

ISSN 1992-4259 (Print)
ISSN 2415-7651 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені В. Н. КАРАЗІНА
СЕРІЯ «ЕКОЛОГІЯ»

ЗАСНОВАНА 2005 р.

Випуск 29

VISNYK
of V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL
UNIVERSITY
SERIES «ECOLOGY»
Issue 29

Харків

2023

У віснику надаються результати теоретичних та прикладних досліджень у галузі екології, географії, біології, екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування. Пріоритет надано розв'язанню актуальних екологічних проблем та найкращим практикам міжнародного досвіду їх вирішення, екологічному менеджменту, медико-екологічним дослідженням, інноваційним дослідженням в галузі біотехнології, біохімії, генетики, екології людини, фізіології рослин і тварин, конструктивної географії, екології та збалансованого природокористування. Викладаються питання організації та методологічних досліджень національної вищої екологічної, біологічної, географічної та природоохоронної освіти.

Для науковців і фахівців-екологів, біологів, географів, а також викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів України та інших країн без будь-яких обмежень

Вісник є фаховим виданням у галузі географічних та біологічних наук (категорія Б)
Наказ МОН України від 17.03.2020 № 409
Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна (протокол № 21 від 27.11.2023 р.)

Головний редактор:

Крайнюков О. М., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Заступник головного редактора:

Тітенко Г. В., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Відповідальний редактор:

Кривицька І. А., канд. біол. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Технічний редактор: **Баскакова Л. В.**, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.

Редакційна колегія:

Бедункова О. О., д-р біол. наук, проф., Національний університет водного господарства та природокористування;
Бойко С., д-р філософії, Вармінсько-Мазурський університет, Польща;
Гавардашвілі Г., д-р техн. наук, проф., Інститут водного господарства імені Ц. Мірцхулави, Грузія;
Едріппуліге С., д-р географії, Університет Квінсленду, Австралія;
Жолткевич Г. М., д-р техн. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Кривцов В., д-р філософії, Единбургський університет, Великобританія;
Кульбачко Ю. Л., д-р біол. наук, проф., Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара;
Кучер А. В., д-р екон. наук, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;
Максименко Н. В., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;
Нахтнебель Х.-П., д-р, проф., Університету природних ресурсів та прикладних наук у Відні – ВОРУ, Австрія;
Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Ричак Н. Л., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Сафранов Т. А., д-р геол.-мин. наук, проф., Одеський державний екологічний університет;
Страшнюк В. Ю., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Утєвська О. М., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Цапко Ю. Л., д-р біол. наук, с.н.с., ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського НААН»;
Чаплигіна А. Б., д-р біол. наук, проф., Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди;
Шабанов Д. А., д-р біол. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Шкаруба А., д-р філософії, Естонський університет наук про життя, Естонія.

Адреса редакційної колегії: 61022, Харків, майдан Свободи, 6, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, навчально-науковий інститут екології, кімн. 473а

тел. (057)707-53-86, 705-09-66, 707-56-36, e-mail : visnykecology@karazin.ua

Web-pages: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS) <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Статті пройшли подвійне «сліпе» рецензування. Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, власних імен тощо.

Свідчення про державну реєстрацію: КВ № 21557-11457Р від 21.08.2015

© Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, оформлення, 2023

The journal provides the results of theoretical and applied research in the fields of ecology, geography, biology, environmental safety, environmental protection and sustainable use of nature. Priority is given to finding new ways for solution of existing environmental problems and identification of the best international practices, as well as issues of environmental management, medical-environmental researches, innovative research in biotechnology, biochemistry, genetics, human ecology, plant and animal physiology, constructive geography, ecology and sustainable environmental management. The issues of development and methodological researches in national higher education in geographic, biological and environmental sciences are presented.

For scientists and specialists-ecologists, biologists, geographers, as well as for teachers, graduate students, masters and students of higher educational establishments of Ukraine and other countries without any restrictions

Journal is a professional edition in the field of geographical and biological sciences.

Order of MES of Ukraine Nr 409 of March 17, 2020

Approved for printing by the decision of the Academic Council of V.N. Karazin Kharkiv National University
(Minutes Nr 21, dated November 27, 2023)

Editor-in-chief: **Krainiukov O. M.**, DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Deputy Editor: **Titenko, G. V.**, PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Executive Editor: **Kryvytska, I. A.**, PhD (Biology), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Technical Editor: **Baskakova L. V.**, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.

THE EDITORIAL BOARD

Biedunkova O. O., DSc (Biology), Prof., National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine;
Boyko S., PhD, Forest Culture Center in Goluchow, Poland;
Gavardashvili G., DSc (Technical Sciences), Prof., Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University, Georgia;
Edirippulige S., DSc (Geography), University of Queensland, Australia;
Zholtkevych G. M., DSc (Technical Sciences), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Krivtsov V., PhD, University of Edinburgh, United Kingdom;
Kulbachko Y. L., DSc (Biology), Prof., Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine;
Kucher A. V., DSc (Economy), V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Maksymenko N. V., DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Nachtnebel H.-P., DSc (Technical Sciences), Prof., University of Natural Resources and Life Sciences, Austria;
Nekos A. N., DSc (Geography), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Rychak N. L., PhD (Geography), Assoc. Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Safranov T. A., DSc (Geology and Mineralogy), Prof., Odessa State Environmental University, Ukraine;
Strashnyuk V. Y., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Utevska O. M., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Tsapko Y. L., DSc (Biology), Prof., National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after A.N. Sokolovsky", Ukraine;
Chaplygina A. B., DSc (Biology), Prof., H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine;
Shabanov D. A., DSc (Biology), Prof., V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;
Shkaruba A., PhD, Estonian University of Life Sciences, Estonia.

Editorial Board Address: 6 Svobody Sq., 61022, Kharkiv, V.N. Karazin Kharkiv National University,
The Karazin Institute of Environmental Sciences, office 473a
tel. (057) 707-53-86, 705-09-66, 707-56-36, e-mail: visnykecology@karazin.ua
Web-pages: [http://periodicals.karazin.ua/ecology\(OJS\)](http://periodicals.karazin.ua/ecology(OJS)) <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Double-blind peer review was conducted. The authors of the published materials are solely responsible for the selection, accuracy of the facts, proper names, etc.

The state registration certificate: KB Nr 21557-11457P dated August 21, 2015

© V.N. Karazin Kharkiv National University, design, 2023

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г. Прояв зміни температури повітря на території м. Житомир.....	6
Бірюков О. В. Гідрохімічний аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Оскіл.....	17
Огілько С. П. Сучасні пріоритети моніторингового дослідження придорожніх екосистем (на прикладі автошляхів Черкаської області).	26
Максименко Н. В., Воронін В. О., Бурченко С. В. Геоекологічна оцінка лісових ландшафтів як підґрунтя для визначення екосистемних послуг.....	37

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Чорногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Чорногор Л. Л. Класифікація пожеж у природних екосистемах за фізичними та екологічними характеристиками.....	48
Демчук Л. І., Пацева І. Г. Організація моніторингу та прогнозування кризових ситуацій.....	57

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Найдьонова О. Є. Оцінка впливу важких металів на дисбаланс ростових процесів.....	66
Правила для авторів.....	77

CONTENTS

ECOLOGICAL RESEARCHES OF GEOSYSTEM

Herasymchuk, L. O., Valerko, P. A., Patseva, I. G. Air temperature change manifestation at the Zhytomyr territory.....	6
Biryukov O. V. Hydrochemical analysis of surface water quality dynamics in the Oskil river.....	17
Ogilko S. P. Current priorities of monitoring research of roadside ecosystems (on the example of highways of the Cherkask region).....	26
Maksymenko N. V., Voronin V. O., Burchenko S. V. Geoecological assessment of forest landscapes as a basis for the evaluation of ecosystem services.....	37

ENVIRONMENTAL ECOLOGICAL SAFETY

Chernogor L. F., Nekos A. N., Titenko G. V., Chornohor L. L. Fire classification in natural ecosystems by physical and environmental characteristics.....	48
Demchuk, L. I., Patseva, I. G. Monitoring organisation and forecasting of crisis situations.....	57

BIOLOGICAL RESEARCH

Krainiukov O. M., Kryvytska I.A., Naidonova O. E. Assessment of the effect of heavy metals on the imbalance of growth processes.....	66
Instructions for Authors	77

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01>

УДК (UDC):551.58:551.51(477.42)

Л. О. ГЕРАСИМЧУК¹, канд. с.-г. наук, доц.,
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
e-mail: Gerasim4uk@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-5588>
Р. А. ВАЛЕРКО¹, канд. с.-г. наук, доц.,
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
e-mail: valerko_ruslana@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4716-0100>
І. Г. ПАЦЕВА¹, д-р техн. наук, проф.,
завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій
e-mail: rig@ztu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>
¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна

ПРОЯВ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ М. ЖИТОМИР

Територія міст із підданим змінам навколишнім середовищем, значною щільністю населення, промислових та транспортних об'єктів, повсякденною діяльністю, що забезпечує його життєдіяльність та спричиняють значні викиди парникових газів, зумовлює суттєвий внесок у зміну клімату, що є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності.

Мета. Оцінка проявів зміни температури повітря на території м. Житомир за період 2000–2022 рр.

Методи. Статистичні, коефіцієнт суттєвості (істотності) відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень розраховували відповідно до методики Педя Д.А.

Результати. Інформаційною базою досліджень стали дані щодо середньорічних та середньомісячних температур повітря на території м. Житомир Житомирського обласного центру з гідрометеорології. Визначено, що за період 2000–2022 рр. років температура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °С порівняно з кліматичною нормою. Найбільш теплими за період спостережень виявилися 2015, 2019 та 2020 рр. На підставі розрахунку коефіцієнтів суттєвості (істотності) відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень визначено, що за окремими місяцями року за період 2000–2022 рр. у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних, у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, у решти 65,2% – умови, близькі до звичайних. Умови, які істотно відрізняються від середніх багаторічних у першому десятилітті мали місце у 20,4% випадків, а у другому – у 43,3%. За роками спостережень температурні умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, мали місце у 2002, 2007, 2008, 2015 – 2020 рр., близькі до звичайних – протягом решти років.

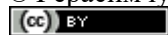
Висновки. Отримані результати є важливими щодо розуміння проблеми підвищення температури повітря у м. Житомир та розроблення заходів з адаптації до змін клімату на місцевому рівні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: потепління, кліматична норма, коефіцієнт суттєвості відхилень, зміна клімату, умови

Як цитувати: Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г. Прояв зміни температури повітря на території м. Житомир. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 6 - 16. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01>

In cites: Herasymchuk, L. O., Valerko, R. A., & Patseva, I. G. (2023). Air temperature change manifestation at the Zhytomyr territory. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 6 -16. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01> (in Ukrainian)

© Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Вступ

Зміна клімату – одна з найгостріших екологічних проблем сучасності, адже впливає на всі сфери життя людини, такі як охорона здоров'я, соціальна сфера, міграція, економіка, сільське господарство, інфраструктура. У доповіді МГЕЗК зазначено, що ми наразі на шляху до досягнення глобального потепління на 1,5 градуси протягом двох наступних десятиліть, зміна клімату є широко поширеною, швидкою та посилюється [1](AR6 Synthesis Report, 2023). Такі темпи здатні спричинити серйозні кліматичні зміни в результаті чого вже до 2050 року можуть відбутися незворотні зміни в екосистемах. За інформацією Climate Change Performance Index [2] Україна протягом останніх років посідає 20-те місце у рейтингу кліматичної політики. Наша держава має ряд міжнародно-правових зобов'язань у сфері зміни клімату. Наразі прийнято ряд важливих стратегічних [3] та планувальних документів у сфері зміни клімату та моніторингу парникових газів.

Урбанізація у поєднанні зі змінами клімату спричиняє загрозу національній безпеці державі. Територія міст із підданим змінам навколишнім середовищем, значною щільністю населення, промислових та транспортних об'єктів, повсякденною діяльністю, що забезпечує його життєдіяльність та спричиняють значні викиди парникових газів, зумовлює суттєвий внесок у зміну клімату. В свою чергу, зміни клімату також значною мірою впливають на міське життя від послуг міст, інфраструктури до здоров'я людей.

Питання дослідження міст та змінам клімату широко представлено в науковій літературі. Short J. R. та Farmer A. [4] розг-

лядали різницю між швидкими темпами зміни клімату та більш млявою здатністю міст до адаптації та пом'якшення наслідків, в Kumar P. [5], Leal Filho W. та ін. [6] – викиди, зумовлені зміною клімату, Wang X. та ін. [7], Lyon C.J. та ін. [8], Huang K. та ін. [9] – моделювання та прогнозування кліматичних змін, Filho W.L. та ін. [10], Lin B. B. та ін. [11], Пацева І. та ін. [12] – перешкоди та дорожню карту для визначення дій, які сприятимуть успішній реалізації інтегрованих кліматичних рішень. Зміни клімату досліджувалися і в містах України: Тернопіль [13], Новоград-Волинський [14], Коростень [15], а також за кордоном: Швейцарія [16], Китай [7], Париж [17].

Сучасні моделі кліматичних змін [9] передбачають, що середня максимальна температура в містах у всьому світі зросте на 2–8°C лише за кілька десятиліть. Згідно з даними Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) [18], середньорічна глобальна температура стабільно зростає з 1960-х років. З 1880 року середня глобальна температура зросла приблизно на 1 градус Цельсія (1,7° Фаренгейта). Очікується, що до 2050 року глобальна температура підвищиться приблизно на 1,5 градуси Цельсія (2,7 градуса Фаренгейта) і на 2-4 градуси Цельсія (3,6-7,2 градуса Фаренгейта) до 2100 року.

Наявні дослідження недостатньо висвітлюють питання сучасних змін окремих кліматичних параметрів на території міст Житомирської області, що й обумовило мету наших досліджень. Метою досліджень стала оцінка проявів зміни температури повітря на території м. Житомир за період 2000–2022 рр.

Методи дослідження

Інформаційною базою досліджень стали дані щодо середньорічних та середньомісячних температур повітря на території м. Житомир Житомирського обласного центру з гідрометеорології.

Коефіцієнт суттєвості відхилень (КСВ) температури повітря від середніх багаторічних значень розраховували відповідно до методики, наведеної у роботі [19].

Результати дослідження та обговорення

Зміна значень середньорічної температури повітря характеризує інтенсивність

зміни температурного режиму. Визначено, що за період 2000 – 2022 рр. років темпера-

тура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °C порівняно з кліматичною нормою (за період 2000 – 2010 років підвищення температури повітря склало 1,7 °C [9], а за 2011 – 2020 років – 3,5 °C), а відхилення від кліматичної норми (6,9 °C) становило від 0,9 (2004 р.) до 3,5 (2020 р.) °C (рис. 1а). Має місце тенденція до підвищення як середньорічних так і середньомісячних температур на території м. Житомир.

В роботах Марущак М. І. та ін. [13] відмічене зростання температури атмосферного повітря у м. Тернопіль в межах 0,8–2,3 °C з найвищим показником у 2015 р. за період 2005 – 2015 рр., Валерко Р. А. [15] – підвищення середньорічної температури по місту Коростень з 7,6 до 9,0 °C за період 2004–2014 рр., Герасимчук Л. О та ін. [14] – підвищення середньорічної температури повітря м. Новоград-Волинський відносно норми на 1,5 °C, середньомісячної – від 0,4 (жовтень) до 2,3 °C (липень), що протягом останніх десятиліть у 17 великих містах України середня річна температура повітря зросла на 0,7–1,2 °C за період 1991–20015 рр. В дослідженні Стрянець Г. В., та ін. [20], що стосувалися території природного заповідника «Розточчя» також зафіксоване підвищення температури, на 2,2 °C (2005–2020 рр.), та 3,2 °C (2016–2020 рр.).

В роботі Forster Р.М. та ін. [21] бвідзначено, що спричинене людиною потепління досягло 1,14 (0,9 до 1,4) °C в середньому за десятиліття 2013–2022 років і 1,26 (1,0 до 1,6) °C у 2022 році, а протягом 2013–

2022 років потепління, спричинене людиною, зростало з безпрецедентною швидкістю понад 0,2 °C за десятиліття.

Найбільш теплими за період наших спостережень виявилися 2015, 2019 та 2020 рр., середньорічна температура яких склала 10,1 °C, 10,3 °C та 10,4 °C відповідно, а найбільше підвищення температури відбулося у першу половину року. Дані підтверджуються й Lindsey R. та Dahlman L. [22], які вказують, що 19 із 20 найтепліших років припали на період з 2001 року та Шевченко О., Сніжко С. [23], якими визначено, що найсуттєвіше зростання середньої місячної температури повітря в сучасний період у містах України зафіксовано в січні та у літні місяці.

Відхилення від кліматичної норми середньорічних температур в розрізі окремих місяців за період 2000 – 2022 років варіювали від 0,8 °C у жовтні до 2,6 °C у липні (січень потеплішав в середньому на 2,5 °C, березень – на 2,4 °C, грудень та серпень – на 2,3 °C, квітень – на 2,2 °C, лютий – на 2,0 °C, на 2,0 °C, листопад – на 1,7 °C, травень – на 1,6 °C, червень – на 1,5 °C, вересень – на 1,2 °C (рис. 1б).

В роботі Марущак М. І. та ін. [13] підтверджують отримані дані щодо тенденції до потепління з ймовірністю значного підвищення температури саме у літні місяці.

Відмітимо, що за період 2011 – 2020 рр. зафіксовані відхиленнями від кліматичної норми перевищували аналогічні значення за 2000 – 2010 рр. у 1,1 (січень) – 3,9 (червень, серпень) рази (табл. 1).

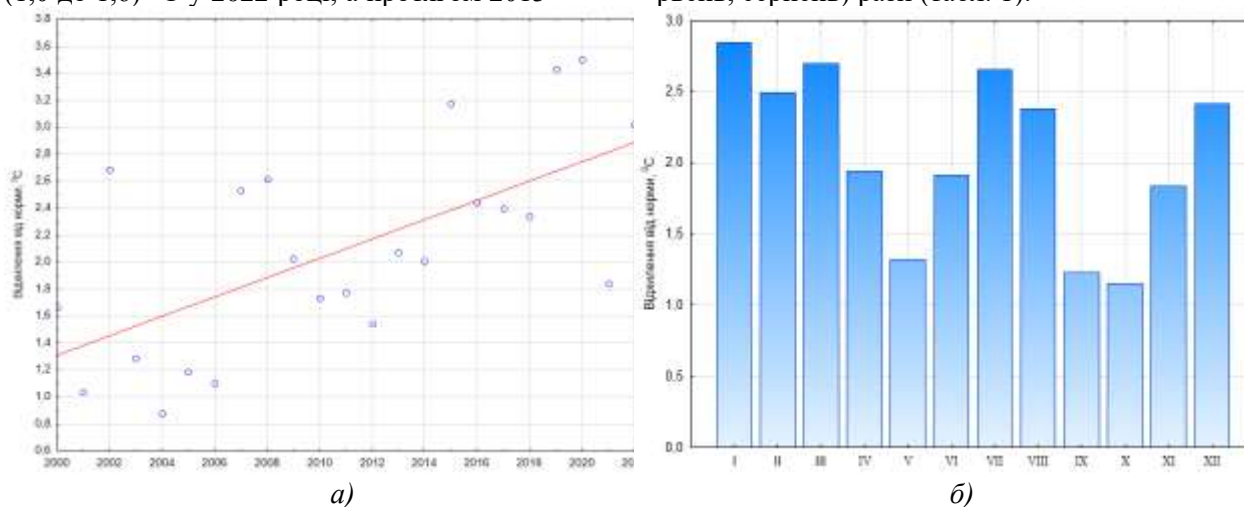


Рис. 1 – Відхилення від кліматичної норми за період 2000 – 2022 рр. середньорічної температури повітря (а) та в розрізі місяців року (б), 2000 – 2022 рр.

