їх використання в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2003. 21 с.
20. Березкіна В. І. Особливості анатомо-морфологічної будови вегетативних органів видів секції *Sedum* роду *Sedum* L. (Crassulaceae DC.) *Modern Phytomorphology*. 2013. № 4. С. 299–301.
21. Еколого-біологічні особливості інтродукованих видів роду *Sedum* L. в умовах Правобережного Лісостепу України / І. М. Пушка, Ю. А. Величко, М. Ю. Осіпов, І. В. Козаченко. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109. Ч. 1. С. 212–218. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.31>.
22. Булах П.Є. Інтенсифікація життєвих процесів у рослин в умовах культури як результат їх адаптації до нових чинників середовища. *Інтродукція рослин*. 2016. № 2. С. 3–11.
23. Єгоршин О. О. Лісовий М. В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків : Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2005. 193 с.
24. Illustrated Handbook of Succulent Plants: Crassulaceae. / series ed. Urs Eggli, Heidrun E.K. Hartmann. Berlin : Heidelberg New York Springer. 2005. P. 135–142. <https://www.springer.com/series/4452>
25. Lee K.B., Yoo Y.G., Park K.-R. Morphological Relationships of Korean species of *Sedum* L. subgenus *aizoon* (Crassulaceae). *Korean Journal of Plant Taxonomy*. 2003. 33(1). P. 1–15. <http://dx.doi.org/10.11110/kjpt.2003.33.1.001>
26. Морфологія рослин з основами анатомії та цитоембріології / Ю. О. Войтюк, Л. Ф. Кучерява, В. А. Баданіна, О. В. Брайон. Київ : Фітосоціоцентр, 1998. 216 с.
27. Зубровська О.М. Особливості інтродукції видів роду *Sedum* L. в умовах степової зони України. Екологічні науки. – 2022. Вип. 5, № 44. С. 191–196. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.28>.

ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ: ВЗАЄМОДІЯ СУСПІЛЬСТВА І ПРИРОДИ

Пилипчук О.Я.¹, Пічкур Т.В.¹, Пилипчук О.О.¹, Дефорж Г.В.²

¹Державний університет інфраструктури та технологій МОН України
вул. Кирилівська, 9, 04071, м. Київ

²Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка
вул. Шевченка, 1, 25006, м. Кропивницький
olegpilipchuk47@gmail.com, deforzhav@gmail.com

У даній статті розглядається проблема взаємодії суспільства і природи, яка стала особливо актуальною починаючи з останніх десятирічч XX ст. Вона привернула увагу не тільки вчених і філософів, а й широкої світової громадськості – громадських, державних, релігійних діячів, журналістів, юристів, економістів, дипломатів, представників різних видів мистецтв і літератури. Виникли і активно функціонують такі міжнародні організації як Римський клуб, Всесвітній рух зелених (Грінпіс) та інші. Екологічні проблеми обговорюються на рівні парламентів і урядів, в ООН, на Всесвітніх і міжнародних форумах. Вони зайняли гідне для них місце в системі глобальних проблем сучасності.

Виникнення глобальних проблем сучасності пов'язано з інтегративними процесами розвитку людства, з оформленням його у цілісну систему, внутрішньо диференційовану систему, окремі ланки і під системи якої, перебуваючи у складному, інколи суперечливому взаємовідношенні одна з одною, активно впливають одна на другу, обумовлюючи розвиток світового співтовариства як цілого. Найважливішою складовою детермінації світового розвитку є науково-технічний прогрес і його вплив на процеси соціально-економічного і геополітичного розвитку.

Найбільш тісно пов'язані з іншими сферами культури проблеми виникнення і розвитку життя, і проблеми людини. Цей взаємозв'язок знаходить відображення в таких сферах культури як філософія, релігія, література і мистецтво. Різним аспектам біологічної природи людини слід присвячувати спеціальні дослідження, в яких слід відзначати як загальні людині із живими істотами риси, так і специфічні особливості будови, функціонування і розвитку людського організму, основні етапи його онто- і філогенетичного розвитку.

Однією з корінних особливостей людини, які відрізняють її від інших живих істот є те, що вона не просто адаптується до життя в певному середовищі, а активно пристосовує це середовище до свого життя, створює штучний світ свого проживання – культуру в широкому змісті слова.

Таке створення людиною штучного світу характеризується великими складнощами і протиріччями, які загрожують самому існуванню людини. Свідченням цього є низка криз, які переживає сучасна цивілізація, об'єднаних під загальною назвою глобальних проблем сучасності. Однією із найбільш важливих серед них є глобальна екологічна криза, вихід з якої може бути знайдений на шляху стійкого розвитку людства.

У статті представлені роздуми авторів про взаємостосунки науки і культури, про місце науки і духовного життя суспільства в системі культури як цілісному утворенні. У статті відображені не тільки сьогоденні уявлення авторів з означеної теми, а й досвід викладання дисципліни екологічного циклу у вузах України. Автори мають надію, що їхня стаття буде корисною і студентам і аспірантам під час підготовки і здачі кандидатського іспиту із навчального предмету «Екологія». *Ключові слова:* глобальна екологія, екологізація залізничного транспорту, економічна сутність природоохоронної діяльності, екологічний менеджмент, екологічний маркетинг.

Global ecology: interaction of society and nature. Pylypchuk O., Pichkur T., Pylypchuk O., Deforge G.

This article examines the problem of interaction between society and nature, which has become especially relevant since the last decades of the 20th century. It attracted the attention not only of scientists and philosophers, but also of the wider world audience – public, state, religious figures, journalists, lawyers, economists, diplomats, representatives of various types of arts and literature. Such international organizations as the Club of Rome, the World Green Movement (Greenpeace) and others have emerged and are actively functioning. Environmental problems are discussed at the level of parliaments and governments, at the UN, at world and international forums. They have taken their rightful place in the system of global problems of our time.

The emergence of global problems of modern times is connected with the integrative processes of the development of mankind, with its formation into a coherent system, an internally differentiated system, individual links and sub-systems of which, being in a complex, sometimes contradictory relationship with each other, actively influence each other, determining the development of the world community as a whole. The most important component of the determination of world development is scientific and technical progress and its influence on the processes of socio-economic and geopolitical development.

The most closely related to other spheres of culture are the problems of the origin and development of life, and human problems. This relationship is reflected in such areas of culture as philosophy, religion, literature and art. Special studies should be devoted to various aspects of human biological nature, in which both common features of humans and living creatures should be noted, as

well as specific features of the structure, functioning and development of the human organism, the main stages of its ontological and phylogenetic development.

One of the basic features of a person, which distinguishes him from other living beings, is that he does not simply adapt to life in a certain environment, but actively adapts this environment to his life, creates an artificial world of his residence – culture in the broadest sense of the word.

This creation of an artificial world by man is characterized by great difficulties and contradictions, which threaten the very existence of man. This is evidenced by a number of crises experienced by modern civilization, united under the common name of global problems of modernity. One of the most important among them is the global environmental crisis, the way out of which can be found on the path of sustainable human development.

The article presents the authors reflections on the relationship between science and culture, on the place of science and the spiritual life of society and in the system of culture as a whole. The article reflects not only the current ideas of the authors on the given topic, but also the experience of teaching ecological cycle disciplines in higher education institutions of Ukraine. The authors hope that their article will be useful to students and postgraduates during the preparation and passing of the candidacy exam in the specialty Ecology. *Key words*: global ecology, greening of railway transport, economic essence of environmental protection activities, ecological management, ecological marketing.