Fig. 1 – Deviations from the climatic norm for the period 2000-2022 of the average annual air temperature (a) and by months of the year (b), 2000-2022

Таблиця 1

Відхилення від кліматичної норми температури повітря в розрізі місяців року
за окремими періодами

Table 1

Deviations from the climatic norm of air temperature by months of the year by individual periods

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2000 – 2010 pp.											
2,5	2,1	2,1	2,1	1,6	1,1	0,7	2,6	2,0	0,6	0,8	2,4
2011 – 2020 pp.											
2,9	2,7	2,7	3,4	2,7	1,8	2,9	2,5	2,7	2,3	1,4	2,6
2021 – 2022 pp.											
4,4	3,7	3,7	2,4	-0,2	0,1	3,4	3,8	2,8	-0,6	1,7	1,6

Зимовий період 2000 – 2022 pp. відзначився найбільшим підвищенням середньомісячних температур на 2,3 °C (січень – на 2,5 °C, грудень – на 2,3 °C, лютий – на 2,0 °C), в той же час весняний – на 2,2 °C (березень – на 2,4 °C, квітень – на 2,2 °C, травень – на 1,6 °C), літній – на 2,1 °C (липень – на 2,6 °C, серпень – на 2,3 °C, червень – на 1,5 °C) та осінній – на 1,2 °C (листопад – на 1,7 °C, вересень – на 1,2 °C, жовтень – на 1,8 °C) (рис. 2).

За період досліджень значення середньомісячних температур відповідали кліматичній нормі лише у 1,4% (травень 2008 р. та 2021 р., червень 2000 р., листопад 2001 р.). Значення середньомісячних температур нижче кліматичної норми мали місце у всі роки спостереження, за виключенням періоду 2008 – 2009 pp., 2017 р. і 2019 р., не спостерігалось зменшення значень середньомісячної температури серпня. Лише 15,6% значень середньомісячних температур за 23-річний період досліджень були нижче кліматичної норми: січень 2006 р. (-1,6 °C) і 2010 р. (-2,6 °C), лютий 2003 р. (-2,3 °C), 2005 р. (-0,5 °C), 2006 р. (-1,2 °C), 2011 р. (-1,1 °C), 2012 р. (-6,0 °C), березень 2003 р. (-0,2 °C), 2005 р. (-1,4 °C), 2006 р. (-0,6 °C), 2013 р. (-1,7 °C), 2018 р. (-1,5 °C), квітень 2003 р. (-1,2 °C), 2021 р. (-0,2 °C), 2022 р. (-0,1 °C), травень 2001 р. (-0,6 °C), 2004 р. (-1,6 °C), 2006 р. (-0,1 °C), 2020 р. (-2,1 °C), червень 2001 р. (-1,2 °C), 2004 р. (-0,7 °C), липень 2000 р. (-0,1 °C), вересень 2000 р. (-1,6 °C), 2002 р. (-0,1 °C), 2003 р. (-0,2 °C), 2004 р. (-0,1 °C), 2013 р. (-0,7 °C), 2021 р. (-0,3 °C), 2022 р. (-0,8 °C), жовтень 2002 р. (-0,6 °C), 2003 р. (-1,1 °C), 2010 р. (-1,8 °C), 2011 р. (-0,5 °C), 2015 р. (-0,6 °C), 2016 р. (-0,9 °C), листопад

2005 р. (-0,1 °C), 2007 р. (-1,0 °C), 2014 р. (-0,1 °C), 2016 р. (-0,7 °C), 2018 р. (-0,8 °C), грудень 2001 р. (-5,0 °C), 2010 р. (-1,7 °C) і 2012 р. (-2,8 °C) (рис. 2).

У дослідженнях Arnell N.W. та ін. [24] доведено, що різні ризики зростають зі зміною температури. Наприклад, глобальна середня ймовірність великої спеки зростає з 5% у 1981–2010 роках до 28% при 1,5 °C і 92% при 4 °C, сільськогосподарської посухи зростає з 9 до 24% при 1,5 °C і 61 % при 4 °C, а за 50-річний повторюваний період річковий паводок збільшується з 2 до 2,4% при 1,5 °C і 5,4% при 4 °C. А відповідно до сценаріїв RCP4.5, RCP6.0 і RCP8.5, змодельованих в роботі Wang X. [7], щорічне підвищення температури прогнозується в діапазоні 0,8–1,2°C для 2040 року, 1,5–2,7°C для 2070 року та 1,6–4,4°C відповідно.

Наступним етапом досліджень став розрахунок коефіцієнтів суттєвості відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень ($K_{CB_{TII}}$), результати чого представлено на рис. 3 і за якими можна судити про температурні умови, які мали місце протягом досліджуваного періоду на території м. Житомир.

За окремими місяцями року за досліджуваний період у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних (січень 2007 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,086$), квітень 2018 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,346$), червень 2019 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,078$), вересень 2015 р. та 2020 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,010$), жовтень 2008 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 1,762$), листопад 2010 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,201$), грудень 2003 р. ($|K_{CB_{TII}}| = 2,424$), у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних (січень 2001 р., 2005 р., 2008 р., 2011 р., 2015 р., 2018 р., 2020 р. і 2022 р.; лютий 2002 р., 2008 р., 2012 р., 2016 р., 2019 р., 2020 р. і 2022 р.; березень 2002 р., 2007 – 2008 pp., 2014 –

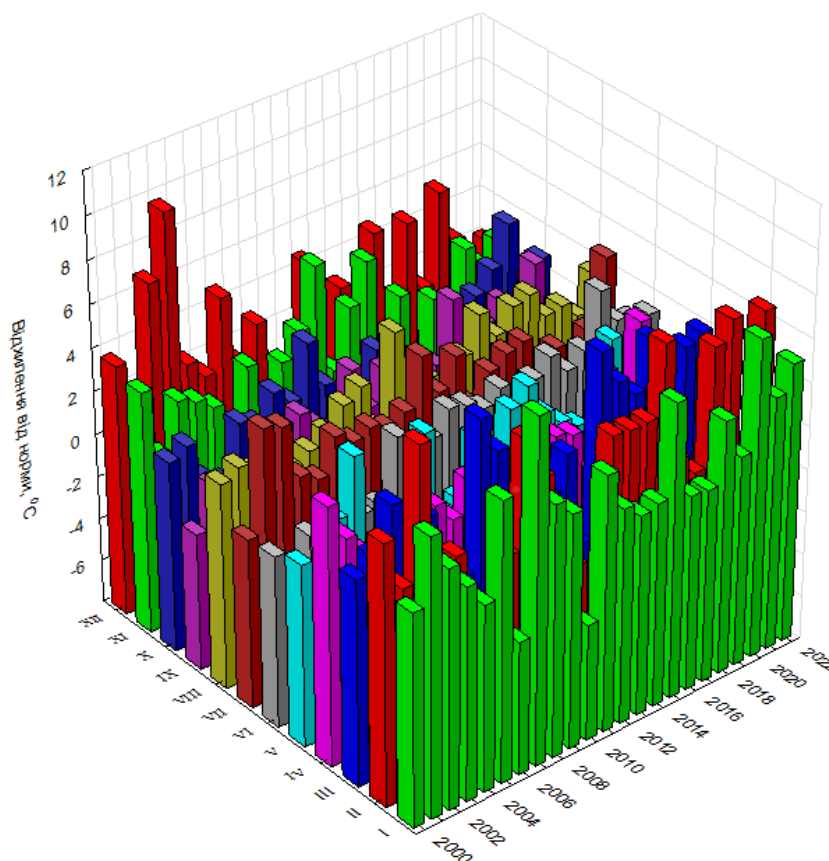


Рис. 2 – Відхилення від норми середньомісячних температур протягом 2000 – 2018 років
Fig. 2 – Deviations from the norm of average monthly temperatures during 2000-2018

2017 рр. і 2019 – 2020 рр.; квітень 2000 р., 2009 р., 2012 р. і 2016 р.; травень 2003 р., 2007 р., 2010 р., 2012 – 2014 рр. і 2018 р.; червень 2007 р., 2010 – 2011 рр., 2013 р., 2015 – 2016 рр., 2018 р. і 2020 – 2022 рр.; липень 2001 – 2002 рр., 2010 р., 2012 р., 2015 – 2016 рр. і 2021 р.; серпень 2007 – 2008 рр., 2010 р., 2015 – 2020 рр. і 2022 р.; вересень 2009 р., 2011 – 2012 рр. і 2016 – 2019 рр.; жовтень 2013 р., 2018 – 2019 рр. і 2022 р.; листопад 2000 р., 2009 р., 2012 – 2013 рр., 2015 р., 2019 р. і 2021 р.; грудень 2001 – 2002 рр., 2006 р., 2011 р., 2015 р., 2017 р. і 2019 р.) та у решти 65,2% – умови, близькі до звичайних (рис. 3).

Порівнюючи між собою періоди 2000 – 2010 рр. та 2011 – 2020 рр., варто відмітити, що умови, які істотно відрізняються від середніх багаторічних ($|KCB_{TII}|$ від 1 до 2) у першому десятилітті мали місце у 20,4% випадків, а у другому – у два рази більше – у 43,3%. В розрізі сезонів року саме влітку спостерігалось найбільше випадків, коли мали умови, які істотно відрізняються від середніх багато-

річних – 39,1% (взимку – 31,9%, навесні – 29%, восени – 26,1%) (рис. 3).

За досліджуваний період на підставі значень KCB_{TII} зафіксовані наступні температурні умови:

- близькі до звичайних мали місце у 2000 р. ($|KCB_{TII}| = 0,742$), 2001 р. ($|KCB_{TII}| = 0,463$), 2003 р. ($|KCB_{TII}| = 0,575$), 2004 р. ($|KCB_{TII}| = 0,392$), 2005 р. ($|KCB_{TII}| = 0,530$), 2006 р. ($|KCB_{TII}| = 0,492$), 2009 р. ($|KCB_{TII}| = 0,907$), 2010 р. ($|KCB_{TII}| = 0,776$), 2011 р. ($|KCB_{TII}| = 0,795$), 2012 р. ($|KCB_{TII}| = 0,690$), 2013 р. ($|KCB_{TII}| = 0,929$), 2014 р. ($|KCB_{TII}| = 0,899$), 2021 р. ($|KCB_{TII}| = 0,824$) та 2022 р. ($|KCB_{TII}| = 0,981$);

- умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, були характерні для 2002 р. ($|KCB_{TII}| = 1,201$), 2007 р. ($|KCB_{TII}| = 1,134$), 2008 р. ($|KCB_{TII}| = 1,172$), 2015 р. ($|KCB_{TII}| = 1,421$), 2016 р. ($|KCB_{TII}| = 1,093$), 2017 р. ($|KCB_{TII}| = 1,071$), 2018 р. ($|KCB_{TII}| = 1,048$), 2019 р. ($|KCB_{TII}| = 1,537$), 2020 р. ($|KCB_{TII}| = 1,567$).

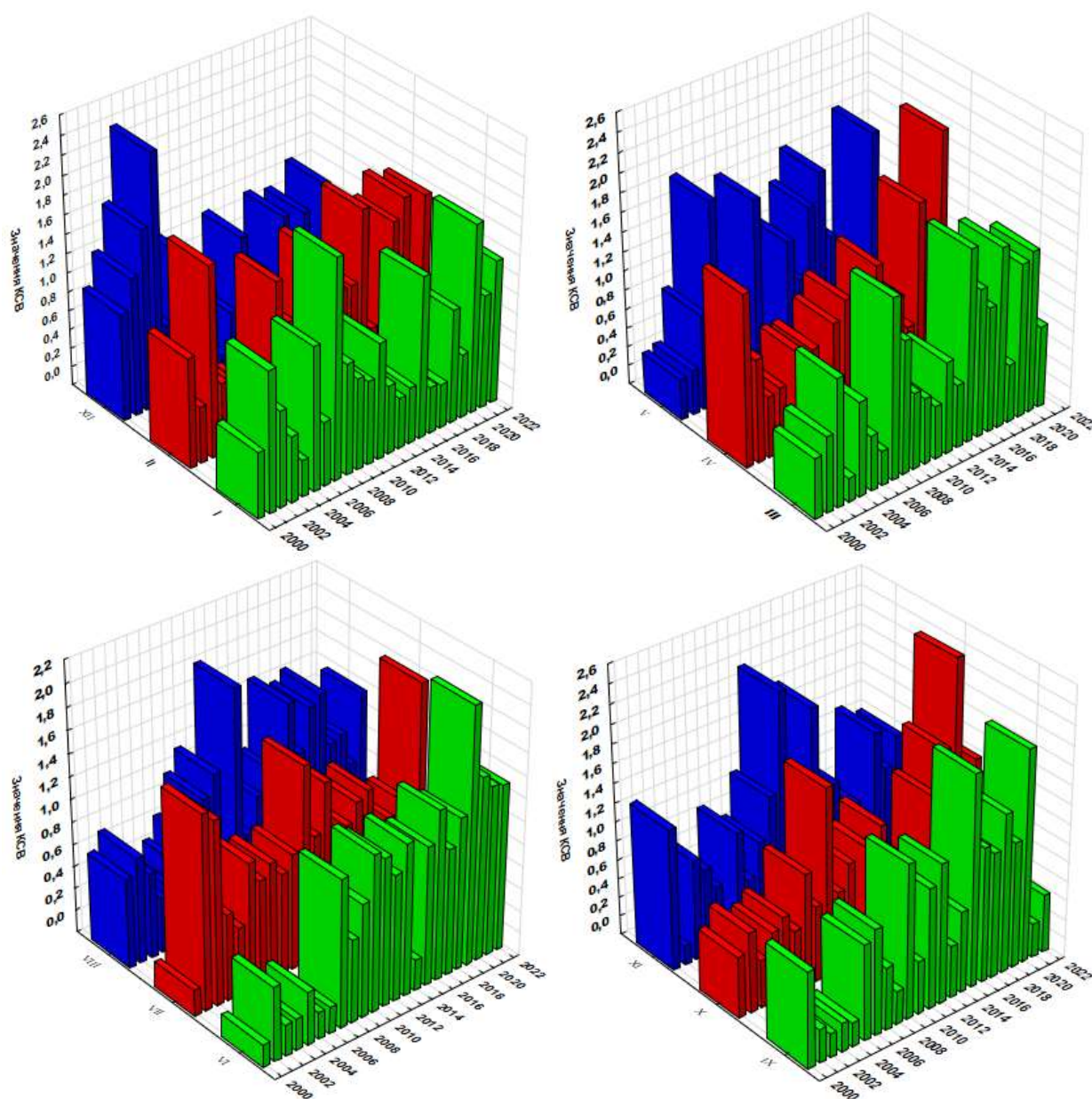


Рис. 3 - Коефіцієнти суттєвості відхилень температури повітря від середніх багаторічних значень за період 2000 – 2022 років

Fig. 3 - Significance coefficients of deviations of air temperature from long-term averages for the period 2000-2022

Враховуючи, що саме на місцевому рівні найбільше відчуються наслідки зміни клімату, саме звідси повинні прийматися заходи щодо адаптації до них. Одним з прикладів на території міста Житомир є Державний університет «Житомирська політехніка», який усвідомлюючи свою роль, як закладу вищої освіти у формуванні політики з урахуванням ЦСР, наказом від 01 вересня 2021 р. №517/од затвердив Страте-

гію щодо адаптації до зміни клімату [3], основними цілями якої є врахування впливу зміни клімату у загально-організаційній та адміністративно-господарській діяльності, запобігання зміни клімату через скорочення викидів та збільшення поглинання парникових газів, посилення наукового забезпечення у сфері адаптації до зміни клімату, підвищення обізнаності, рівня освіти, підготовки кадрів у сфері адаптації до зміни

клімату, що успішно реалізуються у загально-організаційній та адміністративно-господарській, освітній, науковій та позачасовій діяльності.

Short J.R. та Farmer A. [4] потепління вважають екзистенційною кризою, що швидко наближається, що у короткостроковій та середньостроковій перспективі вже вплинула на міста, а адаптація до змін клімату в містах суперечить швидким темпам глобального потепління та прискоренню зміни клімату, Abbass K. та ін. [25] – глобальною загрозою, яка чинить тиск на різні сектори. В роботі Lyon C.J. та ін. [8] зазначено, що критичні проблеми з виробництвом їжі та викликані кліматом міграцією людей виникнуть задовго до 2100 року, що порушить питання щодо придатності для життя деяких регіонів Землі після рубежу століть. Дослідженнями Vicedo-Cabrera A.M. та ін. [16] зроблено висновок, що зміна клімату є суттєвою причиною надзвичайного надмірного тягаря для здоров'я. Lenton T.M. та ін. [26] своїми дослідженнями показують, що зміна клімату вже вивела ~9% людей (>600 мільйонів) за межі ніші, а до кінця століття (2080–2100 рр.) нинішня політика, яка призведе до глобального потепління приблизно на 2,7 °C, може залишити одну третину (22–39%) людей поза нішою.

Huang K. та ін. [9] прогнозують збільшення міст та інтенсифікації теплового острова до 2050 року. В їх праці показано, що розширення міст спричинить таке ж значне потепління, як і внаслідок викидів парникових газів або навіть більше. А викиди, потепління і соціально-економічний розвиток називають чинниками зростаючих ризиків екстремальної спеки. І саме політи-

ка щодо обмеження або перерозподілу розширення чи планування міст є важливою у стратегії пом'якшення міського тепла, що забезпечить зменшення негативного впливу останнього на здоров'я людини, енергетичні системи, міські екосистеми та інфраструктуру. Patseva I. та ін. [12] в якості ефективного засобу для поліпшення екологічної ситуації в містах та відмінного способу благоустрою території, районів, будинків пропонують зовнішнє озеленення будівель. Leal Filho W. та ін. [6] підкреслюють, що після недавніх смертельних хвиль спеки в багатьох країнах існує явний тиск щодо впровадження планів, і тому їх розвиток був обов'язково швидким. Автори рекомендують послідовно розробляти зміст таких планів у міру накопичення інформації про ефективність втручань, щоб зробити громади менш вразливими до вже триваючих наслідків зміни клімату шляхом жорсткої політики пом'якшення наслідків, щоб зменшити викиди парникових газів, та проведення адаптаційних заходів з боку охорони здоров'я. Lin B. та ін. [11] зазначають, що інтеграція рішень для адаптації до зміни клімату пропонує можливості та великий потенціал для довгострокових стійких змін, а краще розуміння того, як створювати сприятливі середовища, як інтегрувати рішення в різних контекстах, як рішення можуть бути взаємодоповнюючими, а також як передавати та масштабувати рішення – все це важливі наступні кроки для впровадження інтегрованих рішень у рішення щодо адаптації міст у всьому світі.

Підняття питання зміни клімату на місцевому рівні є важливим кроком у подоланні невідомості та підвищення рівня знань населення.

Висновки

За період 2000–2022 рр. років температура повітря на території міста збільшилася на 1,9 °C порівняно з кліматичною нормою, а найбільш теплими виявилися 2015, 2019 та 2020 рр. За окремими місяцями року за період 2000–2022 рр. у 2,9% фіксувалися умови, наближені до екстремальних, у 31,9% – умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, у решти 65,2% – умови,

близькі до звичайних. За роками спостережень температурні умови, що істотно відрізняються від середніх багаторічних, мали місце у 2002, 2007, 2008, 2015 – 2020 рр. (КСВ_{тп} від 1,048 до 1,567).