Постановка проблеми. Перші сигнали про глобальні небезпеки, які загрожують світові, про загострення екологічної обстановки у світі були сформульовані вченим і філософом Б. Расселом і А. Ейнштейном у їх сумісному Маніфесті (1955). Якщо спочатку цей рух виступав проти гонки озброєнь, за заборону атомної і термоядерної зброї, то в подальшому на перший план стає боротьба за чистоту повітря, за екологічну безпеку при використанні нових технологій, небувалих раніше потужних впливів на природу і її окремі ланки (використання атомної енергетики – Чорнобиль, вихід в космос, розвиток біотехнології, СПД тощо).

Актуальність дослідження. Поряд із суцільно практичними питаннями поступово починають захоплювати громадську увагу гуманістичні аспекти проблем взаємодії суспільства і природи, їх філософські аспекти, пов'язані із сучасним світобаченням, аксіологічні питання, категоріальний статус основних понять, що стали на порядок денний. Зрозуміло, що в обговоренні і вирішенні перелічених питань дуже значна роль відводилась біології. Революційні зміни у сучасній біології стали відбуватися у трьох різних точках цього наукового комплексу: на стику біології з науками про неорганічну природу, з науками про суспільство, і з науками про людину. При цьому, найбільш інтенсивно стали відбуватися зміни у висхідних настановах і принципах, перегляд існуючих парадигм здійснюється як би на двох полюсах широкого спектру біологічного знання: в дослідженні найбільш елементарних основ живої природи («дна життя») – молекулярна біологія, молекулярна генетика, біохімія фізіологічних процесів (моторних, трофічних, нейропсихічних), з одного боку. А з іншого боку – інтенсивно досліджуються будова, функціонування і розвиток біологічних макро- і мегасистем, вивчаються структура і динаміка біогеоценозів, ландшафтних утворень і біосфери загалом. При цьому істотним чином змінюється зміст, мета і основні завдання екології, однієї із гілок біології, створеної в 60-х роках ХІХ ст. відомим німецьким зоологом і дарвіністом Е. Геккелем та іншими дослідниками природи. Корені екології – в глибині історії.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Здійснення дослідження наукових поглядів на глобальну екологію і, зокрема, на проблему взаємодії суспільства і природи, забезпечує можливість подальшого вивчення цієї проблеми із зосередженням зусиль учених на розв'язанні ще не вирішених завдань. Також наші напрацювання є дотичними до держбюджетної теми «Екологія транспортної інфраструктури» кафедри екології та безпеки життєдіяльності» Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій МОН України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміни, які відбулися в цій галузі біології, обумовлені соціально-економічними перетвореннями в житті сучасного людства, що розгорнулися в середині ХХ ст. науково-технічною революцією і її соціогуманітарними наслідками. Глибоким змінам в наш час піддалися взаємовідносини суспільства і природи. Виявилися глибокі і гострі протиріччя між невгамовним бажанням людей і суспільств до задоволення постійно зростаючих потреб у використанні різних продуктів, речовин і сил природи (різноманітних природних ресурсів) та її здатністю задовільнити ці запити. Під впливом усіх цих обставин сам термін «екологія» став трактуватися дуже розширено і довільно. Вчені, письменники, журналісти піддали забуттю висхідний зміст терміну «екологія» – як належність її до природничих наук, як одну з гілок біології). Вони стали пояснювати екологію не як певного роду знання про природу, а як стан самої природи («гарна» і «погана» екологія, погіршення екології і т.д.), використовувати це поняття не тільки стосовно до природних, а й до суспільних явищ, не тільки до матеріальної, а й до духовної сфери дійсності (екологія духу, екологія культури тощо). Все це дало привід професійним екологам поставити наступні питання: «Так що це за наука така екологія? Етико-філософська концепція або форма захисту рослин і тварин? Політична течія? Рух протесту проти ядерної енергетики і забруднення? Неоромантичний смуток про повернення до Природи? Наукова дисципліна, яка відгалузилася

від біології? Що це: філософія, проповідь, міф чи наука?» [1]. З Франческо ді Кастрі погоджується не менш відомий сучасний професор Орлеанського університету, президент Федерації товариств охорони природи Франції П. Агесс: ««Екологія» – цей термін став таким же модним, як, наприклад, терміни навколишнє середовище і забруднення. Кожний дослідник, який бажає бути сучасним, займається екологією, однак проблеми, які цікавлять біолога, відрізняються від проблем, які розглядаються геофізиком, соціологом, юристом і економістом. Таким чином, кожний спеціаліст надає цьому терміну до такої міри різне значення, що спеціалісту стає важко визначити, що ж таке «екологія» [2].

Термін «екологія» був вперше використаний Ернстом Геккелем в його монографії «Загальна морфологія організмів» для позначення тієї галузі біології, яка займається вивченням стосунків організмів з навколишнім середовищем, до абіотичних і біотичних умов їх існування. Пізніше Е. Геккель дав наступне розгорнуте визначення екології цієї науки: «Під екологією ми розуміємо науку про економію, про домашній побут тваринних організмів. Вона досліджує загальні стосунки тварин як до їх неорганічного, так і до органічного середовища, їх дружніх і ворожих стосунків до інших тварин і рослин, з якими вони вступають у прямі і непрямі контакти, або, одним словом, усі ті заплутані взаємостосунки, які Дарвін умовно позначив як боротьбу за існування» [3, с. 11].

Однак коло питань взаємодії суспільства і природи виходить далеко за межі екології в традиційному розумінні змісті слова. Соціальна екологія – сфера пізнання взаємодії суспільства і природи, де вирішення щоденних господарських і технічних питань тісно переплітається з дослідженням перспективних економічних, соціальних, політичних, естетичних, моральних, філософських і природничо-наукових проблем.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою статті є спроба окреслити деякі контури світоглядних відмінностей для кращого розуміння основ традиційної культури, тобто системи мислення, де екологічність присутня в її існуванні

Новизна. Аналіз проблеми взаємодії суспільства і природи як складової глобальної екології вперше виступив як окреме дослідження.

Виклад основного матеріалу. У зв'язку із сказаним виникає серйозна методологічна проблема про співвідношення традиційної екології, як галузі біології (біоекології) із з наново сформульованою галуззю досліджень, яка «соціальною екологією», «анвайронменталістикою» (від англ. environment – навколишня обстановка, середовище), «ноогенікою» та іншими назвами. Суть цієї проблеми можна висловити наступними питаннями: чи означає виникнення соціальної екології, як просто розши-

рення сфери традиційної екології, чи якісну зміну об'єкту і предмета дослідження? Чи настає кінець традиційної екології з виникненням соціальної екології? Чи можуть, і в якій мірі, основні ідеї і принципи біологічної екології бути використані в більш ширшій предметній галузі дослідження – соціальній екології? Відповідь на ці питання читач може знайти у статті О.Г. Михайлика. «Морально-естетичне ставлення людини до природи – важливий елемент екологічної культури сучасного суспільства» [4].

У монографії М.С. Кагана «Філософія культури» (1990) проаналізовано взаємостосунки культури і природи, яким присвячено окремий розділ під назвою «Екологічні аспекти культури». Ці стосунки складні і багатогранні. Згідно автора монографії «стосунки культура – природа» мають різні рівні, різні сфери правління і різні історичні форми» [5].