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у проведенні оцінки кліматичних змін на території інших міст Житомирської області.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

Список використаної літератури

1. IPCC, Synthesis Report of the Sixth Assessment Report: Climate change 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr> (дата звернення 04.10.2023)
2. Climate Change Performance Index (CCPI). URL: <https://ccpi.org> (дата звернення 04.10.2023)
3. Strategies for Climate Change Adaptation of the State University "Zhytomyr Polytechnic". URL: <https://docs.ztu.edu.ua/?mdocs-file=1636> (дата звернення 04.10.2023)
4. Short J. R., Farmer A. Cities and Climate Change. *Earth*. 2021. Vol. 2, No 4. P. 1038–1045. DOI: <https://www.mdpi.com/2673-4834/2/4/61>
5. Kumar P. Climate Change and Cities: Challenges Ahead. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2021. Vol. 3. DOI: <https://10.3389/frsc.2021.645613>
6. Leal F. W., Tuladhar L., Li C., Balogun A.-L. B., Kovaleva M., Abubakar I. R., Azadi H., Donkor F. K. K. Climate change and extremes: implications on city livability and associated health risks across the globe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. 2023. Vol. 15, No 1. P. 1–19. DOI: <https://10.1108/IJCCSM-07-2021-0078>
7. Wang X., Hou X., Piao Y., Li Y. Climate Change Projections of Temperature Over the Coastal Area of China Using SimCLIM. *Front. Environ. Sci., Sec. Interdisciplinary Climate Studies*. 2021. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.782259>
8. Lyon C. J., Saupé E. E., Smith C. J., Hill D. J., Beckerman A. P., Stringer L. C., Aze T. Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*. 2021. Vol. 28, No 2. P. 349–361. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15871>
9. Huang K., Li X., Liu X., Seto K. C. Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environ Res Lett*. 2019. Vol. 14, 114037. DOI: <https://10.1088/1748-9326/ab4b71>
10. Filho W. L., Balogun A. L., Olayide O. E., Azeiteiro U. M., Ayal D. Y., Muñoz P. D. C., Nagy G. J., Bynoe P., Oguge O., Yannick T. N., Saroar M., Li C. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Sci Total Environ*. 2019. Vol. 692. P. 1175–1190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227>
11. Lin B. B., Ossola A., Alberti M., Andersson E., Bai X., Dobbs C., Elmqvist T., Evans K. L., Frantzeskaki N., Fuller R. A., Gaston K. J., Haase D., Jim C. Y., Konijnendijk C., Nagendra H., Niemelä J., McPhearson T., Moomaw W. R., Parnell S., Pataki D., Ripple W. J., Tan P. Y. Integrating solutions to adapt cities for climate change. *The Lancet Planetary Health*. 2021. Vol. 5, No 7. P. 479–486. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00135-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00135-2)
12. Пацева І., Алпатова О., Рибак О., Циганенко-Дзюбенко І., Медвідь О. Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. №3. С. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9>
13. Марущак М. І., Криницька І. Я., Руденко О. В., Габор Г. Г. Особливості зміни клімату у місті Тернопіль: чи відображають регіональні зміни глобальні процеси? *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2017. № 2(72). С. 62–68. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2017.2.8108>
14. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Мартенюк Г. М. Тенденції зміни клімату на території м. Новоград-Волинський Житомирської області. *Наукові горизонти*. 2018. №2(65). С. 42–50. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9497> (дата звернення 04.10.2023)
15. Валерко Р. А. Екологічна оцінка змін клімату на території м. Коростень Житомирської області. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2(50), т. 1. С. 46–54. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3334> (дата звернення 04.10.2023)
16. Vicedo-Cabrera A. M., Schrijver E., Schumacher D. L., Ragettli M. S., Fischer E. M., Seneviratne S. I. The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *Environmental Research Letters*. 2023. Vol. 18, No 7. 074037. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0d0>
17. McKay D. I. A., Staal A., Abrams J. F., Winkelmann R., Sakschewski B., Loriani S., Fetzer I., Cornell S. E., Rockström J., Lenton T. M. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*. 2022. Vol. 377, No 6611. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>

18. NOAA, National Centers for Environmental Information. State of the Climate: Global Climate Report for 2022. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213> (дата звернення 04.10.2023)
19. Herasymchuk L. O., Valerko R. A. Coverage of climate change trends in Zhytomyr over a 19-year period. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural science*: Collective monograph. Riga: Baltija Publishing, 2020. P. 85-101. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.6>
<http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/61/1107/2449-1>
20. Стрямець Г. В., Прикладівська Т. Р., Гребельна В. О., Скобало О. С., Ференц Н. М. Оцінка кліматичних тенденцій в Українському Розточчі за результатами динаміки пльовіотермічних умов. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 130–151. DOI: <https://doi.org/10.15421/41213>
21. Forster P. M., Smith C. J., Walsh T., Lamb W. F., Lamboll R., Hauser M., Ribes A., Rosen D., Gillett N., Palmer M. D., Rogelj J., von Schuckmann K., Seneviratne S. I., Trewin B., Zhang X., Allen M., Andrew R., Birt A., Borger A., Boyer T., Broersma J. A., Cheng L., Dentener F., Friedlingstein P., Gutiérrez J. M., Gütschow J., Hall B., Ishii M., Jenkins S., Lan X., Lee J.-Y., Morice C., Kadow C., Kennedy J., Killick R., Minx J. C., Naik V., Peters G. P., Pirani A., Pongratz J., Schleussner C.-F., Szopa S., Thorne P., Rohde R., Rojas Corradi M., Schumacher D., Vose R., Zickfeld K., Masson-Delmotte V., Zhai P. Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth Syst. Sci. Data*. 2023. Vol. 15. P. 2295–2327. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023>
22. Lindsey R., Dahlman, L. Climate Change: Global Temperature. URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (дата звернення 04.10.2023)
23. Шевченко О., Сніжко С. Зміна клімату та українські міста: прояви та проєкції до кінця XXI століття на основі RCP-сценаріїв. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2019. № 2(75). С. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019..75.2>
24. Arnell N. W., Lowe J. A., Challinor A. J., Osborn T. J. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*. 2019. Vol. 155. P. 377–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
25. Abbass K., Qasim M. Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res*. 2022. Vol. 29. P. 42539–42559. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
26. Lenton T. M., Xu C., Abrams J. F., Ghadiali A., Loriani S., Sakschewski B., Zimm C., Ebi K. L., Dunn R. R., Svenning J.-C., Scheffer M. Quantifying the human cost of global warming. *Nat Sustain*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>

Стаття надійшла до редакції 04.10.2023

Стаття рекомендована до друку 12.11.2023

L. O. HERASYMCHUK¹, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: Gerasim4uk@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3166-5588>

P. A. VALERKO¹, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: valerko_ruslana@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4716-0100>

I. G. PATSEVA¹, DSc (Technical Sciences), Prof.,

Head of the Department of Ecology and Environmental Technologies

e-mail: rig@ztu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>

¹State University "Zhytomyr Polytechnic"

m. Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine

AIR TEMPERATURE CHANGE MANIFESTATION AT THE ZHYTOMYR TERRITORY

The territory of cities with a changing environment, a significant density of population, industrial and transport facilities, daily activities that ensure its vital activity and cause significant greenhouse gas emissions,

causes a significant contribution to climate change, which is one of the most acute environmental problems of our time.

Purpose. To assess the manifestations of air temperature changes in the city of Zhytomyr for the period 2000-2022.

Methods. Statistical, the coefficient of deviation essentiality of air temperature from the average long-term values was calculated in accordance with the methodology of Pede D.A. .

Results. The information base of the research was the data on average annual and average monthly air temperatures in Zhytomyr of the Zhytomyr Regional Centre for Hydrometeorology. It was determined that in the period 2000–2022, the air temperature in the city increased by 1.9 °C compared to the climatic norm. 2015, 2019, and 2020 were the warmest during the period of our observations. Based on the calculation of the coefficients of deviation essentiality of air temperature deviations from long-term average values, it was determined that for individual months of the year for the period 2000–2022, 2.9% of recorded conditions were close to extreme, and 31.9% – recorded conditions that differ significantly from the perennial average, the remaining 65.2% have conditions close to normal. According to the years of observation, temperature conditions that are significantly different from the long-term average occurred in 2002, 2007, 2008, 2015-2020, close to normal - during the rest of the years.

Conclusion. The obtained results are important for understanding the problem of increasing air temperature in Zhytomyr and developing measures to adapt to climate change at the local level.

KEYWORDS *warming, climate norm, coefficient of deviation essentiality, climate change, conditions*

References

1. IPCC, Synthesis Report of the Sixth Assessment Report: Climate change 2023. (2023). Retrieved from <https://www.ipcc.ch/ar6-syr>
2. Climate Change Performance Index (CCPI). (2023). Retrieved from <https://ccpi.org>
3. Strategies for Climate Change Adaptation of the State University "Zhytomyr Polytechnic". Retrieved from <https://docs.ztu.edu.ua/?mdocs-file=1636>
4. Short, J.R., & Farmer, A. (2021). Cities and Climate Change. *Earth*, 2(4), 1038-1045. <https://www.mdpi.com/2673-4834/2/4/61>
5. Kumar, P. (2021). Climate Change and Cities: Challenges Ahead. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. <https://10.3389/frsc.2021.645613>
6. Leal Filho, W., Tuladhar, L., Li, C., Balogun, A.-L.B., Kovaleva, M., Abubakar, I.R., Azadi, H., & Donkor, F.K.K. (2023). Climate change and extremes: implications on city livability and associated health risks across the globe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 15(1), 1-19. <https://10.1108/IJCCSM-07-2021-0078>
7. Wang, X., Hou, X., Piao, Y., & Li, Y. (2021). Climate Change Projections of Temperature Over the Coastal Area of China Using SimCLIM. *Front. Environ. Sci., Sec. Interdisciplinary Climate Studies*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.782259>
8. Lyon, C.J., Saupe, E.E., Smith, C.J., Hill, D.J., Beckerman, A.P., Stringer, L.C., & Aze, T. (2021). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*, 28(2), 349-361. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15871>
9. Huang, K., Li, X., Liu, X., & Seto, K.C. (2019). Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environ Res Lett.*, 14, 114037. <https://10.1088/1748-9326/ab4b71>
10. Filho, W.L., Balogun, A.L., Olayide, O.E., Azeiteiro, U.M., Ayal, D.Y., Muñoz, P.D. C., Nagy, G.J., Bynoe, P., Ogue, O., Yannick, T.N., Saroar, M., & Li C. (2019). Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Sci Total Environ.*, 692, 1175–1190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227227>
11. Lin, B.B., Ossola, A., Alberti, M., Andersson, E., Bai, X., Dobbs, C., Elmqvist, T., Evans, K.L., Frantzeskaki, N., Fuller, R.A., Gaston, K.J., Haase, D., Jim, C.Y., Konijnendijk, C., Nagendra, H., Niemelä, J., McPhearson, T., Moomaw, W.R., Parnell, S., Pataki, D., Ripple, W.J., & Tan, P.Y. (2021). Integrating solutions to adapt cities for climate change. *The Lancet Planetary Health*, 5(7), 479-486. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00135-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00135-2)
12. Patseva, I., Alpatova, O., Rybak, O., Tsyhanenko-Dziubenko, I., & Medvid, O. (2022). "Rooftop gardening as an adaptation measure of the climate changes a case study of Zhytomyr". *Problemy khimii ta staloho rozvytku*, 3, 67–74. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9> (in Ukrainian)
13. Marushchak, M.I., Krynytska, I.Ya., Rudenko, O. V., & Habor, H.H. (2017). "The Features of Climate Changes in Ternopil: do the Regional Changes Represent Global Processes?" *Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorov'ia Ukrainy*, 2(72), 62-68. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2017.2.8108> (in Ukrainian)

14. Herasymchuk, L.O., Valerko, R.A., & Marteniuk, H.M. (2018). Climate change tendencies on the territory of the city of Novohrad-Volynskiy in Zhytomyr region". *Naukovi horyzonty*, 2(65), 42–50. Retrieved from <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9497> (in Ukrainian)
15. Valerko, R.A. (2015). "The ecological assessment of climate changes on the territory of the city of Korosten of Zhytomyr region". *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroeklohichnoho universytetu*, 2(50), 46–54. Retrieved from <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3334> (in Ukrainian)
16. Vicedo-Cabrera, A.M., Schrijver, E., Schumacher, D.L., Ragettli, M.S., Fischer, E.M., & Seneviratne, S.I. (2023). The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *Environmental Research Letters*, 18(7), 074037. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ace0d0>
17. McKay, D.I.A., Staal, A., Abrams, J.F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S.E., Rockström, J., & Lenton, T.M. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611). <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>
18. NOAA National Centers for Environmental Information. State of the Climate: Global Climate Report for 2022. (2023). Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202213>
19. Herasymchuk, L.O., & Valerko, R.A. (2020). Coverage of climate change trends in Zhytomyr over a 19-year period. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural science*: Collective monograph (85-101). Riga: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.6>
20. Striamets, H., Prykladivska, T., Hrebelna, V., Skobalo, V., & Ferents, N. (2021). "The appraisal of climate trends in the Ukrainian Roztochya on the basis of pluviothermal conditions". *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy*, 23, 130-151. <https://doi.org/10.15421/41213> (in Ukrainian)
21. Forster, P.M., Smith, C.J., Walsh, T., Lamb, W.F., Lamboll, R., Hauser, M., Ribes, A., Rosen, D., Gillett, N., Palmer, M. D., Rogelj, J., von Schuckmann, K., Seneviratne, S.I., Trewin, B., Zhang, X., Allen, M., Andrew, R., Birt, A., Borger, A., Boyer, T., Broersma, J.A., Cheng, L., Dentener, F., Friedlingstein, P., Gutiérez, J. M., Gütschow, J., Hall, B., Ishii, M., Jenkins, S., Lan, X., Lee, J.-Y., Morice, C., Kadow, C., Kennedy, J., Killick, R., Minx, J.C., Naik, V., Peters, G.P., Pirani, A., Pongratz, J., Schleussner, C.-F., Szopa, S., Thorne, P., Rohde, R., Rojas Corradi, M., Schumacher, D., Vose, R., Zickfeld, K., Masson-Delmotte, V., & Zhai, P. (2023). Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 2295–2327. <https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023>
22. Lindsey, R., & Dahlman, L. (2023). Climate Change: Global Temperature. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
23. Shevchenko, O., & Snizhko, S. (2019). "Climate Change and Ukrainian Cities: Manifestations and Projections on 21st Century Based on RCP-Scenarios". *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, 2(75), 11-18. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.75.2> (in Ukrainian)
24. Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J., & Osborn, T.J. (2019). Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155, 377–391. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
25. Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res*, 29, 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
26. Lenton, T.M., Xu, C., Abrams, J.F., Ghadiali, A., Loriani, S., Sakschewski, B., Zimm, C., Ebi, K.L., Dunn, R.R., Svenning, J.-C., & Scheffer, M. (2023). Quantifying the human cost of global warming. *Nat Sustain.* <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>

The article was received by the editors 04.10.2023
The article is recommended for printing 12.11.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-02>

УДК(UDC): 504.4.054

О. В. БІРЮКОВ, канд. географ. наук, доц.,

Директор коледжу

e-mail: alexbirukov@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-5569>

Харківський природоохоронний фаховий коледж ОДЕКУ,

вул. Кооперативна, 10, м. Харків, 61003, Україна

ГІДРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗМІН ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ОСКІЛ

Мета. Гідрохімічний аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Оскіл.

Методи. Порівняння гідрохімічних показників з нормами гранично допустимих концентрацій (ГДК). Для визначення критерію якості води взяті ГДК для рибогосподарських водойм. Загальну оцінку якості вод визначено методами: індексу забруднення води (ІЗВ), модифікованого ІЗВ та питомого комбінаторного індексу забруднення води (КІЗ).

Результати. На основі індексу забрудненості води визначено, що річка відповідає від категорії «дуже чиста» до «помірно забруднена». Індекс забруднення води річки Оскіл свідчить, що верхня течія відповідає II класу «чиста», але біля м. Куп'янськ якість води погіршується до III класу «помірно забруднена», а далі за течією знову стає II класу «чиста». За методикою питомого комбінаторного індексу забруднення води, вода річки оцінюється від «дуже чистої» до «помірно забрудненої». У воді РН змінювався у межах з 6,08 – 9,27. Загальна жорсткість води змінювалась у межах 10,0 – 2,8 ммоль/дм³. Рівень кисню вказує на прийнятний стан води на більшості ділянок. Сполуки, концентрація яких найчастіше перевищує ГДК для всіх постів спостережень, це: хром 6+, марганець, мідь, нафтопродукти. Інші сполуки також можуть перевищувати ГДК у деяких постах та роках спостережень, включаючи залізо заг., сульфати, цинк 2+, нітрити, кобальт, феноли та БСК₅.

Висновки. У якості води річки Оскіл виявлені значні варіації концентрацій хімічних елементів на різних ділянках. Індекс забруднення води р. Оскіл за розрахунками ІЗВ мод. показує, що в більшості випадків за всі роки спостережень річка відповідає III класу «помірно забруднена». Зміна показника КІЗ вздовж р. Оскіл свідчить, що рівень забруднення річки є низьким на всій її довжині і вона переважно залишається під впливом незначного антропогенного впливу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: якість води, річка Оскіл, індекс забруднення води, питомий комбінаторний індекс

Як цитувати: Бірюков О. В. Гідрохімічний аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Оскіл. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 17 – 25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-02>

In cites: Biryukov, O. V. (2023). Hydrochemical analysis of surface water quality dynamics in the Oskil river. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 17 - 25. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-02> (in Ukrainian)

Вступ

Вивчення якості поверхневих вод має велике значення з екологічної, економічної та соціальної точок зору. Забруднення води може мати негативний вплив на екосистему річки, включаючи рибний фонд та інші водні організми. Крім того, забруднена вода може бути небезпечною для людського здоров'я при використанні в питному режимі. Також,

забруднення води може призвести до зниження якості ґрунту та вплинути на сільське господарство. Тому вивчення якості поверхневих вод є важливою задачею.

В даний час, дослідження гідрохімічного режиму поверхневих вод є актуальною темою, оскільки вода є одним з найважливіших ресурсів для життя. Річка Оскіл, найбі-

© Бірюков О. В., 2023



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

льша притока р. Сіверський-Донець, є одним з основних джерел питної води сходу України, а також, її води, використовуються для зрошення сільськогосподарських угідь та промислових потреб. Однак, через людську діяльність, військову агресію росії її стан погіршується. Тому важливо проводити гідрохімічний аналіз для вивчення динаміки змін якості поверхневих вод. Визначення якості води р. Оскіл допоможе при встановленні екологічних збитків завданих військовою агресією росії [1].

Дослідження гідрохімічного режиму вод у басейні річки Сіверський Донець проводились у різні роки. Комплексне, фундаментальне, дослідження води басейну річки, проведене в УкрНИГМИ, за редакцією М.С. Каганером в кінці 60-х років минулого століття [2]. Сучасні дослідження екологічного та гідрохімічного режиму в басейні річки Сіверський Донець проводились О. М. Крайнюковим [3, 4], А.В. Гриценко, О.Г. Васенко [5, 6], Г. В. Коробковою [7], В. І. Осадчим, Н. М. Осадчою, О. О. Ухань [8, 9].