При цьому під рівнями розуміються:

а) *практичне* відношення – відношення людей до оточуючої їх природи є важливим аспектом характеристики культури, праця, яка полягає «в обміні речовин між людиною і природою»;

б) *практично-духовне* відношення, яке складається у свідомості людей в їх повсякденному житті, у свідомості якогось ідеального світу, в ціннісному його осмисленні в міфології, релігії і мистецтві;

в) *духовно-теоретичне* відношення, яке проявляється у пізнанні законів природи і, з іншого боку, в ціннісному осмисленні природи.

Під сферами прояву стосунків між природою і культурою мається на увазі:

а) перетворення в «другу природу» оточуючого людину матеріального світу під впливом культури;

б) взаємодія і протиборство природного і культурного у *самій людині*;

в) створення людською уявою в ході практично-духовного освоєння реальності *ідеального світу*, створення міфології і мистецтва.

Розглядаючи феномен культури із системно-історичних позицій, М.С. Каган дійшов висновків про нерозривну діалектичну єдність природи і суспільства, природи і культури. Згідно М.С. Кагану, практичне відношення культури і природи, окреслене трудовою діяльністю, веде до все більш широкого перетворення природи на культуру, при цьому цивілізація розглядається як *форма культури*, а не щось зовнішнє і чуже їй, а культура постає, як особливий вираз природи, невідомий їй самій, але охоплюють в ній можливості, спосіб її існування.

Особливе задоволення викликає співпадання теоретичних позицій відомого теоретика культури М.С. Кагана з концептуальними побудовами дослідників, які спеціально займаються проблемами соціальної екології. Вони зазначають, що предметом соціальної екології (а також екології людини) є не природа сама по собі і не суспільство (відповідно, людина), а *система суспільство – природа*, як єдине ціле, що розвивається.

Розгляд такої системи передбачає використання даних і понятійного апарату як природничих (в тому числі і біоекології), так і соціальних наук. Однак, щоб не було їх еkleктичного поєднання і редукаційно-спрощення пояснень взаємовідносин природного і соціального, необхідно попередньо розібратися в діалектичному відношенні природного і соціального всередині складної системи «суспільство – природа».

Проблеми, які виникають при розгляді системи «суспільство – природа», відносяться до числа таких проблем, у вирішенні яких потрібно бачити діалектику єдиного і багатоманітного, загального і особливого, що досягається під час органічного об'єднання зусиль суспільних, природничих і технічних наук.

Соціальна екологія – це не просто екологія людини як біологічного виду і не інша назва для політики, а особлива галузь пізнання і дії людини (суспільства), в якій тісно переплітаються і взаємодіють об'єктивні закони природи і закони суспільства. Оскільки соціальна екологія об'єктом свого розгляду має систему взаємодії суспільства і природи, вона повинна враховувати суспільно-історичну обумовленість характеру і форм цієї взаємодії. Другою особливістю соціальної екології у порівнянні з біоекологією і соціальною думкою минулого є те, що соціальна екологія з самого початку свого існування формується не тільки як сфера пояснень, а й як сфера передбачувань, прогнозів і практичних рекомендацій, як сфера яка претендує на формування програми дій.

Для раціонального використання природи і творчого управління її функціонуваннями і розвитком, необхідно знати не тільки організацію виробництва, економіки, техніки і інших явищ, створюваних людиною. Не менш важливі глибокі знання організації природних екосистем, закономірностей їх будови, функціонування і розвитку.

Вплив суспільства на природу може бути успішним, сягнути бажаних цілей і не супроводжуватися небажаними наслідками лише в тому випадку, якщо відомі закони функціонування і розвитку самої природи, і ці закони враховуються при здійсненні впливу людини на природу. При сучасному рівні розвитку засобів виробництва часто виникають такі ситуації, коли найбільш доцільним є відмова від впливу на природні системи з метою небажаних наслідків такого впливу. Абсолютно справедливі твердження про виникнення в наш час екологічного імперативу «як усвідомлення об'єктивної необхідності не просто рахуватися з законами природи, а й нам з її сторони «технічними умовами»; про те, що «в екологічному імперативі природничо-наукове і гуманітарне утворюють монолітний сплав».

Однак, поряд з моністичним розумінням системи «природа – суспільство» (або, наука – культура) на антисцієнтистській і антитехнічній хвилі виникає дуалістичне пояснення їх співвідношення. Натура і культура, природне і штучне різко протиставля-

ються одне одному, оголошуються двома самостійними світами, між якими йде боротьба [6]. У такому трактуванні питання є дуже багато суперечливого та недоведеного, яке йде не від знання, а від інтуїції, віри. Розглядувана точка зору частково виправдана тим, що культура у широкому сенсі слова, створений людиною світ, володіють відносною самостійністю і в силу цього він дійсно протистоїть людині і такому природному явищу як смерть. І, навпаки, досягнення науки, успіхи у протезуванні, генетичній інженерії, в оволодінні мистецтвом створення людських органів і тканин штучним шляхом, дають людині можливість значного продовження життя, більш повної реалізації природних і духовних потенцій. Іншими словами, між природним і штучним немає непрохідної прірви, штучне не є абсолютним запереченням природного, а іншим його проявом.

Розгляд техніки і технічного знання як відносно самостійних (автономних) сфер матеріальної і духовної реальності само по собі свідчить про ту величезну роль, яка належить їм у сучасному світі. В цьому пункті сходяться погляди як прибічників всесвітнього розвитку наукового і технічного знання, так званих сцієнтистів (від англійського – наука), так і яскравих противників – більшою мірою представників гуманітарних сфер знання, а також літератури і мистецтва. Різниця між першими і другими полягає не тільки у визнанні, або невизнанні величезної ролі науки і техніки в житті сучасного людства, і навіть не в кількісній характеристиці цієї ролі, а в оцінці її зі знаком плюс, або, навпаки, зі знаком мінус.

Проблема природного і штучного привертає увагу останнім часом філософів і соціологів. Більшість з них відзначають, що у взаємних стосунках природного і штучного слід бачити як їх єдність, так і відмінність. Відомий чеський філософ Карл Поппер відзначає, що «штучність в жодному разі не веде за собою цілковите свавілля. Так, математичні вираховання, симфонія чи п'єса, безсумнівно є штучними об'єктами, але з цього не виходить, що ми не можемо порівнювати між собою вираховання і симфонії. Людина створила багато світів – світ мови, музики, поезії, науки. Мабуть найважливішим з них є світ моральних вимог – свободи, рівності, милосердя» [7, с. 99–100].

Обговорення проблеми взаємних стосунків природного і штучного, виходячи за межі дискусії про роль техніки в розвитку речовини, разом з цим продовжує вестись переважно в руслі оціночних (аксіологічних) суджень. А поміж цим, взаємні стосунки світу природничого і світу штучного є багатограним, він включає у себе, поряд з аксіологічними, онтологічними і гносеологічними аспектами, які тривалий час перебували в тіні.

Поняття природного і штучного використовуються не тільки у повсякденній звичайній мові. Вони мають широке поширення в науковому пізнанні (наприклад, у працях Ч. Дарвіна – «природний і штучний добір»,

у творчості В.І. Вернадського – поняття «природного тіла», у працях сучасних дослідників – поняття «природний і штучний інтелект», «штучна мова», «штучне запліднення» і проблема «пробіркових» дітей). Усі ці поняття слід більш чітко визначати. Ці поняття мають власний об'єктивний зміст, відмінний від понять природного і соціального (людського).

Противага природного і штучного не є абсолютною. Слід казати про різну ступінь штучності речей і процесів у «другій природі», створеній людиною. У міру неспівпадання пізнання і дії, люди у своїм ставленні до різних сфер оточуючої дійсності, по-різному осмислюють їх в теорії і на практиці. Теоретичне пізнання, спрямоване перш за все на виявлення загального в різних і багатоманітних галузях дійсності, прагне до її осягнення, до істинності, а не до оцінки (хоча досягнути цього йому ніколи повністю не вдасться), підкреслює, перш за все, спільність природного і штучного. Навпаки, у практичних своїх діях і прагненнях люди, перш за все, звертаються до оцінки оточуючої їх дійсності (за принципом, «що добре, а що погано»), інколи не задумуючись глибоко про істинність або неправдивість таких суджень. А поміж цим, накопичений людським пізнанням досвід свідчить про нестачу емпіричних, а тим паче, суто емоційних оцінок, які не мають під собою переконливих теоретичних підстав.

Головні висновки:

1. Екологія володіє своєю особливою специфікою, і її знання є однією із складових загальної культури, яку було б доцільно іменувати біологічною культурою. Одним із її компонентів є екологічна культура. І тут справа не в назвах, а в змісті того комплексу теоретичних знань, який накопичений в сучасній біології і повинен бути в тій або іншій мірі освоєний справжньою культурною людиною.

2. Значної шкоди утвердженню наукового розуміння явищ живої природи завдають забобони і наукоподібні побудови сучасної міфотворчості, що також свідчить про суперечливість взаємостосунків науки і культури. Це питання також слід розглядати при обговоренні різноманіття уявлень про життя у сучасній культурі.

3. Найбільш тісно пов'язані з іншими сферами культури проблеми виникнення і розвитку життя, і проблеми людини. Цей взаємозв'язок знаходить відображення в таких сферах культури як філософія,

релігія, література і мистецтво. Різним аспектам біологічної природи людини слід присвячувати спеціальні дослідження, в яких слід відзначати як загальні людині із живими істотами риси, так і специфічні особливості будови, функціонування і розвитку людського організму, основні етапи його онто- і філогенетичного розвитку.

4. Однією з корінних особливостей людини, які відрізняють її від інших живих істот є те, що вона не просто адаптується до життя в певному середовищі, а активно пристосовує це середовище до свого життя, створює штучний світ свого проживання – культуру в широкому змісті слова.

5. Таке створення людиною штучного світу характеризується великими складнощами і протиріччями, які загрожують самому існуванню людини. Свідченням цього є низка криз, які переживає сучасна цивілізація, об'єднаних під загальною назвою глобальних проблем сучасності. Однією із найбільш важливих серед них є глобальна екологічна криза, вихід з якої може бути знайдений на шляху стійкого розвитку людства.

6. Нарешті, особливі дослідження слід присвячувати методологічному значенню основних теоретичних узагальнень біології, їх ролі в формуванні системно-кібернетичних і синергетичних концепцій, необхідності розширення сфери біологічного утворення і підсилення теоретичних аспектів у викладанні біології в школах і вузах.

Перспективи використання результатів дослідження. Біологія і екологія є однією з фундаментальних галузей сучасної науки і культури, яка сприяє осмисленню теперішнього, минулого і майбутнього людини, а її освоєння і розвиток – однією з найважливіших умов виходу людства з глобальної кризи на шлях стійкого розвитку. Автори вважають, що матеріали запропонованої статті можуть бути використані викладачами та науковцями з відповідною навчальною та дослідницькою метою, а також для вивчення дисциплін студентами технічних вузів: «Вступ до фаху (екологія)», «Основи екології», «Транспортна екологія», «Екологічна безпека», «Ландшафтна екологія», «Заповідна справа» тощо. Це, безумовно, сприятиме збагаченню студентської молоді науковими знаннями з глобальної екології, а також формуванню екологічної грамотності та шанобливого ставлення до навколишнього природного середовища.

Література

1. Войцицький А.П. Техноекілогія: підручник. Київ: Аграрна освіта. 2009. 533 с.
2. Гадомська Ю.П. Соціально-філософська рефлексія соціального діалогу. *Наукове пізнання: матеріали та технологія*. 2013. № 1 (30). С. 44–48.
3. Haeckel E. *Entwickelung und Aufgabe der Zoologie* Jenaische Z. Med. Und Naturwissensch. 1870. Bd. V. 365 s.
4. Михайлик О.Г. Морально-естетичне ставлення людини до природи – важливий елемент екологічної культури сучасного суспільства. *Наукове пізнання: матеріали та технологія*. 2013. № 1 (30). С. 95–100.
5. Шабанова Ю.О. Філософія культури. Дніпро: Ліра. 2019. 240 с.
6. Жімбеева С. Світоглядні витоки екологічних проблем. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія філософія, соціологія, політологія*. 2013. Том. 2. № 23. С. 106–114.
7. Поппер К. Відкрите суспільство та його вороги. Т. 1. Чари Платона. Київ: Основи. 1994. 444 с.

СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

УДК 504:001.89 (477)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.30>

ГРОМАДЯНСЬКА НАУКА В СФЕРІ ЕКОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Скуйбіда О.Л.

Національний університет «Запорізька політехніка»

вул. Жуковського, 64, 69063, м. Запоріжжя

eskuymbeda@gmail.com

В роботі наведено основні переваги та обмеження громадянської науки, проаналізовані міжнародні та вітчизняні проекти з громадянської науки в сфері екології та охорони навколишнього середовища, виділено основні нормативні засади концепції «громадянська наука», наголошено на європейських принципах громадянської науки, які доцільно впроваджувати на державному, інституційному та проектному рівнях. Громадянська наука в сфері екології та охорони навколишнього середовища є складовою концепції відкритої науки та передумовою забезпечення сталого розвитку. Участь громадян у наукових дослідженнях дозволяє вирішувати високоякісні та трудомісткі завдання, відстежувати рідкісні природні явища, здійснювати моніторинг регіонів, доступ до яких є обмеженим, а також сприяти повоєнному відновленню України. Іншою перевагою громадянської науки є забезпечення академічної доброчесності та підвищення достовірності наукових результатів. Прикладами екологічних проектів з громадянської науки є наступні платформи та ресурси: *iNaturalist*, *eBird*, *MammalWeb*, *PublicLab*, *Spipoll* тощо. Серед вітчизняних прикладів імплементації елементів громадянської науки можна виділити функціонування спільнот «Гриби України», *Ukrainian Botanical Group*, «Флора України», «Птахи України», *Birdwatching Ukraine*. Акцентується на функціонуванні громадянської науки з урахуванням принципів Європейської асоціації громадянської науки (*ECSA*). Зокрема, громадянські наукові проекти мають активно залучати громадян до наукової діяльності та приносити справжні наукові результати; громадянські науковці можуть брати участь у різних етапах процесу дослідження; громадянська наука спирається на наукові підходи; дані громадянських наукових проектів повинні бути вільнодоступними; користь від проектів з громадянської науки може бути різноманітною – від публікації результатів досліджень і впливу на екологічні політики до можливості отримувати нові знання та морального задоволення. Засади впровадження концепції «громадянська наука» в Україні включені в Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» та Національний план щодо відкритої науки в Україні на період до 2030 р. *Ключові слова*: громадянська наука, відкрита наука, проєкт, громадськість, моніторинг, екологія, охорона навколишнього середовища.