Головними джерелами забруднення поверхневих вод у басейні річки Оскіл є міські очисні споруди стічних вод, підприємства хімічної галузі, вугільні шахти та інші підприємства. Кількісні показники скидів стічних вод у басейн вказане у роботі [10]. В межах Харківської області за розрахунками виносу забруднюючих речовин в водотоки басейну р. Оскіл з поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь та з урбанізованих територій, мають значний вплив дифуз-

ні джерела забруднення на якісний стан водних об'єктів [10].

Дослідження якості поверхневих вод у басейні р. Оскіл показує, що за максимальним значенням показників загальний екологічний індекс вказує про погіршення якості води за екологічним станом до оцінки «задовільна» та за ступенем чистоти як «слабко забруднена». Також визначено, що основними лімітуючими показниками погіршення якості води, є біогенні речовини, такі як нітрати, нітрити, фосфати [11,12].

Річка Оскіл починає свій шлях на Середньоросійській височині, у балці села Погоже, Курської області, Російської Федерації. Вона тече у північно-південному напрямку через Білгородську область, РФ та перетинає кордон з Україною біля села Тополя. Потім річка проходить через Харківську область і впадає у річку Сіверський Донець з лівого берега поблизу села Синичине на відстані 580 км від гирла. Загальна довжина річки Оскіл становить 436 км, площа водозбору - 14680 км², загальне падіння - 125,8 м, а загальний ухил - 0,29 ‰. У межах України протяжність річки Оскіл складає 182 км, а площа її басейну - 3687 км² [13].

Метою дослідження є гідрохімічний аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Оскіл. Дослідження передбачає аналіз концентрацій хімічних елементів у пробах води з різних ділянок річки та визначення основних хімічних параметрів, що впливають на якість води.

Методи дослідження

В роботі використані результати гідрохімічних досліджень поверхневих вод Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів (СД БУВР) [14]. Моніторинг якості води р. Оскіл включав спостереження за гідрохімічними показниками на постах р. Оскіл: 1 – Пост (176 км), с. Тополі, (кордон з Росією); 2 – Пост (157 км), смт. Дворічне, (не функціонує); 3 – Пост (112 км), нижче міста Куп'янськ, міст; 4 – Пост (11 км), Оскільське вдсх., н/б'єф; 5 – Пост с. Оскіл, гирло [15].

Програма моніторингу на постах хімічної лабораторії СД БУВР велася за речовинами: алюміній, азот амонійний, залізо, магній, мідь, кадмій, кобальт, марганець, нікель, нітрати, нітрити, ртуть, СПАР, сульфати, феноли, хлориди, хром⁶⁺, цинк²⁺,

хром³⁺, ХСК, кальцій, фосфати, нафтопродукти, сухий залишок, сульфід, хром, взв. р-ни, Ph, б/п, жорсткість, прозорий., кольоровість, температура, розчин.О₂, сум.в-актив, сторон 90 вод, окис. перман., лужність, амоній сол..

Для оцінки якості поверхневих вод р. Оскіл були використані методи порівняння гідрохімічних показників з нормами гранично допустимих концентрацій (ГДК) [16-18]. Для визначення критерію якості води взяті ГДК для рибогосподарських водойм [19]. На першому етапі досліджень було проведено збір, систематизацію та обробку наявної початкової гідрохімічної інформації щодо якості води річки Оскіл.

Загальну оцінку якості вод визначено методами: індексу забруднення води (ІЗВ),

модифікованого $IЗВ$ та питомого комбінаторного індексу забруднення води ($KIЗ$) [16,17].

Індекс забруднення води оцінює якість води за шістьма показниками. Використовують дві схеми розрахунку: звичайну та модифіковану. При розрахунку $IЗВ$ використовується: O_2 , BCK_5 , NH_4^+ , NO_2^- , нафтопродукти, феноли. $IЗВ$ модифікований включає дві обов'язкові концентрації це BCK_5 та O_2 , а чотири інші підбираються по відношенню їх концентрації до $ГДК$ [16,17].

Формула розрахунку $IЗВ$:

$$IЗВ = \frac{1}{6} \sum \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right), \quad (1)$$

де C_i – середнє значення концентрації i показника;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i показника.

Оцінка якості води здійснюється за такими класами: ($IЗВ \leq 0,3$), I – «дуже чиста»; ($0,3 < IЗВ \leq 1$) II – «чиста»; ($1 < IЗВ \leq 2,5$), III – «помірно забруднена»; ($2,5 < IЗВ \leq 4$), IV – «забруднена»; ($4 < IЗВ \leq 6$), V – «брудна»; VI – дуже брудна ($6 < IЗВ \leq 10$); ($IЗВ > 10$), VII – «надзвичайно брудна»

При оцінці якості води за $KIЗ$ використовується триступенева класифікація [16,17]. Початковий ступінь класифікації заснований на встановленні міри стійкості забруднення (повторюваності K перевищення $ГДК$)

$$K_i = S_{ГДК_i} / S_i, \quad (2)$$

де $S_{ГДК_i}$ – кількість результатів аналізу, де вміст i -го інгредієнта більш його $ГДК$;

S_i – загальне кількість результатів аналізу i -го інгредієнта.

На другому етапі визначаємо ступінь забруднення, мірою якого є кратність P перевищення $ГДК$

$$P_i = C_i / ГДК_i. \quad (3)$$

За таблицями класифікації визначаються бали (табл. 1, табл. 2).

Розраховують узагальнені оцінки якості води (табл. 3) по кожному з інгредієнтів при отриманні першого і другого ступенів класифікації води

На третьому етапі класифікації, $KIЗ$ розраховується як складання узагальнених оціночних балів E_i по усіх n показниках

$$KIЗ = \sum E_i. \quad (4)$$

На основі величини комбінаторного індексу забрудненості ($KIЗ$) здійснюється заключний етап класифікації. Так як величина $KIЗ$ залежить від кількості врахованих інгредієнтів, то встановлена градації якості води відносно її придатності для використання здійснюється залежно від їх числа лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ) (табл. 4) [16,17].

Таблиця 1

Класифікація води водних об'єктів за ознаками повторюваності випадків забрудненості K [16,17].

Table 1

Water classification of water bodies according to the signs of recurrence of pollution cases K [16,17].

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 ÷ 10	одинична	a	1
10 ÷ 30	нестійка	b	2
30 ÷ 50	стійка	c	3
50 ÷ 100	характерна	d	4

Таблиця 2

Класифікація води водотоків за рівнем забрудненості P [16,17]

Table 2

Water classification of watercourses according to the level of pollution P [16,17]

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забруднення	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 ÷ 2	низький	a ₁	1
2 ÷ 10	середній	b ₁	2
10 ÷ 50	високий	c ₁	3
50 ÷ 100	дуже високий	d ₁	4

Таблиця 3

Можливі варіації якісного стану води водотоків за окремими інгредієнтами та показниками забрудненості [16,17]

Table 3

Variations in the water quality of watercourses are possible according to individual ingredients and pollution indicators [16, 17]

Комплексна характеристика стану забрудненості води водних об'єктів	Загальні оціночні бали		Характеристика якості води водних об'єктів
	виражені умовно	абсолютні значення	
Одинична забрудненість низького рівня	$a \times a_1$	1	слабо забруднена
Одинична забрудненість середнього рівня	$a \times b_1$	2	забруднена
Одинична забрудненість високого рівня	$a \times c_1$	3	брудна
Одинична забрудненість дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	брудна
Нестійка забрудненість низького рівня	$b \times a_1$	2	забруднена
Нестійка забрудненість середнього рівня	$b \times b_1$	4	брудна
Нестійка забрудненість високого рівня	$b \times c_1$	6	дуже брудна
Нестійка забрудненість дуже високого рівня	$b \times d_1$	8	дуже брудна
Стійка забрудненість низького рівня	$c \times a_1$	3	брудна
Стійка забрудненість середнього рівня	$c \times b_1$	6	дуже брудна
Стійка забрудненість високого рівня	$c \times c_1$	9	дуже брудна
Стійка забрудненість дуже високого рівня	$c \times d_1$	12	неприпустимо брудна
Характерна забрудненість низького рівня	$d \times a_1$	4	брудна
Характерна забрудненість середнього рівня	$d \times b_1$	8	дуже брудна
Характерна забрудненість високого рівня	$d \times c_1$	12	неприпустимо брудна
Характерна забрудненість дуже високого рівня	$d \times d_1$	16	неприпустимо брудна

Таблиця 4

Класифікація якості води водних об'єктів за значенням КІЗ та ЛПЗ [16,17]

Table 4

Classification of water quality of water bodies according to the value of KPI and LIP [16,17].

Клас якості води	Розряд класу якості	Характеристика забрудненості води	Величина КІЗ з урахуванням ЛПЗ				
			без ЛПЗ	1ЛПЗ (k=0,9)	2ЛПЗ (k=0,8)	3ЛПЗ (k=0,7)	4ЛПЗ (k=0,6)
I	–	Слабо забруднена	1n	0,9n	0,8n	0,7n	0,6n
II	–	Забруднена	1n÷2n	0,9n÷1,8n	0,8n÷1,6n	0,7n÷1,4n	0,6n÷1,2n
III	–	Брудна	2n÷4n	1,8n÷3,6n	1,6n÷3,2n	1,4n÷2,8n	1,2n÷2,4n
III	a	Брудна	2n÷3n	1,8n÷2,7n	1,6n÷2,4n	1,4n÷2,1n	1,2n÷1,8n
III	б	Брудна	3n÷4n	2,7n÷3,6n	2,4n÷3,2n	2,1n÷2,8n	1,8n÷2,4n
IV	a	Дуже брудна	4n÷6n	3,6n÷5,4n	3,2n÷4,8n	2,8n÷4,2n	2,4n÷3,6n
IV	б	Дуже брудна	6n÷8n	5,4n÷7,2n	4,8n÷6,4n	4,2n÷5,6n	3,6n÷4,8n
IV	в	Дуже брудна	8n÷10n	7,2n÷9,0n	6,4n÷8,0n	5,6n÷7,0n	4,8n÷6,0n
IV	г	Дуже брудна	10n÷11n	9,0n÷9,9n	8,0n÷8,8n	7,0n÷7,7n	6,0n÷6,6n

Лімітуючі показники забруднення (ЛПЗ) визначаються із загальної кількості урахуваних інгредієнтів і показників якості води водних об'єктів, що значно погіршують якість води до класу «недопустимо брудна». Якщо комплексна характеристика стану забрудненості води водних об'єктів для будь якої

забруднюючої речовини визначається як «стійка дуже високого рівня» або «характерна високого» і «дуже високого рівня», то цю забруднюючу речовину відносять до лімітуючих показників забрудненості води. За таким інгредієнтом величина сумарного оціночного балу дорівнює чи може бути більше 11.

Результати та обговорення

Спостереження, на посту моніторингу 1 (176 км, с. Тополи, міст, кордон з Росією), велися з 1993 по 2017 рр., відібрана та опрацьована 121 проба, у середньому 5 вимірів на рік. У воді рН змінювався у межах з 7,08 – 8,64, середньорічне 8,02. Загальна жорсткість води змінювалася у межах 9,2 – 3,2 ммоль/дм³, середньорічне 6,5 ммоль/дм³.

Визначені відповідно формули (1) *ІЗВ*, для середньорічних значень концентрацій

сполук, змінювалися у межах з 1,09 у 2007 р. по 0,30 у 2001 р., що відповідає I й II класу «дуже чиста» та «чиста» вода. Визначення *ІЗВ* за всі роки спостережень дорівнює 0,687, що також відповідає II класу «чиста» вода. Розрахунок *ІЗВ* проведено з урахуванням середньобагаторічної концентрації хімічних речовин. Головним забруднювачем є *нафтопродукти*, у 2007 р. їх концентрація в долях ГДК становила 2,25 (рис. 1).

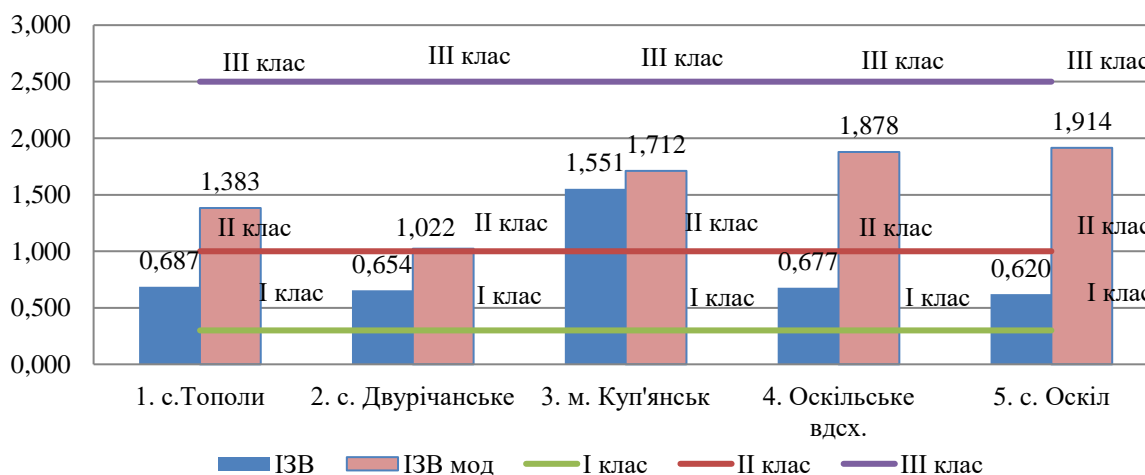


Рис. 1 – Зміни індексу забрудненості води по довжені р. Оскіл
Fig. 1 – Changes in the water pollution index along the length of the Oskil River

На другому пості 2 (157 км, смт. Дворічне) – період спостережень 1963, 1965, 1973-1988, 1992-2002 рр., відібрано та опрацьовано 120 проб, у середньому 4 виміри на рік. У воді рН змінювався у межах 6,08 – 8,90, середньорічне 7,92. Загальна жорсткість води змінювалася у межах 9,7 – 3,1 ммоль/дм³, середньорічне 6,68 ммоль/дм³.

Максимальне значення *ІЗВ* становить 1,14, викликано також перевищенням нафтопродуктів у 4,67 раз ГДК, спостерігалось у 2000 р., мінімальне значення 0,15 у 1965 р., що відповідає від I до II класу «дуже чиста» та «чиста» вода. *ІЗВ* за всі роки спостережень дорівнює 0,654, відповідає II класу «чиста» (рис. 1).

На третьому пості 3 (112 км, м. Куп'янськ, нижче міста, міст) – період спостережень 1965, 1980-1988, 1992-2008, 2010-2017 рр., відібрано та опрацьовано 66 проб, у середньому 4 виміри на рік. У воді рН змінювався у межах 6,80 – 8,79, середньорічне 7,93. Загальна жорсткість води змінювалася

у межах 9,4 – 3,4 ммоль/дм³, середньорічне 6,76 ммоль/дм³.

Максимальне значення *ІЗВ* 1,77 спостерігалось у 1981 р., мінімальне значення 0,32 у 1998 р., що відповідає від I до III класу «дуже чиста», «чиста» та «помірно забруднена» вода. На цьому пості забруднення *нафтопродуктами* почастишали, частота випадків та ступень перевищення вже становить 8,00 разів ГДК. *ІЗВ* за всі роки спостережень дорівнює 1,551, що відповідає III класу – «помірно забруднена».

На четвертому пості (11 км, Оскільське вдсх, н/б'єф;) – період спостережень 1992-2017 рр., відібрано та опрацьовано 267 проб, у середньому 12 вимірів на рік, тобто кожного місяця. У воді рН змінювався у межах 7,05 – 9,27, середньорічне 7,95. Загальна жорсткість води змінювалася у межах 8,5 – 3,1 ммоль/дм³, середньорічне 6,04 ммоль/дм³.

Максимальне значення *ІЗВ* 1,23 спостерігалось у 1999 році, мінімальне значення

0,22 у 1992 році, що відповідає від I до III класу «дуже чиста», «чиста» та «помірно забруднена» вода. *ІЗВ* за всі роки спостережень дорівнює 0,677, що відповідає II класу «чиста». Відносно високі значення *ІЗВ* викликані високими концентраціями *нітритів* та *нафтопродуктів*.

Спостереження, на 5 пості велися у періоди: 1980-1986, 1992-2008, 2010-2017 рр., відібрано та опрацьовано 240 проб, у середньому 12 вимірів на рік, тобто кожного місяця. У воді рН змінювався у межах 5,84 – 9,00, середньорічне 7,96. Загальна жорсткість води змінювалася у межах 10,0 – 2,8 ммоль/дм³, середньорічне 6,26 ммоль/дм³.

Максимальне значення 1,01 спостерігалось у 1993 році, що викликане високим вмістом нітритів на БСК₅ мінімальне значення 0,27 у 1985 році, що відповідає від I до III класу «дуже чиста», «чиста» та «помірно забруднена» вода. *ІЗВ* за всі роки спостережень дорівнює 0,620, що відповідає II класу «чиста» (рис. 1).

В результаті аналізу, концентрації, що перевищують ГДК на постах спостережень, за всі роки, встановлені такі сполуки: *нафтопродукти*, *нітрити*, *мідь*, *загальне залізо*, *марганець*, *хром 6+*, *БСК₅*, *сульфати*, *цинк 2+* та інші. Методика розрахунку модифікованого *ІЗВ* включає шість речовин, з яких дві обов'язкові, компоненти таких як *кисень* та *БСК₅*. Ще чотири ми встановили як ті речовини які найбільше перевищують ГДК це *нафтопродукти*, *мідь*, *марганець*, *хром 6+*.

Визначення *ІЗВ* модифікованого на: 1 пості максимальне значення 4,23 спостерігалось у 1993 році, мінімальне значення 0,30 у 1996 р., середньобагаторічне 1,383; 2 пості максимальне значення 1,23 спостерігалось у 2000 р., мінімальне значення 0,15 – у 1965 р., середньобагаторічне 1,022; 3 пості максимальне значення 1,86 спостерігалось у 2000 р., мінімальне значення 0,40 у 1999 р., середньобагаторічне 1,712; 4 пості максимальне значення 5,01 спостерігалось у 1993 р., мінімальне значення 0,55 у 1998 р., середньобагаторічне 1,878; 5 пості максимальне значення 3,06 спостерігалось у 1993 р., мінімальне значення 0,36 у 1985 р., середньобагаторічне 1,914.

За розрахунками модифікованого індексу забруднення води на першому пості

визначено третій клас якості – «помірно забруднена» вода. Це обумовлено перевищенням гранично допустимих концентрацій для хрому 6+ (2.271 рази вище ГДК), міді (1.825 рази вище ГДК) та марганцю (1.422 рази вище ГДК). На другому пості якість води перебуває на межі між другим та третім класами – «чиста» та «помірно забруднена». Перевищення ГДК відзначається лише для марганцю (1.830 рази вище ГДК) та хрому 6+ (1.300 разів вище ГДК). Якість води в річці Оскіл на третьому пості визначена як «помірно забруднена» - третій клас. Найвищі концентрації в порівнянні з ГДК виявлені для хрому 6+ (2.658) та нафтопродуктів (2.545), а також для міді та марганцю (1,900 та 1.475 відповідно). Четвертий пост характеризується зниженням якості води, вміст хрому 6+ зростає (5.030 від ГДК), також відзначається перевищення ГДК для міді (2.405) та марганцю (2.163). Індекс на п'ятому пості свідчить про те, що річка є «помірно забрудненою» й спостерігається зростання концентрацій: хрому 6+ (5.332), марганцю (3.235), міді (1.377). Виявлені підвищені концентрації у деяких сполуках, які не були враховані при обчисленні: сульфатів (1.945), цинку 2+ (1.674), загального заліза (1.684).