Citizen science in the field of ecology and environmental protection: global trends and prospects for Ukraine. Skuibida O.

In the paper the main advantages and limitations of citizen science are given, international and domestic projects on citizen science in the field of ecology and environmental protection are analyzed, the main regulatory basis of «citizen science» concept are highlighted, the European principles of citizen science, which are expedient to implement at the state, institutional and project levels are emphasized. Citizen science in the field of ecology and environmental protection is a component of the concept of open science and a prerequisite for ensuring sustainable development. The participation of citizens in scientific research allows solving high-cost and time-consuming tasks, tracking rare natural phenomena, monitoring regions to which access is limited, and also contributing to the post-war reconstruction of Ukraine. Another benefit of citizen science is ensuring academic integrity and increasing the credibility of scientific results. Examples of environmental citizen science projects include the following platforms and resources: *iNaturalist*, *eBird*, *MammalWeb*, *PublicLab*, *Spipoll*, etc. Among domestic examples of the implementation of elements of citizen science, the functioning of the communities *Mushrooms of Ukraine*, *Ukrainian Botanical Group*, *Flora of Ukraine*, *Birds of Ukraine*, *Birdwatching Ukraine* can be highlighted. Emphasis is placed on the functioning of citizen science taking into account the principles of the European Citizen Science Association (*ECSA*). In particular, projects on citizen science should actively involve citizens in scientific activities and lead to real scientific results; citizen scientists can participate in various stages of the research process; citizen science relies on scientific approaches; data of citizen science projects must be freely available; the benefits of citizen science projects can be diverse – from the publication of research results and influence on the environmental policies to the opportunity to gain new knowledge and moral satisfaction. The principles of implementing the concept of «citizen science» in Ukraine are included in the Law of Ukraine «On Scientific and Scientific and Technical Activities» and the National Plan for Open Science in Ukraine for the period until 2030. *Key words*: citizen science, open science, project, public, monitoring, ecology, environmental protection.

Постановка проблеми. Відкрита наука як нова парадигма організації та проведення досліджень, а також розповсюдження інформації про їх результати, дозволяє покращити використання ресурсів, підвищити прозорість результатів досліджень,

пришвидшити інноваційний розвиток та сприяти залученню громадян до досліджень. В цьому контексті особливий інтерес викликає громадянська наука в сфері екології як складова концепції відкритої науки та передумова забезпечення сталого розвитку.

Громадянська наука є важливою для збільшення економічної спроможності України [1]. Участь громадян у наукових дослідженнях з екологічної тематики, окрім іншого, може дозволити вирішувати високоартісні та трудомісткі завдання (зокрема щодо збору та опрацювання великого масиву даних), відстежувати рідкісні природні явища, здійснювати моніторинг регіонів, доступ до яких є обмеженим (наприклад, окуповані території нашої країни), а також сприяти повоєнному відновленню України, зокрема збереженні та покращенні стану навколишнього середовища.

Актуальність дослідження. Серед переваг відкритої науки, складовою якої є громадянська наука, автор [2] називає підвищення достовірності наукових результатів (наприклад, шляхом оприлюднення експериментальних робочих даних та інших матеріалів, а також участі широких кіл дослідників у їх отриманні) і підвищення ефективності наукового процесу через зменшення дублювання наукової роботи та витрат на створення, поширення та відтворення даних.

Високі темпи впровадження громадянської науки також пов'язані зі стрімким розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, низькоартісними сенсорами для збору та передачі даних, можливостями мережі Інтернет, хмарними сервісами для зберігання інформації [3], а також глобалізаційними процесами. Одним із головних аспектів громадянської науки є можливість навчання учасників під час реалізації проекту.

Основний фокус громадянських наукових проектів належить екологічним дослідженням та дослідженням в сфері захисту навколишнього середовища. Значна кількість проектів стосується збору даних про просторово-часовий розподіл видів або природних ресурсів із використанням якісних (присутність або відсутність певного виду в певній місцевості) та кількісних методів (підрахунок кількості видів або особин даного виду). Динаміку екосистем можна визначати за допомогою статистичних, обчислювальних або експериментальних інструментів. Наприклад, дані громадянської науки про чисельність комах можна використовувати для перевірки просторових варіацій спорідненості між комахами та квітами та оцінювання ролі морфології квітів у живленні. Іншими даними громадської науки можуть бути зразки матеріалів, такі як зразки рослин або ґрунту. Їх можна аналізувати відповідно до біологічних, хімічних або фізичних лабораторних протоколів. Громадянська наука відкриває широкі можливості для застосування в дослідженнях біорізноманіття, включаючи покращення таксонів із недостатньою вибіркою та регіонів в Арктиці та Глобальному Півдні.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність»

визнає «необхідність створення умов для реалізації інтелектуального потенціалу громадян у сфері наукової і науково-технічної діяльності, а також забезпечення використання досягнень вітчизняної та світової науки і техніки для задоволення соціальних, економічних, культурних та інших потреб» [4]. Національним планом щодо відкритої науки в Україні на період до 2030 р. [5] поставлено ряд завдань, серед яких забезпечення відкритого доступу до наукових результатів та науково-технічної інформації, популяризація науки, поширення наукових знань та залучення громадян до участі в науковій та науково-технічній діяльності, що корелює із впровадженням концепції «громадянська наука».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню розуміння громадянської науки присвячені дослідження таких авторів як А. Ірвін, Р. Бонні, Е. Хенд, К. Кіба, Ж. Вагнер, Ю. Фішер, І. Драч, А. Коломієць та ін.. Згідно з концепцією А. Ірвіна [6] акцент робиться на ролі громадян як зацікавлених сторін у результатах досліджень (наприклад, у соціальних і екологічних факторах здоров'я). За Р. Бонні [7] громадянська наука зосереджується на волонтерах та їхньому внеску в збір даних та польові спостереження за навколишнім середовищем. Громадянська наука в сфері екології охоплює пояснення результатів наукових досліджень широкому загалу та залучення представників громадськості до наукової діяльності.

Кейсом з громадянської науки є створена в Університеті Каліфорнії (Берклі, США) магістерська робота, яка переросла в Інтернет-ресурс *iNaturalist* – ініціативу Каліфорнійської академії наук (Сан-Франциско, США) та Національного географічного товариства. Платформа дозволяє ділитися зафіксованими спостереженнями природи, комунікувати з професійними науковцями спілкуватися з іншими натуралістами, займатись науковим волонтерством тощо; використовуються принципи краудсорсингу та ідентифікації [8, 9].

Ресурс *eBird*, який функціонує на основі орнітологічної лабораторії Корнела, надає можливість досліджувати птахів на основі останніх спостережень з усього світу, ділитися спостереженнями, а також створювати списки спостережень, архівувати фото та аудіозаписи. Спостереження, проведені на *eBird*, сприяють природоохоронним рішенням, науковим дослідженням і публікаціям, студентським проектам та інформуванню населення [9, 10].

Британський проект *MammalWeb* залучає громадськість до моніторингу дикої природи, щоб заповнити прогалини в даних щодо біорізноманіття та поширення ссавців [3, 11]. Збираються дані з датчиків руху «камерних пасток», встановлених для фотографування та моніторингу диких ссавців. Для встановлення фотопасток в різних місцевостях, а також визначення зображень на фотографіях залучаються волонтери. Зібрані фотографії та відео

завантажуються з просторово-часовими метаданими в *MammalWeb* і класифікуються.