За схемою визначення, питомого комбінаторного індексу забруднення води, здійснено статистичну оцінку гідрохімічних речовин у воді р. Оскіл, за всі роки спостережень постах спостереження СД БУВР. Детальні результати наведені в табл. 5.

Відповідно розрахунків (табл. 5), показник комплексності забруднення *K* по різним постах складав більше 50% (пости 1,3,5), мінімальним *K* був на посту р. Оскіл – м. смт. Дворічне і складав 10%. На всіх постах речовин-ЛОЗ не виявлено. Якість води в більшості постів відповідала III «брудна» і лише на посту 2 II «забруднена». Відповідний показник *KІЗ* змінювався в межах від 1,65 балів (р. Оскіл – м. смт. Дворічне) до 3,0 балів (р. Оскіл – м. Куп'янськ).

Кисневий режим по всім постах має тенденцію сезонності, тобто, за середнім значенням показника зазвичай відповідає I категорії («відмінні», «дуже чисті»). В переважній більшості випадків кисневий режим річки на допустимому рівні та вищій.

Таблиця 5

Оцінка якості води р. Оскіл методом КІЗ

Table 5

Estimation of water quality of the Oskil River by the KPI method

№	Піст спостережень	Відстань від гирла, км	n	n'	$K, \%$	$\sum S_i$	КІЗ	Клас якості
1	с. Тополі	176	21	11	52,4	46	2,19	III а Брудна
2	сmt. Дворічне	157	20	2	10,0	33	1,65	II Забруднена
3	м. Куп'янськ	112	21	14	66,7	63	3,00	III б Брудна
4	Оскільське вдсх	11	21	10	47,6	61	2,90	III а Брудна
5	с. Оскіл	0	21	12	57,1	51	2,43	III а Брудна

Висновки

З результатів розрахунків ІЗВ на р. Оскіл встановлено, що для верхньої течії, протягом усіх років спостережень відповідає II класу якості – «чиста». Біля міста Куп'янськ якість води погіршується до III класу – «помірно забруднена», а далі за течією знову відповідає II класу – «чиста».

Модифікований ІЗВ для річки Оскіл, визначає якість води як III клас – «помірно забруднена».

Зміна показника КІЗ вздовж річки Оскіл свідчить про те, що рівень забруднення річки на всій її протяжності залишається низьким. Це говорить про те, що поверхневий стік водотоку знаходиться під невеликим

антропогенним впливом, його рівень близький до межі стійкості екосистеми. Випадки критичного забруднення води відзначаються епізодично, відносно, великими перевищеннями ГДК для хрому 6+, марганцю, міді та нафтопродуктів у окремі періоди.

Речовини, вміст яких перевищує ГДК на річці Оскіл, це: хром 6+, марганець, мідь та нафтопродукти. Помічається перевищення ГДК по інших речовинах, таких як залізо загальне, сульфати, цинк 2+, нітрити, кобальт, феноли, БСК5, проте це відбувається лише в окремі періоди та на деяких постах спостережень.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Yelistratova L., Apostolov A., Lyalko V., Tomchenko O., Khyzhniak A., Hodorovsky A.: The results of socio-ecological monitoring during military operations in Ukraine using satellite information. *Revue Roumaine de Géographie /Romanian Journal of Geography*, vol. 66. No 2. 2022. P. 117–136.
2. Ресурси поверхневих вод СРСР: Том 6. Україна и Молдавия. Выпуск 3. Бассейн Северского Донца и рек Приазовья. Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
3. Krainiukov O. M. Timchenko V. D. Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using petchenizky reservoir as an example). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2018. № 19. 66-74. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-06>
4. Крайнюков О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 3-4. 2015. С. 71-77. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5558>
5. Гриценко А.В., Васенко О.Г., Колісник А.В. та ін. Сучасний екологічний стан української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження). Х.: ВПП «Контраст», 2011. 340 с.
6. Васенко О. Г., Ієвлева, О. Ю., Коробкова Г. В., Жук В. М. Формування сучасного гідрохімічного стану басейну річки Сіверський Донець під впливом природних та антропогенних чинників. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2017. Вип. 39. С. 41-53.- URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2017_39_6.

7. Коробкова Г. В. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. № 14. 2016. С. 66-70. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2016-14-09>
8. Osadchy V., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Chemical composition and water quality of surface waters in Ukraine. *Environmental Health Risk II*, WIT Press, Southampton, Boston. 2003. 15-24.
9. Ухань О. О., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Манченко А. П. Особливості формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. *Наук. пр. УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 262–277.
10. Рибалова О.В., Коробкіна К.М., Томчук Н.М. Оцінка впливу дифузних джерел забруднення водотоків на екологічний стан басейну р. Оскіл. *Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference Liverpool, United Kingdom 4-6 December 2019*. P. 266 – 276
11. Vasenko, A., Rybalova, O., & Kozlovskaya, O. (2016). A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil river (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3 No 10(81). P.48–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72415>
12. Rybalova, O., & Artemiev, S. (). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017 Vol.5 № 10 (89). P. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
13. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України. Довідковий посібник. К: Вид-во. «Ніка-Центр»: 2006. 320 с.
14. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів. Про Управління. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua>
15. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>
16. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник. К.: Ніка. Центр, 2001. 264 с.
17. Юрасов С.Н., Кур'янова С.О., Юрасов Н.С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2009. № 5. С. 42-53.
18. Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз методик оцінки якості поверхневих вод (на прикладі типової р. Губіскалі). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2011. Вип. 3 (55). С. 91-99.
19. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів та природокористування*. 2012. Вип. 1(30). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf

Стаття надійшла до редакції 10.10.2023

Стаття рекомендована до друку 12.11.2023

O. V. BIRYUKOV, PhD (geography),
the Principal of the College

e-mail: alexbirukov@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-5569>

Kharkiv Nature Protection Professional College ODEKU,
10, Kooperativna St., Kharkiv, 61003, Ukraine

HYDROCHEMICAL ANALYSIS OF SURFACE WATER QUALITY DYNAMICS IN THE OSKIL RIVER

Purpose. Hydrochemical analysis of the dynamics of changes in the quality of surface waters of the Oskil River.

Methods. Comparison of hydrochemical indicators with norms of maximum permissible concentrations (MPC). To determine the water quality criterion, the MPC for fisheries reservoirs was taken. The general assessment of water quality is determined by the following methods: water pollution index, modified WPI and specific combinatorial water pollution index .

Results Based on the water pollution index, it was determined that the river corresponds to the category "very clean" to "moderately polluted". The water pollution index of the Oskil River indicates that the upper course corresponds to the II class "clean", but near the city of Kupyansk the water quality deteriorates to the III class "moderately polluted", and further downstream it again becomes the II class "clean".. According to the methodology specific combinatorial water pollution index, the river water is rated from "very clean" to "moderately polluted". The pH in the water varied from 6.08 to 9.27. The total water hardness varied between 10.0 and 2.8 mmol/dm³. The oxygen level indicates an acceptable water condition in most areas. Compounds, the concentration of which most often exceeds the MPC for all observation posts, are: chromium 6+, manganese, copper, petroleum products.

Other compounds may also exceed the MAC in some posts and observation years, including total iron, sulfates, zinc 2+ , nitrites, cobalt, phenols, and BSC5.

Conclusions. Significant variations in the concentrations of chemical elements in different areas were found in the water quality of the Oskil River. Index of water pollution of the Oskil River according to the calculations of the WPI mod. shows that in most cases for all years of observation, the river corresponds to the III class "moderately polluted". The change in the WPI indicator along the Oskil River shows that the level of pollution of the river is low along its entire length and it mostly remains under the influence of insignificant anthropogenic influence.

KEY WORDS: *water quality, Oskil River, water pollution index, specific combinatorial index*

References

1. Yelistratova L., Apostolov A., Lyalko V., Tomchenko O., Khyzhniak A., & Hodorovsky A.: (2022). The results of socio-ecological monitoring during military operations in Ukraine using satellite information. *Romanian Journal of Geography*, 66(2), , 117–136.
2. Kaganera M.S. (Ed.). (1967). Pool of the Seversky Donets and the rivers of the Azov Sea. *Resources of surface waters of the USSR: Ukraine and Moldova*. 6(3). Leningrad: Gidrometeoizdat. (In Russian)
3. Krainiukov O. M., & Timchenko V. D. (2018). Economic consequences of anthropogenic water pollution (by using Pechenizky reservoir as an example. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (19). 66-74. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-06>
4. Krajnyukov O. M. (2015). The current ecological state of water bodies of the Seversky Donets river basin. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (3-4). 71-77. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5558> (in Ukrainian).
5. Hrytsenko A.V., Vasenko O.G., Kolisnyk A.V. (2011). The current ecological state of the Ukrainian part of the river Siversky Donets (expeditionary researches). Kharkiv: VPP «Kontrast». (in Ukrainian)
6. Vasenko, O. G., Iyevlyeva, O. Yu., Korobkova, G. V., & Zhuk, V. M. (2017). The formation of the modern hydrochemical state of the Seversky Donets river basin under the influence of natural and anthropogenic factors. *Problems of environmental protection and environmental safety*. (39). 41-53. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2017_39_6 (in Ukrainian)
7. Korobkova, G. V. (2016). The current ecological state of the Siversky Donets River basin within the Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, (14). 66-70. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2016-14-09> (in Ukrainian)
8. Osadchy, V., Osadcha, N., Nabyvanets Ju. (2003). Chemical composition and water quality of surface waters in Ukraine. *Environmental Health Risk II*, WIT Press, Southampton, Boston. 15-24.
9. Uhan, O. O., Osadchy, V. I., Osadcha, N. M., & Manchenko, A. P. (2002). Features of formation of the chemical composition of surface waters of the river Siversky Donets river. *Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*, 250. 262–277. (in Ukrainian).
10. Rybalova O.V., Korobkina K.M., & Tomchuk N.M. (2019). The influence assessment of pollution diffuse sources watercourses on the ecological state of the Oskil River basin. *Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference Liverpool, United Kingdom 4-6 December 2019*. 266 – 276 (in Ukrainian)
11. Vasenko, A., Rybalova, O., & Kozlovskaya, O. (2016). A study of significant factors affecting the quality of water in the Oskil river (Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(10(81)), 48–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72415> (in Ukrainian)
12. Rybalova, O., & Artemiev, S. (2017). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (89)), 67–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211> (in Ukrainian)
13. Palamarchuk M.M., Zakorchevna N.B. (2006) Water Fund of Ukraine Kyiv: "Nika-Center". (in Ukrainian)
14. Siversky-Donets Basin Water Resources Department. About Managing. Retrieved from <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua> (in Ukrainian)
15. Monitoring and ecological assessment of water resources of Ukraine. Retrieved from <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (in Ukrainian)
16. Snizhko, S.I. (2001). Estimation and prediction of the quality of natural water. Kyiv: Nika-Tsentr. (in Ukrainian)
17. Yurasov, S.N., Kuryanova, S.O., Yurasov, N.S. (2009). Comprehensive Assessment of Water Quality Using Various Methodologies and Strategies for Improvement. *Ukrainian hydrometeorological journal*, (5), 42-53.
18. Verbetska, K. Yu. (2011). Comparative analysis of surface water quality assessment methods (on the example of the typical Ghubishchali River). *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky : zb. nauk. prats. Rivne*, 3 (55), 91-99.
19. Klymenko, M. O., Voznyuk, N. M., Verbetska, K. Yu. (2012). Comparative analysis of surface water quality standards. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 1(30). Retrieved from http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf (in Ukrainian)

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-03>

УДК (UDC): 911.53:625.711.3

С. П. ОГІЛЬКО

аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

e-mail: zrivola153@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5133-8314>

Уманський національний університет садівництва

вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20305, Україна

СУЧАСНІ ПРІОРИТЕТИ МОНІТОРИНГОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДОРІЖНИХ ЕКОСИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ АВТОШЛЯХІВ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Впровадження пріоритетів екосистемної динаміки при проведенні моніторингу придорожніх ландшафтів визначає роль буфера між, переважно, сільськогосподарськими угіддями та дорожнім полотном.

Мета. За допомогою моніторингових методів дослідити сучасну екосистемну динаміку придорожніх ландшафтів.

Методи. Вимірювання рівня шуму, запиленості, радіаційного фону, фотографування рослинності та слідів присутності фауни з подальшою інтерпретацією фотознімків. Аналіз проб ґрунтів здійснено ІСР-ОЕС методом на приладі iCAP6500DUO.

Результати. Маршрутним просуванням на автомобілі проведено моніторингові дослідження спочатку від с.Сичівка (на кордоні з Вінницькою областю) на схід до м.Черкаси і в зворотному напрямку до м.Умань. Всього здійснено 8 зупинок для проведення відповідних замірів і відбору проб. Інтенсивність шумового навантаження зростала навколо великих населених пунктів (Умань, Сміла, Черкаси), та на проміжних ділянках автотраси, де транспортні засоби могли розвивати високу швидкість. Визначено залежність запиленості від загальної вантажопід'ємності транспортних засобів. Радіаційний фон для усіх полігонів відповідав фоновим значенням. Хімічний аналіз проб ґрунтів безпосередньо біля траси і на відстані 25-30 м від неї визначив тісну залежність від відстані. Зроблено узагальнення різноманітних параметрів сучасного стану придорожніх екосистем. Зокрема, фіксація різної кількості видів рудеральних рослин дозволила побудувати діаграму ступеня завершеності формування придорожніх екосистем.

Висновки. Після побудови дорожнього полотна впродовж певного періоду часу вздовж нього формуються рослинні та тваринні угруповання, які згодом подають ознаки екосистемної динаміки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *придорожна екосистема, ландшафт, біорізноманіття, моніторинг, шумове навантаження, запиленість, ґрунт, антропогенний вплив*

Як цитувати: Огілько С. П. Сучасні пріоритети моніторингового дослідження придорожніх екосистем (на прикладі автошляхів Черкаської області). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 26 - 36. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-03>

In cites: Ogilko, S. P. (2023). Current priorities of monitoring research of roadside ecosystems (on the example of highways of the Cherkask region). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 26 - 36. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-03> (in Ukrainian)

© Огілько С. П., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Вступ

Наявність антропосфери, сформованої людиною та її пасіонарними зусиллями на ниві перетворення природного середовища, констатована нашим видатним співвітчизником Володимиром Вернадським ще на початку XX століття, він прирівняв діяльність нашого виду до «геологічної сили». Сили, яка неначе повені, землетруси та виверження вулканів докорінно змінює обличчя нашої планети. Він також обґрунтував унікальну роль нашого виду у перетворенні біосфери у ноосферу, або ж «сферу розуму» [1]. Нажаль, Людина, взявши на себе відповідальність за подальшу долю біосфери планети, почала катастрофічно знищувати її стійкість, що проявляється сьогодні не лише у різноманітних видах забруднення довкілля, а й у небезпечному зменшенні біорізноманіття.

Далі – більше, «геологічна сила», передбачена В. Вернадським, проявляється у таких глобальних процесах як потепління клімату внаслідок господарської діяльності, зокрема потужній емісії парникових газів. Відтак, головний висновок з теорії біосфери-ноосфери Вернадського у сучасному її тлумаченні виглядатиме як: «Людина розумна (*Homo Sapiens*) приречена усвідомити свою невідворотну негативну роль на нашій планеті і знайти толерантний вихід». З огляду на це в усі класифікації і типології ландшафтів, екосистем, геосистем, видів людської діяльності має бути внесений один найголовніший критерій – підтримка (чи порушення) здатності біосфери до самовідтворення [2]. Цей загальний критерій втілюється на рівні екосистем різного видового і просторового рівня. Саме тому наш теоретичний підхід до виділення антропогенних ландшафтів (в тому числі і лінійних) ґрунтується на пріоритетах екосистемної динаміки.

Проблема, позначена у назві, є актуальною передусім через постійне зростання щільності транспортної мережі, яка спричиняє витіснення представників місцевої флори

і фауни з їхніх природних біотопів. Українські дослідники активно вивчають цю проблему відносно недавно (впродовж останніх років 10-15) [3 – 7]. В закордонних же джерелах означена проблема активно обговорюється щонайменше тридцять років [8 – 13]. Проте, такий часовий лаг відставання може бути корисним для вітчизняних теренів, оскільки є можливість, вивчивши чужий досвід уникнути помилок.

Отже, сучасна наукова методологія вимагає адаптації до зростаючого попиту суспільства на екосистемні послуги [2]. Більшість закордонних джерел наголошує на пріоритетах екосистемної динаміки саме при проведенні моніторингових досліджень придорожніх смуг [11 - 14]. А в найбільш розвинутих країнах саме такий підхід до моніторингу вже втілений у конкретних практичних керівництвах для дорожніх служб [15].

На вітчизняних же теренах пріоритети екосистемної динаміки при проведенні моніторингових досліджень дорожніх ландшафтів позначені лише в окремих роботах [16].

Проте, саме в вітчизняних географічних роботах базова геосистема визнається як «генетична екологічна та геопросторова модель ландшафту, центральним компонентом якої є наземний покрив. ...Саме він є фундаментальним для визначення екосистемних послуг» [17]. Подібні підходи бачимо і у Анатолія Смалійчука [3].

З теоретичної точки зору такий підхід наближає конструктивно-географічні методологічні підходи до «інтересів біосфери» саме через «співдружність» таких наук про Землю як антропогенне ландшафтознавство з екологією як провідною наукою про Життя. Відповідно до критеріїв сталого розвитку толерантність природокористування необхідно визначати забезпеченням здатності до самовідтворення природних екосистем (згідно принципу компенсації Ле-Шательє-Брауна)[5].

Матеріали та методи

Певним синтезом зазначених теоретичних підходів є концепція ноосферних екосистем. В ній досліджена еволюція ноосферного розвитку людства головним просторовим наслідком якої є формування трьох груп елементів територіальної структури. Ці три групи формують модифіковану екологічну нішу нашого виду. Зокрема, виділяється три типи ноосферних екосистем – агроекосистеми (площинні, ареальні), урбоекосистеми (осередкові, вузлові) та інфраекосистеми (лінійні, мережеві), які володіють усіма ознаками екосистеми і знаходяться між собою у складних взаємообумовлених відносинах [6]. Таким чином, вважаючи інфраекосистеми частиною екологічної ніші Homo Sapiens ми зберігаємо екосистемну суть усіх дорожніх ландшафтів, оскільки здебільшого штучна їх природа цілком залежить від людини, яка регулює їхнє видове різноманіття, будучи, проте, обмеженою загальними фізико-географічними умовами.

Відтак, дорожні ландшафти (згідно сучасної класифікації [4]) ми розглядатимемо як інфраекосистеми (від терміну «інфраструктура») згідно концепції ноосферних екосистем.

Дослідження зосереджене на визначенні динаміки та напрямків розвитку інфраекосистем, а саме: наскільки суттєво інфраекосистеми (конкретно траса Вінниця-Черкаси) відрізняється від природних екосистем цієї місцевості за оцінкою складу ґрунтів, гідрологічного режиму, фіто- та зоорізноманіття, запиленості, шумового забруднення, радіаційного фону та ін.; та яким чином інфраекосистема адаптується до умов антропогенного впливу через зміну видового складу рослин і тварин, формування нових трофічних відносин та ін.

Маршрутним просуванням на автомобілі проведено моніторингові дослідження спочатку від с. Сичівка (на кордоні з Вінницькою областю) на схід до м. Черкаси і в зворотному напрямку до м. Умань. Всього здійснено 8 зупинок для проведення відповідних замірів і відбору проб. Зокрема, полігон №1 (с. Сичівка), полігон №2 (північний край с. Білашки) (рис.1), полігон №3 (с. Ротмістрівка), полігон №4 (транспортна розв'язка за м. Сміла), полігон №5 (в'їзд у м. Черкаси), полігон №6 (географічний центр України біля смт. Шпола),

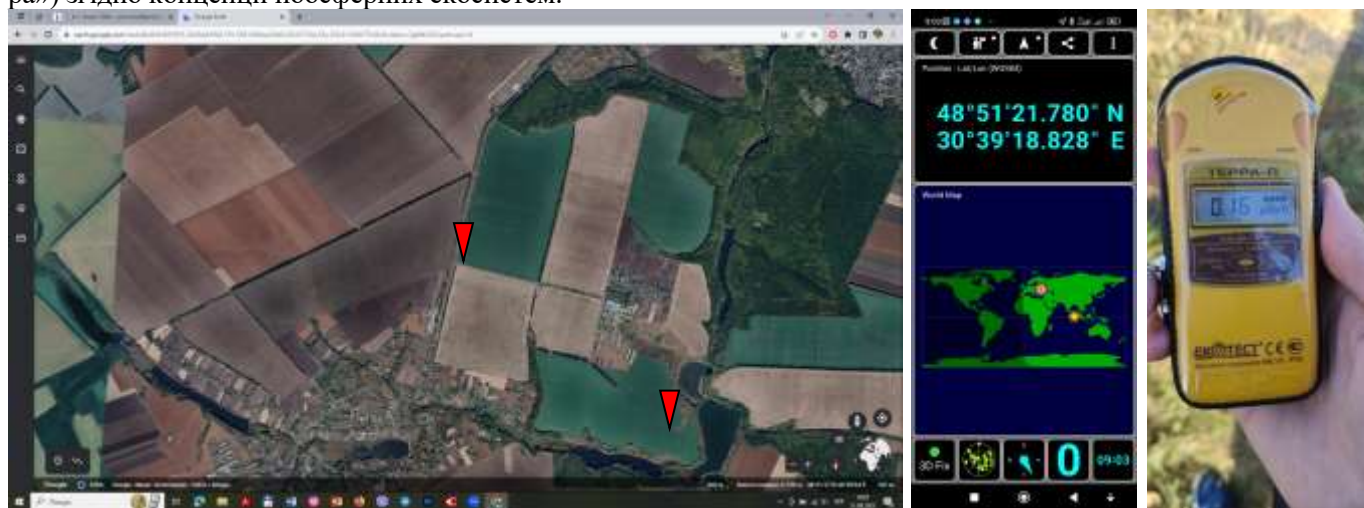


Рис. 1 – Геолокація полігону №2. Білашки-Левада та результати вимірів географічних координат та радіаційного фону

Fig. 1 – Geolocation of polygon #2. Bilashki-Levada and the results of measurements of geographic coordinates and radiation background

Таблиця 1

Результати вимірів окремих показників придорожніх екосистем по полігону №2

Table 1

The results of measurements of individual indicators of roadside ecosystems at landfill No. 2

Вид транспортного засобу	Рівень шуму транспортного засобу у порядку проходження (dB)										Запиленість (мкг/м ³)			Температура (°C)	Вологість (%)	Радіаційний фон (mSv/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PM 1 Розмір часток (мкм)	PM 2.5 розмір часток (мкм)	PM 10 розмір часток (мкм)			
Вантажні	83,2	76	86,6	91,4	85,7	85,2	89,1	83,3	86,0	83,2	15	20	22	19.67	54.36	0,16
Легкові	86,4	80,9	83,3	84,5	84,0	84,9	84,7	85,0	85,6	78,0						
Паса-жирські	81,9	79,1	86,5	87	82,1	84,1	79,9	77,9	73,3	82,4						
Відстань від дорожнього полотна до напівприродних екосистем (сільгоспугіддя, лісосмуги (м)																
Найбільш розповсюджені рослини та тварини на узбіччях доріг																
Рослини за кількістю повторюваностей	<p>Льонок звичайний (<i>Linaria vulgaris</i>)(15), м'яточник чорний (<i>Ballota nigra</i>)(11), деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i>)(9), ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i>)(6), будяк звичайний (<i>Carduus acanthoides</i>)(6), осот рожевий (<i>Cirsium arvense</i>)(5), клен польовий (<i>Acer campestre</i>)(5), полин звичайний(чорнобиль) (<i>Artemisia</i>)(4), амброзія(<i>Ambrósia</i>)(i)(4), стенактис однорічний (злінка однорічна) (<i>Erigeron annuus</i>) (i)(4), клен ясенolistий(<i>Acer negundo</i>) (i) (4), осот жовт.(<i>Sonchus</i>)(3), райграс високий (<i>Arrhenatherum elatius</i>) (2), пирій повзучий (<i>Elymus repens</i>)(2), шавель кінський (<i>Rumex confertus</i>)(2), цикорій (<i>Cichorium intybus</i>)(2), конюшина лучна(<i>Trifolium pretense</i>)(2), скереда покривельна (<i>Crepis tectorum</i>)(2), латук (<i>Lactuca</i>)(2), анізанта покривельна (<i>Anisanthus tectorum</i>), куничник (<i>Calamagrostis</i>), редька дика (<i>Raphanus raphanistrum</i>), гірчак бересковидний (<i>Polygonum convolvulus</i>), резеда жовта (<i>Reseda lutea</i>), мак самосійка(<i>Papaver</i>), берізка польова (<i>Convolvulus arvensis</i>), гравілат міський(<i>Geum urbanum</i>), шипшина (<i>Rosa canina</i>), триреберник непахучий (<i>Tripleurospermum inodorum</i>), хміль(<i>Humulus</i>), полин гіркий (<i>Artemisia absinthium</i>), осот рожевий (<i>Cirsium arvense</i>), грятistica(<i>Dactylis</i>), акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i>) (i), щириця загнута (<i>Amaranthus retroflexus</i>), полин австрійський (<i>Artemisia austriaca</i>), кардарія крупковидна (<i>Lepidium draba</i>), борщівник сосновського (<i>Heracleum sosnowskyi</i>) (i), тонконіг лучний (<i>Poa pratensis</i>)(2), злінка канадська (<i>Erigeron Canadensis</i>) (i), лобода біла (<i>Chenopodium album</i>), собача кропива (пустирник) (<i>Leonurus</i>), лутига (<i>Atriplex</i>), Пастернак дикий (<i>Pastinaca sativa</i>), звіробій зв.(<i>Hypericum</i>), лутига розлога (<i>Atriplex patula</i>).</p>															

Продовження таблиці 1

Інвазійні рослини	амброзія (<i>Ambrósia</i>) (i) (4), стенактис однорічний (злінка однорічна) (<i>Erigeron annuus</i>) (i) (4), клен ясенolistий (<i>Acer negundo</i>) (i) (4), акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i>) (i), борщівник сосновського (<i>Heracleum sosnowskyi</i>) (i), Злінка канадська (<i>Erigeron Canadensis</i>) (i)
Рослини галофіти	щавель кінський (<i>Rumex confertus</i>) (3)
Рослини гідрофіти	Не виявлено
Тварини	Ознаки життєдіяльності птахів, мишовидних гизунів, мурах, павуків, дощових черв'яків, різних комах

полігон №7 (в'їзд у с. Соколівочка), полігон №8 (ділянка шляху між с. Піківець і м. Умань). Ці полігони обирались з урахуванням сучасного стану навколишнього середовища Черкаської області [18].

На кожному полігоні виконано:

- фіксацію географічних координат;
- вимір радіаційного фону дозиметром ТЕ-РРА-П [19];
- безпосередньо біля дорожнього полотна та в 25-30 метрах від нього фотографування рос-

линного і тваринного світу (фотокамера Nikon 5000);

- відбір проб ґрунту безпосередньо біля дорожнього полотна та в 25 метрах від нього (по 1 кг у пакет) з подальшим проведенням хімічного аналізу (на полігонах 1 і 4);
- вимір рівня шуму (Benetech GM1351);
- фіксація кількості транспортних засобів;
- вимір запиленості (пилomір-логер PM2.5 Walcom SR-516A).

Результати дослідження надано у таблиці (табл.1):

Результати та обговорення

В результаті проведених моніторингових досліджень встановлено сучасний стан інфраекосистем автотраси Вінниця-Черкаси:

1. Інтенсивність шумового навантаження зростала навколо великих населених пунктів (Умань, Сміла, Черкаси), та на проміжних (між населеними пунктами) ділянках автотраси, де транспортні засоби могли розвивати високу швидкість, що супроводжувалось відповідним збільшенням шуму від роботи двигуна та трансмісії і могла сягати понад 90 dB.

2. Стан запиленості як самого дорожнього полотна так і придорожніх смуг виявив певну залежність від відстані та інтенсивнос-

ті проходження автотранспорту. Зокрема, виявлено залежність запиленості від загальної вантажопід'ємності транспортних засобів, які проходили за певний час і були зафіксовані нами на кожному полігоні. На деяких полігонах запиленість зростала до 25-30 мкг/м³ часток різного розміру. Такий феномен спостерігався переважно на вільних від обмежень швидкості транзитних ділянок автотрляху (1, 3, 4, 6 полігони).

3. Радіаційний фон для усіх полігонів відповідав фоновим значенням і не перевищував 0,2 msv/h, що не становить небезпеки.

4. Наочне порівняння результатів хімічного аналізу проб ґрунту безпосередньо біля

траси і на відстані 25-30 м від неї дає право говорити про тенденцію зниження вмісту значених елементів по мірі віддалення від автотраси. Зокрема, із найбільш вживаних в сучасному автобудуванні матеріалів (Zn – для антикорозійних покриттів; Cu – електричні дроти, Pb – акумулятори та тетраетилсвинець для збільшення октанового числа; Cr – елементи оздоблення авто; Ti, Mg – колісні диски) цю тенденцію показали два елементи Zn та Ti. Зокрема, питома вага цинку поступово знижувалася від узбіччя дороги (58 мг/кг та 40 мг/кг до відповідно 38 мг/кг і 40 мг/кг на відстані 20-35 м); що до Ti, то його вміст також поступово зменшувався у бік від дорожнього полотна (375 мг/кг та 324 мг/кг до відповідно 256 мг/кг і 340 мг/кг на віддаленні 20-35 м). Вміст Na як складової частини кухонної солі, яка додається в суміш з гранітною щебінкою для боротьби з ожеледицею, також змінювався залежно від відстані: 952 мг/кг та 1102 мг/кг до відповідно 396 мг/кг і 428 мг/кг на відстані 20-35 м. Проте, вміст головних токсичних речовин у ґрунті не перевищував допустимі значення.

5. Всього на досліджуваних ділянках виявлено 87 видів рослин. Найбільш розповсюдженими видами рослин (за повторюваністю) вздовж траси Черкаси-Вінниця (в межах області) виявились: м'яточник чорний (*Balota nigra*) (36), полин звичайний (чорнобиль) (*Artemisia*) (28), льонок звичайний (*Linaria vulgaris*) (22), деревій звичайний (*Achillea millefolium*) (20), злинка канадська (*Erigeron Canadensis*) (i) (13), осот рожевий (*Cirsium arvense*) (13), амброзія (*Ambrósia*) (i) (12), будяк звичайний (*Carduus acanthoides*) (11), в'яз гладкий (*Ulmus laevis*) (i) (10), лопух справжній (*Arctium lappa*) (10), клен польовий (*Acer campestre*) (8), осот жовтий (*Sonchus*) (8), сте-нактис однорічний (злинка однорічна) (*Erigeron annuus*) (i) (7), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*) (6), клен польовий (*Acer campestre*) (5), морква дика (*Daucus carota*) (5), бугиля (*Anthriscus*) (4), клен ясенolistий (*Acer negundo*) (i) (4), ваточник сирійський (*Asclepias*) (i) (4), сокирки польові (*Consolida regalis*) (4), лобода біла (*Chenopodium album*) (4),

полин гіркий (*Artemisia absinthium*) (3), ляд-винець укр. (*Lótus*) (3), пирій повзучий (*Elymus repens*) (3).

Головна особливість розповсюдження інвазивних рослин, показала, що напрямки їхнього поширення просторово збігаються з виїздами з автозаправочних (або газозаправочних) станцій, або ж з важливими автотранспортними розв'язками, або ж зі швидкісними ділянками автотраси. Напевне через те, що насіння цих рослин, яке чіпляється за транспортні засоби під час їхнього гальмування відпадає і потім вітром зноситься на узбіччя. Сліди боротьби з інвазіями відмічені лише на полігоні №6 («Географічний центр України») та на полігоні №5 (виїзд з газозаправочної станції у м.Черкаси), де знайдені зрізані стебла *Acer negundo*.

Поширення *галофітів*, таких як окремі види полину (*Artemisia absinthium*) (всього 10 випадків) спостерігалось на полігонах 1, 3, 5, 6, 7, які відповідають або виїздам з АЗС на головну трасу, або ж знаходяться в межах великих населених пунктів (Сміла, Черкаси, Умань), що, власне, підтверджує більшу інтенсивність боротьби з ожеледицею (за допомогою сумішей з NaCl) на ділянках траси з поживавленим рухом автотранспорту.

Наявність на полігоні №1 *гідрофітів* - очерета австралійського (*Phragmites australis*) та рогоза австралійського (*Typha*) (i) можна пояснити недостатнім дренажем нижньої частини дорожнього насипу.

Інші, зафіксовані нами рослини, спостережені не частіше 1 - 3 випадків. Проте, їхня присутність у придорожніх смугах формує саме те фіторізноманіття, яке притаманне природним екосистемам.

Щодо консументів (тварин), наявність яких свідчить про завершеність формування екосистемних відносин, то нами були виявлені ознаки полювання птахів ряду соколоподібні (*Falco vespertinus*, *Falco columbarius*), які харчуються рештками збитих автотранспортом диких і свійських тварин. Крім того були зафіксовані ознаки життєдіяльності мурах, павуків, різних видів комах, дощових червей, ящірок. Ознак життєдіяльності ссав-

ців майже не знайдено, тому що спостереження велось у денну пору доби (крім 3-х випадків решток тварин, збитих автотранспортом).

Проте, дослідження видового складу рослин і тварин як біля дорожнього полотна так і на відстані 20-30 м від нього підтвердив головні тенденції поступового перетворення біотопів з плином зменшення антропогенного тиску на природні ландшафти.

З метою дослідження завершеності формування придорожніх екосистем по кожному полігону було проведено порівняння с «Національним каталогом біотопів України»

[20]. В ньому, зокрема, позначені типові представники рудеральної рослинності, характерні для придорожніх екосистем. Усього (по усіх полігонах) зафіксовано $7+17+15+9+5+5+6+4=58$ випадків збігань. Визначним є той факт, що найбільша кількість збігань 17 з 46 видів (2 полігон) та 15 з 41 виду (3 полігон) зафіксована на віддалених від крупних населених пунктів ділянках автотраси (Білашки та Ротмістрівка), що створює більш толерантні умови для заселення придорожніх смуг рудеральною рослинністю.

Ступінь завершеності формування придорожніх екосистем відображено на рис.2.

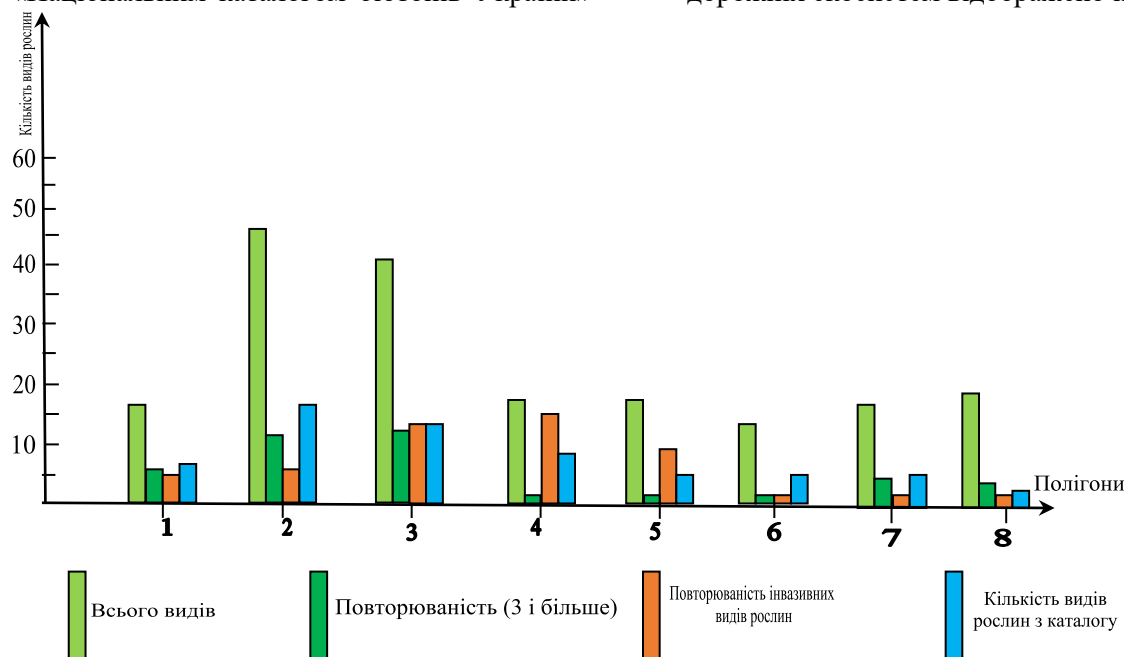


Рис. 2 – Характеристика ступеня завершеності формування екосистем на узбіччі автотраси Вінниця-Черкаси
Fig. 2 – Characteristics of the degree of completeness of ecosystem formation on the side of the Vinnytsia-Cherkasy highway

Висновки

Моніторингове дослідження інфраекосистем автотраси Вінниця-Черкаси дозволяє зробити висновок про існування екосистемних відносин, розвинутих у різному ступені на різних її ділянках. Напевне, різні стани таких штучних екосистем як придорожні за-

лежать як від віку їх існування, так і від інтенсивності антропогенного впливу.

Інфраекосистеми, які формуються на узбіччі досліджуваної автотраси на сьогодні виконують роль буфера між, переважно, сільськогосподарськими угіддями та дорожнім полотном.

Ступінь завершеності формування придорожніх екосистем багато в чому залежить від рівня домінантності рудеральної рослинності, яка поступово завойовує вільні екологічні ніші, штучно сформовані людиною в процесі будівництва автошляхів.

Проте, найважливіший висновок нашого дослідження в зайве підкреслює надзвичайну здатність біосфери до підтримки життя. Адже вона незалежно від антропогенного пресингу може такі впливи зменшити, елімінувати, і нарешті, звести нанівець, адаптува-

вшись до них завдяки формуванню біорізноманіття згідно з принципом компенсації Ле-Шательє-Брауна. Наочним тому доказом крім скромних результатів нашого дослідження є сьогоднішній стан дна колишнього Каховського водосховища, яке поступово ренатуралізується до стану Великого Лугу.

Перспективи нашого дослідження пов'язані з районуванням території Черкаської області за ступенем завершеності формування придорожніх екосистем.