Після нафтової катастрофи в Мексиканській затоці в 2010 р. була заснована неприбуткова громадянська лабораторія *PublicLab*. Практично повна відсутність інформації про подію стала причиною того, що місцеві жителі, захисники навколишнього середовища, правозахисники, громадські активісти об'єдналися для збору даних в режимі реального часу та розмістили над розливом саморобні супутники зроблені з повітряних куль повітряною зміїв та обладнаних цифровими камерами. Із використанням більше 100 000 аерофотознімків було картографовано берегову лінію до, під час та після розповсюдження нафти. Карти було надано *BBC* та *New York Times*, а успіх проекту обумовив функціонування неприбуткової спільноти *Public Lab* [12].

Національним музеєм природознавства (Франція, Париж) разом з громадянськими науковцями та іншими учасниками проекту *Spipoll* вивчаються зміни у взаємодії запилювачів рослин у Франції. Громадянський науковець знаходить квітучу рослину та фотографує всіх безхребетних, які сідають на неї протягом 20 хвилин. Визначити рослин та комах можна за допомогою спеціального онлайн-інструменту ідентифікації [3, 13].

Прикладом онлайн-проекту з громадянської науки є облік садових птахів та підрахунок метеликів у штаті Гімачал Прадеш (Індія) місцевою молоддю [14]. Із використанням *Google*-форм молоддю було визначено 38 видів птахів та 25 метеликів. Іншим кейсом громадянської науки є навчання методам діагностування екологічного стану гірських та рівнинних водотоків Міжнародною комісією із захисту річки Дунай та Програми ООН з довкілля, що здійснювалось в Румунії [14]. Для проведення моніторингу була створена мережа фахівців переважно з викладачів університетів, які, в свою чергу, задіявали ще більш широке коло фахівців – вчителів біології, керівників екологічних гуртків тощо для відбору проб на водотоках басейнів річок. Для перевірки коректності результату дослідження одна проба надсилалася фахівцю в університет, а інша аналізувалася на місці – в разі ідентичності результат зараховувався.

Для покращення якості повітря в Найробі (Кенія) та Аддис-Абебі (Ефіопія) здійснювався проєкт, в якому приймали участь представники Стокгольмського інституту навколишнього середовища Африки, Африканського центру досліджень населення та здоров'я, Університету Найробі, соціального руху «Жителі нетрів» (*Muungano wa Wanavijiji*), а також місцеві жителі [15]. Обрані представники громади отримали портативні датчики для визначення твердих частинок РМ; також вони брали участь у дискусіях, інтерв'ю, просвітницькій роботі серед населення, підготовці політики щодо якості повітря та плану дій щодо якості повітря міста Найробі.

Серед вітчизняних прикладів імплементації елементів громадянської науки в сфері екології та охорони навколишнього середовища можна виділити функціонування спільнот «Гриби України» (обмін теоретичними та практичними знаннями про будь-які гриби, що зростають на території України), *Ukrainian Botanical Group* (оперативне ботанічне реагування для визначення та обговорення флори України та світу; група поєднує як професійних науковців, так і любителів), «Флора України» (популяризація знань щодо різноманіття рослин країни), «Птахи України» (науково-популярна орнітологічна спільнота для обміну інформацією про птахів України, методи їх дослідження, охорону та новини), *Birdwatching Ukraine* (ресурс для обговорення та обліку спостережень за птахами у дикій природі – терміни прильоту птахів, ареал існування, взаємозв'язки поширення птахів та певних видів рослин тощо).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Термін «громадянська наука» використовувався для опису достатньо широкого розмаїття форм взаємодії науковців та громадськості, а також кола моніторингових спостережень. Для чіткого розуміння поняття громадянської науки необхідно визначити області згоди та розбіжностей в існуючих практиках громадянської науки [16].

Новизна полягає в комплексному аналізі світових та вітчизняних кейсів з громадянської науки в сфері екології та захисту навколишнього середовища, а також основних принципів та підходів до реалізації концепції «громадянська наука» та громадянських наукових проєктів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Робота включає аналіз та синтез теоретичних даних щодо обґрунтування впровадження концепції «громадянська наука», методології реалізації проєктів з громадянської науки, а також формування свідомості громадян та збереження належного стану навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Національний план щодо відкритої науки в Україні передбачає розроблення та виконання плану заходів з урахуванням міжнародного досвіду, зокрема принципів Європейської асоціації громадянської науки (*ECSA*):

- громадянські наукові проєкти мають активно залучати громадян до наукової діяльності для отримання нових знань;
- громадянські наукові проєкти повинні приносити справжні наукові результати;
- користь від участі у проєктах повинні отримувати як професійні науковці, так і громадяни (публікація результатів досліджень, можливості отримувати нові знання, моральне задоволення, соціальна взаємодія, можливість впливати на політику);
- громадянські науковці, за бажанням, можуть брати участь у різних етапах процесу дослідження. Це може бути постановка дослідницьких завдань,

розробка методології дослідження, збір та аналіз інформації, поширення результатів;

– громадянські науковці отримують відгуки про проєкт після його реалізації (зокрема про використання зібраних ними даних, наукові, політичні та соціальні наслідки проєкту тощо);

– громадянська наука спирається на наукові підходи, обмеження і недоліки яких потрібно врахувати та контролювати;

– дані громадянських наукових проєктів повинні бути вільнодоступними, а результати, за можливості, опубліковані у виданнях відкритого доступу;

– внесок громадянських науковців визнається в результатах проєкту та публікаціях [17, 18].

Автори [3] визначають, що реалізація проєкту з громадянської науки здійснюється в декілька етапів:

1. Постановка проблеми, визначення основних стейкхолдерів та огляд подібних проєктів.

2. Визначення можливості реалізації проєкту на принципах громадянської науки (серед критеріїв: участь громадянських науковців дозволить досягти цілей проєкту; громадяни зацікавлені в участі в проєкті).

Прикладами відповідних проєктів названо спостереження за навколишнім природним середовищем, вивчення тваринного світу та видів, моніторинг землекористування та ґрунтового покриву; класифікація супутникових знімків для виявлення вирубки лісів; моніторинг якості води, повітря тощо. Основними перешкодами для реалізації проєктів з громадянської науки є необхідність використання високоякісного або інноваційного обладнання, тривалого часу для здійснення експериментальних досліджень, проведення вимірювань щоденно або декілька разів на день, високої точності обробки даних та ін.

3. Постановка цілей та завдань дослідження основними учасниками проєкту.

Громадянські науковці можуть визначати додаткові очікувані результати, наприклад, соціальне значення, навчання, формування екологічної свідомості та культури, підвищення зацікавленості наукою або розбудовою громади тощо.

4. Ідентифікація особливостей громадянських науковців (вік, освіта, навички), їх мотивації до участі в дослідженні, способів комунікації, форми залучення до реалізації проєкту, а також висвітлення його результатів (співавторство, візуалізація на сайті проєкту та ін.).

5. Управління даними (планування, збір, забезпечення та контроль якості).

Можуть використовуватися такі заходи як навчання та тестування громадянських науковців (квізи, тести, оцінювання практичних навичок, фідбеки), методи автоматичного контролю і статистичної обробки інформації, контроль якості результатів дослідження експертами та професійними науковцями, контроль якості проєкту спільнотою тощо.