Конфлікт інтересів

Автор запевняє, що робота виконувалась у відповідності з науково-дослідницькою тематикою кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва «Розробка методологічних підходів і практичного механізму екологічно-збалансованого природокористування у сфері аграрного виробництва», окремим розділом якої є «1. Методологія агро-екології, дослідження глобальних екологічних процесів і механізмів, ноосферна екологія, конструктивне вирішення екологічних проблем», який включає проведення моніторингових досліджень (№ державної реєстрації - 0108U009772).

Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію. Дана робота продовжує методіку, апробовану автором при дослідженні автотраси Київ-Одеса.

Список використаної літератури

1. Вернадський В. Про науковий світогляд; Філософські погляди натураліста; Декілька слів про ноосферу. *Тисяча років української філософської думки* : антологія. Уклад. А. Р. Бурій; М-во освіти і науки України, ДДПУ ім. І. Франка. Дрогобич, 2018. Т. 2. С. 411–417.
2. Sonko Sergiy, Maksymenko Nadiya, Vasylenko Olha, Chornomorets Viktoriia, Koval Iryna. Biodiversity and landscape diversity as indicators of sustainable development. E3S Web of Conferences. Vol. 255. 2021. *International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (ISCMEE 2021). Odesa, Ukraine, April 16, 2021*. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501046>
3. Смалійчук Анатолій. Теоретико-концептуальні основи дослідження антропогенної динаміки геоекосистем. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. Спеціальний випуск. №2 (випуск 32). 2012 С. 121-125*. URL: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/10/TNPU_2012_2_Smaliychuk.pdf
4. Денисик Г.І., Вальчук-Оркуша О.М. Класифікація і оптимізація дорожніх ландшафтів. / *International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE»*. № 8(24), Vol.2.August 2017. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/442959.pdf>
5. Сонько С.П., Максименко Н.В. Про «природність» та «антропогенність» ландшафтотворення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1-2 (25). 2016. С.9-13.
6. Sonko Sergiy. Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology*, 2019. Vol. 22. P.51-75. DOI: <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/22/5>
7. Maksimtsev Serhii, Dudarets Serhii, Yukhnovskyi Vasyl. Accumulation of heavy metals in soil and litter of roadside plantations in Western Polissia of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2021. Vol. 63. No 3.P. 232–242. DOI: <https://doi.org/10.2478/ffp-2021-0024>

8. Cooke, S. C., Balmford, A., Donald, P. F., Newson, S. E., Johnston, A. Roads as a contributor to landscape-scale variation in bird communities. *Nature Communications*. 2020. Vol.11. No 1. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16899-x>
9. Ludovici, G.M.; de Souza, S.O.; Chierici, A.; Cascone, M.G.; d’Errico, F.; Malizia, A. Adaptation to ionizing radiation of higher plants: From environmental radioactivity to chernobyl disaster. *J. Environ. Radioact.* 2020. Vol. 222. 106375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106375>
10. Nawaz, M.F.; Rashid, M.H.U.; Saeed-Ur-Rehman, M.; Gul, S.; Farooq, T.H.; Sabir, M.A.; Iftikhar, J.; Abdelsalam, N.R.; Dessoky, E.S.; Alotaibi, S.S. Effect of Dust Types on the Eco-Physiological Response of Three Tree Species Seedlings: *Eucalyptus camaldulensis*, *Conocarpus erectus* and *Bombax ceiba*. *Atmosphere*. 2022. 13. 1010. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13071010>
11. Rolli N.M., Hiremath P.S., Karalatti, B.I., Hotti Y.B. & Kattimani V.K. Phytoassay of Heavy Metals Pollution in Roadside Environment: Bioindicators. *Int J Recent Sci Res*. 2019. Vol.10. No 12. P. 36499-36503. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1012.4934>
12. Shamali De Silva, Andrew S. Ball, Demidu V.Indrapala, Suzie M.Reichman. Review of the interactions between vehicular emitted potentially toxic elements, roadside soils, and associated biota. *Chemosphere*. Vol. 263. January 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128135>
13. Sordello, R., Ratel, O., Flamerie De Lachapelle, F. et al. Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environ Evid* 9, 20. 2020. <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00202-y>
14. Simcock, R., Innes, J., Samarasinghe, O., Lambie, S., Peterson, P., Glen, A., & Faville, N. Road edge-effects on ecosystems: A review of international and New Zealand literature, an assessment method for New Zealand roads, and recommended actions (*Waka Kotahi NZ Transport Agency research report 692*). (2022).
15. Wildlife crossing structure handbook design and evaluation in North America. Chapter 2 - Wildlife populations and road corridor intersections. URL: https://www.fhwa.dot.gov/clas/ctip/wildlife_crossing_structures/ch_2.aspx
16. Парахненко В. Г. Географія інвазивної флори у придорожніх ландшафтах залізниць Кіровоградської області. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю. Уманський національний університет садівництва, Умань, 2023. 173 с. URL: <https://dir.ukrintei.ua/view/okd/e1b9c0f9f6c6f721d531cfd0e6cc437c>
17. Круглов Іван. Базова геоекосистема (Б-ГЕС) як інтегруючий об’єкт трансдисциплінарної геоекології. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія*. № 2 (випуск 41). 2016. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/7111>
18. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2021 році. Управління екології та природних ресурсів Черкаської обласної державної адміністрації. URL: <https://docs.google.com/document/d/1Ph3-6L340rNxVBgvV9ymczAaJ7YqAoCV/edit?pli=1>
19. Ogilko S.P. Monitoring of the radiation background of the city of Uman: after 10 years. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип 38. С.71-81. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-07>
20. Національний каталог біотопів України. За ред. А.А. Куземко, Я.П. Дідуха, В.А. Онищенко, Я. Шеффера. К.: ФОП Клименко Ю.Я., 2018. 442 с. URL: <http://geobot.org.ua/files/publication/1828/catalog.pdf>

Стаття надійшла до редакції 04.08.2023

Стаття рекомендована до друку 12.09.2023

S. P. OGILKO,

Graduate Student of the Department of Ecology and Life Safety
e-mail: zrivola153@gmail.com ORCID ID : <https://orcid.org/0009-0001-5133-8314>
Uman National University of Horticulture,
1, Instytutska Str., Uman, 20305, Ukraine

CURRENT PRIORITIES OF MONITORING RESEARCH OF ROADSIDE ECOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE OF HIGHWAYS OF THE CHERKASK REGION)

Implementation of priorities of ecosystem dynamics during monitoring of roadside landscapes determines the role of a buffer between, mainly, agricultural land and the road surface.

Purpose Using monitoring methods to investigate the modern ecosystem dynamics of roadside landscapes.

Methods. Measurement of the level of noise, dustiness, radiation background with special devices, photography of vegetation and traces of the presence of fauna with further interpretation of the photographs. The results of the chemical analysis of soils were carried out by the ICP-OES method on the iCAP6500DUO device.

Results. Monitoring researches were carried out by route advance by car, first from the village of Sychivka (on the border with the Vinnytsia region) to the east to the city of Cherkasy and in the opposite direction to the city of Uman. A total of 8 stops were made for the relevant measurements and sampling. The intensity of the noise load increased around large settlements (Uman, Smila, Cherkasy), and on intermediate sections of the highway, where vehicles could develop high speeds. The dependence of dustiness on the total carrying capacity of vehicles was determined. The radiation background for all polygons corresponded to the background values. Chemical analysis of soil samples directly near the track and at a distance of 25-30 m from it determined a close dependence on the distance. A generalization of various parameters of the current state of roadside ecosystems is made. In particular, the recording of various types of ruderal plants made it possible to draw a diagram of the degree of completion of the formation of roadside ecosystems.

Conclusions. After the construction of the road surface, over a certain period of time, plant and animal communities are formed along it, which later show signs of ecosystem dynamics.

KEYWORDS: *roadside ecosystem, landscape, biodiversity, monitoring, noise load, dustiness, soil, anthropogenic impact*

References

1. Vernadskyi V. (2018). About the scientific outlook; Philosophical views of a naturalist; A few words about the noosphere. In Bury A. R. (Ed.). A thousand years of Ukrainian philosophical thought: an anthology. Ministry of Education and Science of Ukraine, DDPU named after I. Franko. Drohobych, 2, 411–417. (in Ukrainian)
2. Sonko, S., Maksymenko, N., Vasylenko, O., Chornomorets, V., & Koval, I. (2021). Biodiversity and landscape diversity as indicators of sustainable development. E3S Web of Conferences. *International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (ISCMEE 2021)*. 255 Odesa, Ukraine, April 16, 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501046>
3. Smaliychuk, A. (2012). Theoretical and conceptual framework of the study of the geoecosystem's anthropogenic dynamics. *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk*. Series: geography. Special issue. (2(32)). 121-125. Retrieved from https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/10/TNPU_2012_2_Smaliychuk.pdf (in Ukrainian)
4. Denisyk, G.I., & Valchuk-Orkusha, O.M. (2017). Classification and optimization of road landscapes. *International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE"*. 2(8(24)). Retrieved from <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/442959.pdf> (in Ukrainian)

5. Sonko, S.P., & Maksimenko, N.V. (2016). «Natural» and «Anthropogenic» in Creating the Landscape. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (1-2(25), 9-13. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/6308> (in Ukrainian)
6. Sonko, S. (2019). Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology*, 22,51-75. <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/22/5>
7. Maksimtsev, S., Dudarets, S., & Yukhnovskyi, V. (2021). Accumulation of heavy metals in soil and litter of roadside plantations in Western Polissia of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 63 (3), 232–242. <https://doi.org/10.2478/ffp-2021-0024>
8. Cooke, S. C., Balmford, A., Donald, P. F., Newson, S. E., & Johnston, A. (2020). Roads as a contributor to landscape-scale variation in bird communities. *Nature Communications*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16899-x>
9. Ludovici, G.M., de Souza, S.O., Chierici, A., Cascone, M.G., d’Errico, F., Malizia, A. (2020). Adaptation to ionizing radiation of higher plants: From environmental radioactivity to chernobyl disaster. *J. Environ. Radioact.*, 222, 106375. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106375>
10. Nawaz, M.F., Rashid, M.H.U., Saeed-Ur-Rehman, M., Gul, S., Farooq, T.H., Sabir, M.A., Iftikhar, J., Abdelsalam, N.R., Dessoky, E.S. & Alotaibi, S.S. (2022). Effect of Dust Types on the Eco-Physiological Response of Three Tree Species Seedlings: *Eucalyptus camaldulensis*, *Conocarpus erectus* and *Bombax ceiba*. *Atmosphere* 13, 1010. <https://doi.org/10.3390/atmos13071010>
11. Rolli N.M., Hiremath P.S., Karalatti, B.I., Hotti Y.B. & Kattimani V.K. (2019). Phytoassay of Heavy Metals Pollution in Roadside Environment: Bioindicators. *Int J Recent Sci Res.*, 10(12), 36499-36503. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1012.4934>
12. De Silva S., Ball A.S., Indrapala D.V., Reichman S.M. (2021). Review of the interactions between vehicular emitted potentially toxic elements, roadside soils, and associated biota. *Chemosphere*, 263, January, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128135>
13. Sordello, R., Ratel, O., Flamerie De Lachapelle, F., Leger, C., Dambry, A., & Vanpeene, S. (2020). Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environ Evid.*, 9, 20 <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00202-y>
14. Simcock, R., Innes, J., Samarasinghe, O., Lambie, S., Peterson, P., Glen, A., & Faville, N. (2022). Road edge-effects on ecosystems: A review of international and New Zealand literature, an assessment method for New Zealand roads, and recommended actions (*Waka Kotahi NZ Transport Agency research report 692*).
15. Wildlife crossing structure handbook design and evaluation in North America. Chapter 2 - Wildlife populations and road corridor intersections. Retrieved from https://www.fhwa.dot.gov/clas/ctip/wildlife_crossing_structures/ch_2.aspx
16. Parakhnenko, V. G. (2023). Geography of invasive flora in roadside landscapes of railways in the Kirovohrad region. PhD thesis in specialty 103 Earth Sciences. Uman National University of Horticulture, Uman. (in Ukrainian)
17. Kruglov, I. (2016). Basic geoecosystem (B-HES) as an integrating object of transdisciplinary geocology. *Scientific Notes Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University. Series: Geography*, (2 (41). Retrieved from. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/7111> (in Ukrainian)
18. Regional report on the state of the natural environment in the Cherkasy region in 2021. Department of Ecology and Natural Resources of the Cherkasy Regional State Administration. Electronic resource. Retrieved from <https://docs.google.com/document/d/1Ph3-6L340rNxBGbvV9ymczAaJ7YqAoCV/edit?pli=1> (in Ukrainian)
19. Ogilko, S.P. (2023). Monitoring of the radiation background of the city of Uman: after 10 years. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 39, 77-86. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-07>
20. Kuzemko, A.A., Didukha, J.P., Onishchenko, V.A., & Schaeffer, Ya. (Eds.). (2018). National catalog of biotopes of Ukraine. Kyiv.: FOP Klymenko Yu.Ya. (in Ukrainian)

The article was received by the editors 04.08.2023

The article is recommended for printing 12.09.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-04>

УДК: 502.15:502.5(23.071)

Н. В. МАКСИМЕНКО¹, д-р географ. наук, проф.,
завідувачка кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: maksymenko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

В. О. ВОРОНІН¹,
аспірант кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: v.voronin@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5692-9703>

С. В. БУРЧЕНКО¹,
ст. викладач кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: s.burchenko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

ГЕОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЛІСОВИХ ЛАНДШАФТІВ ЯК ПІДҐРУНТЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

Мета. Використання геоecологічної оцінки лісових ландшафтiв, як основи для оцінки екосистемних послуг для врахування природно-антропогенних умов їх функціонування.

Методи. Результати геоecологічної оцінки лісових ландшафтiв засобами ландшафтно-ecологічного планування переведено у показники екосистемних послуг: з забезпечення та регулювання.

Результати. Геоecологічна оцінка лісових ландшафтiв проведена на модельній ділянці Васицівського лісництва Харківської області, як репрезентативної для всіх лісових ландшафтiв Харківської області – вододільних, долинних, балково-яружних. Засобами ландшафтно-ecологічного планування визначено показник величини екосистемних послуг з забезпечення для середньовічних деревостанів за породним складом у розрахунку на 1 га. Так, на основі Аналітичного порталу з системи державного обліку деревини визначено, що на 2022 рік визначено середню вартість деревини за породним складом для Харківської області. Таким чином показник величини екосистемної послуги з забезпечення деревини складає близько 604, 5 млн. грн. У перерахунку на одиницю площі (1 га) показник екосистемної послуги буде складати 13247 грн./га. Показник величини екосистемних послуг з регулювання, зокрема вуглецевої ємності для модельної ділянки визначено для середньовікових деревостанів за породним складом у розрахунку на 1 га.

Висновки. Запропоноване використання геоecологічної оцінки на основі ландшафтно-ecологічного підходу надає можливість врахувати ландшафтні умови, вплив антропогенної діяльності, а також результати прийняття управлінських рішень у природокористуванні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ландшафтно-ecологічне планування, геоecологічна оцінка, екосистемні послуги, ліси, типи лісорослинних умов, ландшафт, соснові, листяні, деревостан

Як цитувати: Максименко Н. В., Воронін В. О., Бурченко С. В. Геоecологічна оцінка лісових ландшафтiв як підґрунтя для визначення екосистемних послуг. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 37 - 47. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-04>

In cites: Maksymenko, N. V., Voronin, V. O., & Burchenko, S. V. (2023). Geoeological assessment of forest landscapes as a basis for the evaluation of ecosystem services. *Visnykof V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 37-47. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-04> (in Ukrainian)

Вступ

Ліси мають велике значення для довкілля та сталого розвитку держави. Вони займають великі площі, а їх деградація невпинно призводить до матеріальних втрат та

зміни стану компонентів довкілля, що у свою чергу призводить до посилення наслідків зміни клімату, міграцій живих організмів, зміни структури ландшафту в цілому.

© Максименко Н. В., Воронін В. О., Бурченко С. В., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Лісові ландшафти – це найцінніші багатства природи України і проблема їх охорони, раціонального використання і відновлення вимагає глибокого вивчення їх сучасного стану, продуктивності та біологічної стійкості, лісовідтворювальних процесів, водоохоронно-захисної функції, тенденцій природокористування тощо [1]. До заходів з раціонального природокористування лісами відноситься вірне нормування рубок лісу, обґрунтування оптимального віку рубок та обсягів лісозаготівлі, специфіки ведення господарства в лісах різного призначення, підтриманням їх оптимального екологічного стану, використанням лісів з рекреаційною метою.

Термін «екосистемні послуги» вперше вводяться у 1970 році у звіті критичних проблем довкілля [2], у якому представлені результати щомісячної міждисциплінарної експертизи глобальних кліматичних та екологічних наслідків людської діяльності.

Поняття «екосистемні послуги» (з англ. – ecosystem services) вперше вжив британський учений E.F. Schumacher у праці «Small is Beautiful: Economics as if People Mattered» (1973). Досліджуючи глибоку взаємозалежність людини і довкілля, він вводить термін «екосистемні (або екологічні, або довкільні, або природні) послуги» [3].

Однією наймасштабніших робіт, можна вважати Оцінку екосистемних послуг на порозі тисячоліття 2003, 2005 років – Millennium Ecosystem Assessment. Оцінка екосистем на порозі тисячоліття дозволила оцінити наслідки зміни екосистем для добробуту людей. З 2001 по 2005 рік в МА працювали більш 1360 експертів з усього світу. Їх результати забезпечують наукову оцінку стану і тенденцій в екосистемах світу та їх послуг, а також наукову основу для дій по їх збереженню і сталому використанню [4].

Тоді ж і вводиться загальноприйняте поняття «екосистемні послуги» – це вигоди, які отримує суспільство від екосистем.

Надалі у 2010 році розвиток концепції екосистемних послуг продовжує проект ТЕЕВ (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) – глобальне дослідження, яке спрямоване на визначення цінності природних комплексів. За допомогою структурного підходу до оцінки, можливо визначити перелік тих переваг, які надаються екосистемами

та загалом біорізноманіттям, а також визначити можливу економічну складову цих переваг [5].

У 2012 році ініціативу розвитку екосистемних послуг отримує Європейське агентство з охорони навколишнього середовища (CICES), згідно з їх підходом послуги екосистем – це вклад, який екосистеми роблять у добробут людини [6]. Це готові послуги в тому розумінні, що вони є вигодами екосистем, які прямо впливають на добробут.

МА, ТЕЕВ та CICES – три основні глобальні проекти з дослідження екосистемних послуг. Важливою частиною кожного з цих проектів надання чіткої, зрозумілої та працюючої класифікації екосистемних послуг. І хоча у кожного проекту розроблена своя класифікація, основна тенденція є однакова у всіх випадках. Так, виділяють:

- послуги з забезпечення;
- послуги з регулювання;
- культурні послуги;
- супровідні.

Між послугами і вигодами немає однозначної відповідності, одна послуга генерує декілька вигід, а для отримання певної вигоди зазвичай необхідно декілька послуг. Вигоди можуть не збігатися з послугами у просторі і часі [7].

Дослідження екосистемних послуг тісно поєднується з картографуванням, зокрема в Європейському Союзі це відображено у програмі MAES – Картографування та оцінка послуг екосистем. Дані щодо практичного створення картографічного матеріалу подаються також у технічних звітах Європейського Союзу [8].

У 2021 році Організацією Об'єднаних націй прийнято новий підхід до статистичного обліку екосистем у національному масштабі – Екосистемний облік (англ. Ecosystem Accounting), який представляє інтегровану та комплексну статистичну структуру для збору та організації даних про середовища існування та ландшафти, оцінки екосистемних послуг та моніторинг змін з прив'язкою до економічних та антропогенних факторів діяльності [9, 10].

Серед вітчизняних досліджень екосистемних послуг можна виділити два основні напрямки:

1. теоретичні дослідження, які полягають у вивченні особливостей самої

концепції екосистемних послуг, аналізі передумов її використання та ін.;

2. практичні дослідження, які базуються на оцінці вартості певних послуг.

Методи оцінки вартості екосистемних послуг базуються на типі використання природних ландшафтів. До таких типів використання відноситься:

1. пряме використання (сировина та продукція, які можна використовувати для споживання, водозабезпечення а також рекреаційні послуги);

2. непряме використання (забезпечення якості води, захист від підтоплення, стабілізація мікроклімату);

3. невикористання (існування екосистеми, заповідання, культурна цінність).

У попередніх дослідженнях проведено аналіз методів і підходів до оцінки екосистемних послуг [11, 12]

Об'єкти та методи дослідження

Оцінка стану лісових насаджень може бути проведена завдяки використанню різних підходів до ландшафтно-екологічного моделювання лісових насаджень. Користуючись методом моделювання лісових насаджень та аналізу просторово-часової динаміки стану деревного ярусу лісу, Т. С. Мешкова [14] у своїй науковій праці аналізує часові зміни лісу, визначає проблеми погіршення санітарного стану лісу, зазначає період покращення стану лісу, розробляє рекомендації для раціонального використання лісового ресурсу.

Для оцінки екосистемних послуг першочерговим завданням є оцінка стану ландшафту (включаючи всеохоплюючий аналіз компонентів довкілля), ступеню впливу антропогенної діяльності. Для такого попереднього аналізу стану лісових ландшафтів оптимальним є проведення геоекологічної оцінки на основі ландшафтно-екологічного планування (ЛЕП).

Геоекологічна оцінка полягає не лише у дослідженні ландшафту, як природного комплексу, при вивченні стану ландшафту враховується антропогенний вплив на нього в результаті господарської діяльності, що особливо актуально для лісових ландшафтів [15].

Геоекологічну оцінку лісових ландшафтів доцільно проводити за загальною методикою ландшафтно-екологічного плануван-

Як стверджує [13] економічна оцінка екосистемних послуг залежить від повноти наявної інформації щодо цих послуг. Проте автор вказує, що визначити всі екосистемні послуги ландшафтів досить складно, а також дослідити та прогнозувати яким чином ці послуги можуть змінитися внаслідок антропогенної діяльності.

Отже, проблема пошуку оптимальних методів оцінки екосистемних послуг, які враховували б всі природні особливості екосистеми та ландшафту в цілому, наразі є досить актуальною. Особливо у контексті екосистемних послуг лісових ландшафтів, які з однієї сторони є важливим ресурсом для лісової галузі країни, а з іншої – цінною природною екосистемою, втрата якої несе значні загрози для довкілля і існування в цілому.

Ця методика надає змогу не тільки визначити стан природних компонентів, а також оцінити рентабельність тих чи інших екосистемних послуг і на основі цього надати відповідне управлінське рішення [16]. Узагальнену модель реалізації та корегування управлінського рішення на основі ЛЕП розроблено [16]. Передумовою реалізації цієї моделі є проведення процедури ландшафтно-екологічного планування для території дослідження. ЛЕП є базою даних про структуру, процеси та екологічний стан ландшафту, що дозволяє визначити ті складові чи можливості ландшафту, які можуть бути використані для створення екосистемних послуг, тобто природний капітал.

На нашу думку ландшафтно-екологічний підхід дозволить оптимізувати ведення лісового господарства. В останні роки ландшафтно-екологічний підхід набуває поширення в багатьох наукових галузях та має досить широкий спектр застосування – від управління водними ресурсами та раціонального природокористування до застосування при проведенні ландшафтно-екологічного моніторингу. Ландшафтно-екологічний підхід для лісового господарства в найпростішому його тлумаченні полягає в аналізі екологічного стану лісових масивів, які належать до земель лісового господарства, за певними ландшафтами. Головною перевагою

ведення лісового господарства на ландшафтно-екологічній основі визначається те, що воно здійснюється в межах однорідних ділянок земної поверхні із урахуванням природних особливостей території та генетично сформованих ділянок лісу [17].

Етапи використання геоекологічної оцінки, як підґрунтя для оцінки екосистемних послуг, має складатися з наступних етапів [18]:

1. аналіз і характер екосистемних послуг лісових ландшафтів відповідно до міжнародної класифікації;
2. проведення інвентаризаційного етапу, який включає аналіз природніх умов лісових ландшафтів та аналіз господарського використання лісів, як одного з головних антропогенних факторів впливу;

3. оціночний етап, який включає просторово-часову оцінку стану лісових ландшафтів, а також оцінку впливу військових дій на лісові ландшафти;
4. аналіз та оцінку конфліктів природокористування, що дає змогу визначити основні фактори негативного впливу на лісові ландшафти.

Для розробки управлінського рішення щодо надання чи не надання екосистемних послуг лісовими ландшафтами пропонується перевести з вартісної оцінки, яка на пряму залежить від умов ринку, а в окремих випадках взагалі не використовується (наприклад, для культурних послуг), в показник екосистемної послуги на одиницю площі, що буде враховувати можливі зміни ландшафтних умов при прийнятті управлінських рішень.

Результати дослідження

Лісові ландшафти Харківської області приурочені до двох фізико-географічних зон – лісостепу і степу. В морфологічному відношенні при порівнянні карти ландшафтів і карти лісів (рис. 1) можна виділити три групи лісів, відповідно до типів місцевостей, де вони ростуть:

- межирічкові – ліси та лісовкриті території, які розташовані на вододілах річок;
- долинні – лісові масиви борових терас річок, складені, головним чином сосною та ділянки листяних лісів лесових терас та заплав річок;
- балково-долинні – листяні або мішані ліси, насаджені з метою попередження ерозії схилів балок і ярів.

Для дослідження у якості модельної ділянки обрано територію Васищівського лісництва ДП Жовтневого лісгоспу Харківської області, зокрема урочища Чорний ліс, Бір 1 та Бір 2, оскільки ця територія є репрезентативною для всіх типів лісових ландшафтів Харківської області. Схема розташування модельної ділянки дослідження показана на рис. 2.

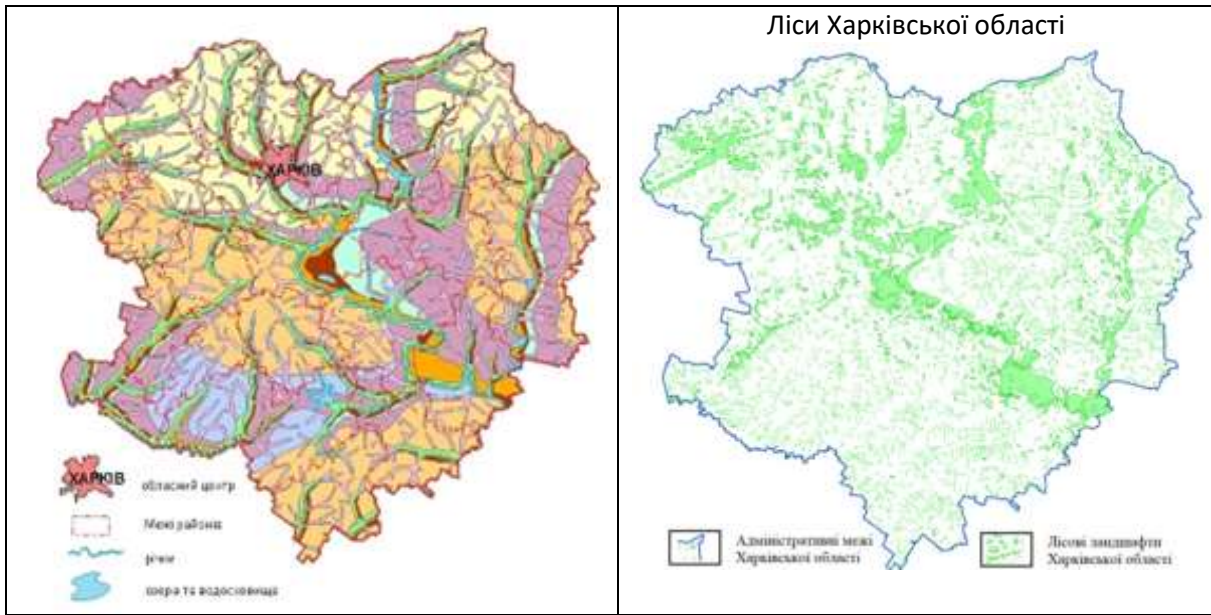
Лісові ландшафти надають цілий ряд екосистемних послуг, важливих для суспільства.

Серед послуг з забезпечення лісових ландшафтів варто виділити наступні послуги:

- забезпечення первинною продукцією – збирання грибів, ягід, рослин, полювання тощо;
- забезпечення сировиною – деревообробна промисловість, використання паливної деревини, використання лікарських рослин для фармацевтичного виробництва.

Серед послуг з регулювання виділяють наступні послуги:

- депонування вуглецю – лісові ландшафти регулюють глобальний клімат, зберігаючи та секвеструючи парникові гази; у міру росту дерев і рослин вони виводять вуглекислий газ з атмосфери і ефективно замикають його у своїх тканинах, таким чином, лісові екосистеми є запасами вуглецю;
- гідрологічні регулюючі послуги лісових ландшафтів – лісові ландшафти виконують водоохоронні та водорегулюючі функції, тим самим впливають на глобальний гідрологічний цикл;
- запобігання ерозії та підтримка родючості ґрунтів – ерозія ґрунту є ключовим фактором у процесі деградації та опустелювання земель; рослинний покрив забезпечує життєво важливу регуляторну послугу, запобігаючи ерозію ґрунту;
- регулювання процесів запилення: комахи та вітер запилюють рослини та дерева, що важливо також для підтримки біорізноманіття;
- біологічний контроль – екосистеми важливі для регулювання шкідників та



Умовні позначення

	<p>Міжрічкові природні комплекси Рівнини лесові, піднесені й відносно вирівняні на палеогеновій та неогеновій основі з чорноземами сірими й опідзоленими ґрунтами з кленово-липово-дубовими лісами та сільськогосподарськими угіддями на місці широколистяних лісів, луків і різнотравно-ковилових степів</p>
	<p>Долинні природні комплекси Рівнини низовинні, лесово-терасові, піщані й заплавні, плоскі й хвилясті на неогеновому та четвертинному алювії з чорноземами, сірими й темно-сірими дерновими і дерново-підзолистими ґрунтами, із сільсько-господарськими угіддями на місці широколистяних дубових лісів, лучних і різнотравно-типчакково-ковилових степів, іноді під кленово-липово-дубовими лісами.</p>
	<p>Балково-долинні природні комплекси</p>

Рис. 1 – Співставлення ландшафтів та лісів Харківської області

Fig. 1 - Comparison of landscapes and forests of the Kharkiv region

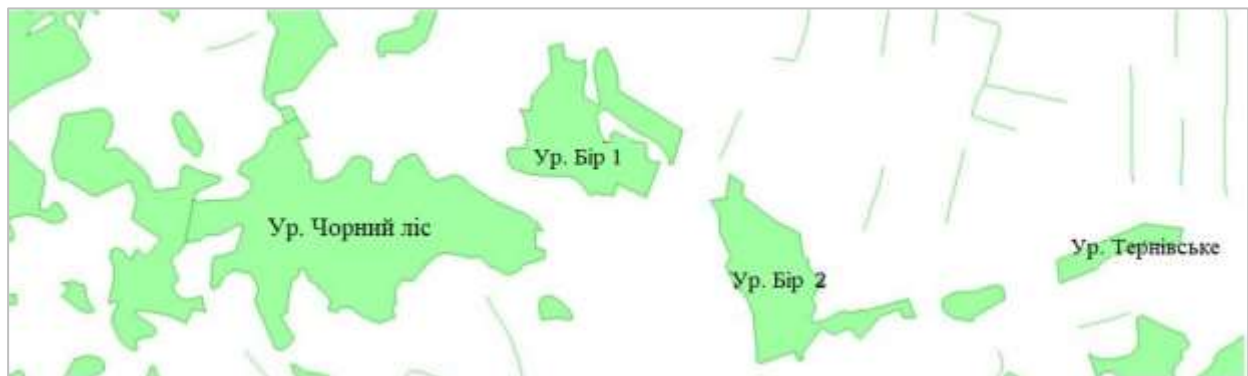


Рис. 2 – Територія модельної ділянки Васищівського лісництва Харківської області

Fig. 2 – The territory of the model site of the Vasyshchivske forestry of the Kharkiv region

захворювань, що переносяться шкідниками, які атакують рослини, тварин і людей. До культурних послуг лісових ландшафтів відносяться:

- культурні послуги – лісові ландшафти мають духовні та релігійні, освітні та наукові, естетичні та соціальні цінності на суспільства;

- відпочинок та психічне та фізичне здоров'я: Гуляння та заняття спортом на зеленому просторі - це не лише хороша форма фізичних вправ, але й дозволяє людям розслабитися. Роль, яку зелений простір відіграє у підтримці психічного та фізичного здоров'я, все більше визнається, незважаючи на труднощі з вимірюванням

- туризм та рекреація: екосистеми та біорізноманіття відіграють важливу роль для багатьох видів відпочинку, що, в свою чергу, дає значні економічні вигоди і є життєво важливим джерелом доходу для багатьох країн.

До супровідних послуг відноситься забезпечення середовища існування видів та підтримка генетичного та біологічного різноманіття.

Цей перелік не є вичерпним і може доповнюватись відповідно до особливостей кожного типу лісових ландшафтів. Крім того, у багатьох випадках екосистемні послуги лісових ландшафтів пов'язані між собою, так наприклад, послуга з забезпечення збирання ягід, грибів та інших рослин може поєднуватись з культурною послугою з рекреації та відпочинку.

Під час дослідження попередньо проведено 1-3 етапи ландшафтно-екологічного планування для модельної ділянки лісових ландшафтів Харківської області.

Під час першого, інвентаризаційного, етапу, визначено природні умови модельної ділянки, включаючи характеристики клімату (температури повітря, опадів, атмосферного тиску тощо), ґрунтів (хімічні, фізичні властивості, інтенсивність процесів ерозії), ландшафтно-диференціації.

На другому етапі, оціночному, проведено просторово-часову оцінку лісових ландшафтів, засобами ландшафтно-екологічного планування, визначено, що зміну ландшафтного профілю на 27 %. При цьому зміни ландшафтного профілю досліджуваної ділянки мали позитивний характер, як наприклад, заліснення схилів. Оцінка зміни гумусового

складу ґрунту за лінією профілю дозволила зробити висновок, який підтверджує загальну природну закономірність – за гумусовим складом лісовий ґрунт має найнижчу родючість серед ґрунтів досліджених ландшафтів.

На останньому етапі проведено оцінку конфліктів природокористування, визначено, що більшість ділянок, які межують з Васищівським лісництвом мають середню інтенсивність, переважно на місцях розташування селітебних ландшафтах, це свідчить про середній вплив антропогенного навантаження прилеглих територій на лісовий ландшафт.

Для розрахунку індексу величини екосистемних послуг виділено основні екосистемні послуги лісових ландшафтів Харківської області:

з функцій забезпечення – забезпечення деревиною;

з функцій регулювання – депонування вуглецю.

Показник величини екосистемних послуг з забезпечення деревиною визначено для середньовічних деревостанів за породним складом у розрахунку на 1 га.

Так, на основі Аналітичного порталу з системи державного обліку деревини [19] визначено середню вартість деревини за породним складом для Харківської області на 2022 рік.

Показник величини екосистемної послуги з забезпечення для модельної ділянки наведено у таблиці 1.

Таким чином показник величини екосистемної послуги з забезпечення деревини складає близько 604, 5 млн. грн. У перерахунку на одиницю площі (1 га) показник екосистемної послуги буде складати 13247 грн./га.

Показник величини екосистемних послуг з регулювання, зокрема вуглецевої ємності для модельної ділянки визначено для середньовікових деревостанів за породним складом у розрахунку на 1 га.

Породний склад Васищівського лісництва не однорідний і складається з сосни звичайної (*Pinus sylvestris*), дубу звичайного і дубу червоного (*Quercus robur* L, *Quercus rubra*), клену гостролистого, сріблястого та польового (*Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Acer campestre*), берези пухнастої (*Betula pubescens*), вільхи (*Alnus*), осики (*Populus tremula*), тополі (*Populus*), липи дрібнолистої (*Tilia cordata*) та акації білої

(*Robinia pseudoacacia*). Найбільшу частку складають угруповання сосни (більше 60%), та дуба (більше 10%), інші види складають частку від 1 до 6% [20].

Показник величини екосистемної регулюючої послуги з депонування вуглецю за

породним складом у розрахунку на 1 га наведено у таблиці 2.

На основі проведеного дослідження [20] визначено, що сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), як домінуючий вид має і найбільшу здатність поглинати вуглець: запас

Таблиця 1

Показник величини екосистемної послуги з забезпечення деревиною
Васищівського лісництва

Table 1

The indicator of the value of the ecosystem service for the supply of wood
by the Vasyschivske Forestry

Порода	Середня ціна, грн. за м ³	Запас, м ³	Вартість, грн. за м ³
Дуб	11823	8358	98 817 512
Сосна	2992	167297	500 527 948
Клен	1959	567	1 110 776
Липа	1623	355	576 055
Вільха	1618	1480	2 394 522
Ясен	3798	300	1 139 282

Таблиця 2

Показник величини екосистемної послуги з депонування вуглецю за породним складом
у розрахунку на 1 га модельної ділянки Васищівського лісництва

Table 2

Indicator of the value of the ecosystem service for carbon sequestration by species composition,
calculated per 1 ha of the model plot of the Vasyschivske Forestry

Порода	Запас С, т/га	Жива фітомаса, т/га	Разом відмерла фітомаса, С т	Підстилка, т С	Ґрунт, т С	Загальний запас органічного вуглецю, С т	Показник запасу органічного вуглецю, С т/га
Сосна звичайна	89466,8	90324,9	402,8	11422,3	54379,6	291590,8	114211,3
Осіка	3 846,5	3 920,8	0,0	88,1	577,4	6 420,6	4 449,4
Дуб звичайний та червоний	6315,6	6545,9	50,7	1027,3	21832,7	50974,1	11116,2
Береза пухнаста	38879,3	38930,0	0,0	69,3	707,6	44203,9	39549,3
Вільха	991,5	1021,0	–	38,8	730,8	2080,2	1391,1
Клен	2697,8	2793,0	–	518,9	14686,2	35099,8	4769,7
Липа	546,1	563,9	–	79,4	606,4	2 818,0	782,9
Ялиці	984,5	1 002,2	–	710,8	9316,5	17316,2	2417,4
Тополя	478,8	492,8	86,7	34,0	784,5	2098,5	789,8
Акація біла	466,7	481,8	3,7	69,2	1148,1	2795,7	867,3

вуглецю 90 тис. т/га (у деревостані), у живій фітомасі 91 тис. т/га, у підстилці 11,4 тис. т, у ґрунті 54,3 тис. т, загальний запас органічного вуглецю 114,2 тис. т/га.

Загальний показник екосистемної послуги з депонування вуглецю складає лісових ландшафтів модельної ділянки складає 180344,5 т / га