6. Оцінювання проєкту.

Автор [1] виділяє 3 основні типи проєктів з громадянської науки:

1) проєкти, ініційовані науковцями, але такі, що потребують допомоги громадян для збору великого масиву даних / даних на масштабних територіях / протягом довготривалого часу;

2) програми, ініційовані громадянами, але розвинені у співпраці з формальними науковцями;

3) програми, які мають паритетні засади як на стадії виникнення, так і на стадії імплементації.

Європейською асоціацією громадянської науки було піднято питання щодо критеріїв, які б дозволили віднести той чи інший проєкт до категорії «громадянська наука» [2]. Констатується, що участь громадянських науковців в проєктах може приймати різні форми – від рівноцінної участі до збору даних чи надання ресурсів. Громадянські науковці можуть не лише приймати участь на різних етапах реалізації проєкту, але і бути ініціаторами проєкту. Відрізняється і ступінь залучення громадян до здійснення наукового проєкту – це може бути індивідуальний проєкт, проєкт, керівництво якого здійснюється громадою/громадянами або проєкт під егідою професійних науковців. Масштаб проєкту може також відрізнитися і передбачати залучення різної кількості дослідників, що не впливає на віднесення проєкту до категорії «громадянський».

Іншим важливим аспектом є фінансовий. Так, якщо основною метою діяльності є пряма комерційна вигода або вигода від використання даних, то, як правило, такий проєкт не відноситься до категорії громадянської науки [2]. Варто звернути увагу, що краудфандинг, оплата внесків чи донатів не є участю громадян в науковому проєкті. З іншого боку, може потребуватись здійснення оплати для можливості долучитися до громадянського наукового проєкту. Питання фінансового заохочення громадян в рамках участі в громадянських наукових проєктах в літературі є достатньо дискусійним.

Головні висновки. Громадянська наука – це наукова робота, яка виконується широкими верствами населення, у співпраці з / під керівництвом професійних дослідників та наукових установ. Громадянська наука є це гнучкою концепцією, яку можна адаптувати та застосовувати в рамках різноманітних дослідницьких тем. Тим не менш, існують певні загальні принципи та підходи до проєктів з громадянської науки, зокрема необхідно врахувати міжнародний досвід та принципи Європейської асоціації з громадянської науки.

Перспективи використання результатів дослідження. Успішне впровадження громадянської науки в Україні залежить від активності науковців, розуміння ними сутності концепції, а також системної державної політики в даному напрямку та її поетапної реалізації [19]. Матеріали публікації можуть

бути використані для подальших досліджень щодо громадянської науки в екології та захисті навколишнього середовища, розробки відповідних процедур

та заходів в науковій сфері, а також для просвітницької діяльності та формування культури громадянської науки.

Література

1. Ляшенко О. Конвергенція освіти дорослих і громадянської науки в Україні: сучасні виклики і можливості. Перша міжнародна конференція «Відкрита наука та інновації в Україні 2022»: зб. матеріалів, 27–28 жовт. 2022 р. Київ: УкрІНТЕІ, С. 99–100. DOI:10.35668/978-966-479-129-5
2. Haklay M., Motion A., Balázs B. et al. ECSA's Characteristics of Citizen Science: Explanation Notes. *Zenodo*: веб-сайт. DOI: 10.5281/zenodo.3758555
3. Fraisl D., Hager G., Bedessem B. et al. Citizen science in environmental and ecological sciences. *Nature Reviews Methods Primers*. 2022. Vol. 2, № 64. DOI: 10.1038/s43586-022-00144-4.
4. Про наукову і науково-технічну діяльність: Закон України від 26.11.2015 № 848-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19/ed20170101> (дата звернення: 15.09.2023).
5. Національний план щодо відкритої науки в Україні на період до 2030 року / М-во освіти і науки України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-natsionalnoho-planu-shchodo-vidkrytoi-nauky-892-081022> (дата звернення: 15.09.2023).
6. Irwin A. (2001). Constructing the scientific citizen: science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, 2001. № 10, P. 1–18. <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.3109/a036852> (дата звернення: 12.09.2023).
7. Bonney R. (2021). Expanding the Impact of Citizen Science. *BioScience*. Vol. 71, № 5, P. 448–451. DOI:10.1093/biosci/biab041
8. *Inaturalist*: веб-сайт. URL: <https://www.inaturalist.org/> (дата звернення: 12.09.2023).
9. 6 безкоштовних мобільних застосунків для захопливих STEM-проектів. *Освітторія: веб-сайт*. URL: <https://osvitoria.media/ru/experience/6-bezkoshtovnyh-mobilnyh-dodatkov-dlya-zahoplyvyh-pryrodnychyh-stem-proektiv/> (дата звернення: 12.09.2023).
10. *Ebird*: веб-сайт. URL: <https://ebird.org/home> (дата звернення: 12.09.2023).
11. *MammalWeb*: веб-сайт. URL: <https://www.mammalweb.org/en/> (дата звернення: 12.09.2023).
12. Омелянець Ю. Сам собі дослідник: що таке громадянська наука. *Куніт*: веб-сайт. URL: <https://kunsht.com.ua/articles/sam-sobi-doslidnik-shho-take-gromadnyaska-nauka> (дата звернення: 12.09.2023).
13. *Spipoll*: веб-сайт. URL: <https://www.spipoll.org/> (дата звернення: 12.09.2023).
14. Савицький О. Громадянська наука і перспективи її розвитку в Україні. *Експедиція XXI*: веб-сайт. URL: <https://expedicia.org/gromadyanska-nauka-i-perspektivi-ii-r/>
15. Громадянська наука для покращення якості повітря в Найробі та Аддіс-Абебі. *International Science Council*: веб-сайт. URL: <https://council.science/uk/current/blog/citizen-science-for-improved-air-quality-in-nairobi-and-addis-ababa/> (дата звернення: 12.09.2023).
16. Горохова Т. Громадянська наука та її роль у сталому розвитку України. Перша міжнародна конференція «Відкрита наука та інновації в Україні 2022»: зб. матеріалів, 27–28 жовт. 2022 р. Київ: УкрІНТЕІ, С. 94–96. DOI:10.35668/978-966-479-129-5
17. Ten Principles of Citizen Science. *ECSA*: веб-сайт. URL: https://zenodo.org/record/5127534/files/ECSA_Ten_Principles_of_CS_Ukrainian.pdf?download=1
18. Haklay M., Fraisl D., Tzovaras B.G. et al. Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*. № 8. DOI: 10.1098/rsos.202108
19. Франчук Т. «Відкрита наука»: протиріччя та алгоритми імплементації. Перша міжнародна конференція «Відкрита наука та інновації в Україні 2022»: зб. матеріалів, 27–28 жовт. 2022 р. Київ: УкрІНТЕІ, С. 59–60. DOI:10.35668/978-966-479-129-5

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Барабаш Олена Василівна (Київ) – доктор технічних наук, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет;

Бєбнєва Єлизавета Романівна (Кременець) – студентка IV курсу факультету фізичного виховання, біології та психології, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка;

Бєлоконь Каріна Володимирівна (Запоріжжя) – кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи, доцент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки за сумісництвом, Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні Запорізького національного університету;

Билина Лілія Вікторівна (Бердичів) – викладач циклової комісії науково-природничої дисциплін, Бердичівський медичний фаховий коледж;

Бицюра Леонід Олексійович (Тернопіль) – кандидат економічних наук, старший викладач, в.о. завідувача кафедри екології та охорони здоров'я, Західноукраїнський національний університет;

Боженко Анна Леонідівна (Миколаїв) – викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

Бондар Олександр Богданович (Кременець) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології, екології та методик їх навчання, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка;

Бондар Олександр Богданович (Тернопіль) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони здоров'я, Західноукраїнський національний університет;

Бондар Олександр Іванович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, ректор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Борецька Ірина Юріївна (Львів) – аспірантка кафедри екології, Львівський національний університет імені Івана Франка;

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Ванджурак Павло Іванович (Ужгород) – студент II курсу магістратури, Навчально-науковий інститут хімії та екології Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет»;

Васільєва Людмила Анатоліївна (Житомир) – доцент кафедри наук про Землю, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Власенко Олег Васильович (Київ) – науковий співробітник лабораторії прикладної екології, аспірант кафедри екологічного аудиту та технологій захисту довкілля, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Вовк Вадим Миколайович (Житомир) – аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Гавій Валентина Миколаївна (Ніжин) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя;

Головатюк Людмила Михайлівна (Кременець) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології, екології та методик їх навчання, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка;

Григор'єва Людмила Іванівна (Миколаїв) – доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

Д'яченко Наталя Олександрівна (Київ) – кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Демчук Людмила Іванівна (Житомир) – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Дефорж Ганна Володимирівна (Кропивницький) – доктор історичних наук, професор кафедри природничих наук і методики їхнього навчання, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка Міністерства освіти і науки України;

Джура Наталія Миронівна (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Львівський національний університет імені Івана Франка;

Долецька Анастасія Сергіївна (Львів) – провідний інженер відділення фізико-хімії горючих копалин, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка Національної академії наук України;

Домбровський Костянтин Олегович (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет;

Жукова Олена Григорівна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, Київський національний університет будівництва і архітектури;

Загороднюк Костянтин Юрійович (Київ) – кандидат медичних наук, магістр екології, інженер-технолог, завідувач кафедри водних екосистем і біоресурсів, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Загороднюк Юрій Вікторович (Київ) – лікар-епідеміолог, інженер-еколог, голова правління, Громадська організація «Фонд розвитку водоочисних технологій»;

Зубровська Ольга Миколаївна (Кривий Ріг) – кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу природної та культурної флори, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України;

Зур'ян Олексій Володимирович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи, Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України;

Іванець Олег Романович (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри зоології, Львівський національний університет імені Івана Франка;

Іващенко Ірина Вікторівна (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет;

Касьяненко Дмитро Леонідович (Київ) – аспірант кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Катенін Вадим Дмитрович (Харків) – аспірант кафедри хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Кірейцева Ганна Вікторівна (Житомир) – кандидат економічних наук, доцент, докторант, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Ковтунов Олександр Володимирович (Київ) – аспірант кафедри екологічного аудиту та технологій захисту довкілля, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Корогодська Алла Миколаївна (Харків) – доктор технічних наук, завідувачка кафедри загальної та неорганічної хімії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Коротецький Василь Павлович (Київ) – проректор з адміністративно-господарської роботи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Котюк Людмила Анатоліївна (Житомир) – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екології, Поліський національний університет;

Кратко Ольга Вікторівна (Кременець) – кандидат історичних наук, доцент кафедри біології, екології та методик їх навчання, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка;

Крупей Кристина Сергіївна (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри мікробіології, вірусології та імунології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет;

Кучменко Олена Борисівна (Ніжин) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя;

Мальований Мирослав Степанович (Запоріжжя) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка»;

Маркіна Людмила Миколаївна (Київ) – доктор технічних наук, професор кафедри екологічного аудиту та технологій захисту довкілля, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Мельник-Шамрай Вікторія Вікторівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Михайлов Сергій Сергійович (Харків) – здобувач, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Мовчан Микола Михайлович (Київ) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри заповідної справи та рекреаційної діяльності, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Невмержицька Ольга Михайлівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет;

Негода Назарій В'ячеславович (Київ) – аспірант кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, Київський національний університет будівництва і архітектури;

Оверченко Анна Валеріївна (Запоріжжя) – студентка II курсу магістратури медичного факультету, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет;

Остапенко Владислав Володимирович (Миколаїв) – аспірант кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

Палій Ольга Вікторівна (Житомир) – аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Пасічник Сергій Валентинович (Ніжин) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя;

Пацев Ігор Сергійович (Київ) – аспірант кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет;

Пацева Ірина Григорівна (Житомир) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Пилипчук Оксана Олегівна (Київ) – доктор історичних наук, професор кафедри філософії та історії науки і техніки, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України;

Пилипчук Олег Ярославович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України;

Пічкур Тетяна Валеріївна (Київ) – кандидат історичних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України;

Плотницька Наталія Михайлівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет;

Полятикіна Ольга Олексіївна (Київ) – аспірантка, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України;

Рильський Олександр Федорович (Запоріжжя) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет;

Роман Людмила Юріївна (Ужгород) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Навчально-наукового інституту хімії та екології, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»;

Романюк Ольга Іванівна (Львів) – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділення фізико-хімії горючих копалин, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка Національної академії наук України;

Самойленко Наталія Миколаївна (Харків) – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Сараненко Інна Іванівна (Херсон) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри географії та екології, Херсонський державний університет;

Скиба Галина Віталіївна (Житомир) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри наук про Землю, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Скуйбіда Олена Леонідівна (Запоріжжя) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища, Національний університет «Запорізька політехніка»;

Тарабан Євгенія Василівна (Запоріжжя) – аспірант кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Запорізький національний університет;

Третьяков Сергій Володимирович (Київ) – віце-президент, Громадська організація «Український союз промисловців і підприємців»;

Улицький Олег Андрійович (Київ) – доктор геологічних наук, професор, директор, Навчально-науковий інститут екобезпеки та управління Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління;

Файфура Василь Васильович (Тернопіль) – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони здоров'я, Західноукраїнський національний університет;

Циганенко-Дзюбенко Ілля Юрійович (Житомир) – аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Чипиляк Тетяна Федорівна (Кривий Ріг) – кандидат біологічних наук, завідувачка відділу природної та культурної флори, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України;

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, доцент кафедри заповідної справи та рекреаційної діяльності, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

Шевчик-Костюк Леся Зеновіївна (Львів) – кандидат біологічних наук, молодший науковий співробітник відділення фізико-хімії горючих копалин, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка Національної академії наук України;

Шевчук Лариса Миколаївна (Житомир) – професор кафедри наук про Землю, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Шейко Віталій Ілліч (Ніжин) – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя;

Ярема Оксана Мирославівна (Тернопіль) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та охорони здоров'я, Західноукраїнський національний університет.

НОТАТКИ

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

5(50)

- *Екологія та економіка природокористування*
- *Екологія і виробництво*
- *Екологія водних ресурсів*
- *Екологічний моніторинг*
- *Екологічні наслідки воєнних дій*
- *Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття*
- *Сталий розвиток*
- *Біологічна безпека*
- *Поводження з відходами*
- *Природно-заповідний фонд України*
- *Екопубліцистика*

Адреса редакції:

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел. +380 99 428 67 00;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.
Україна, 65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua

Підписано до друку 12.07.2023. Формат 64x84/8.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 24,88. Тираж 100. Замовлення № 1023/641.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета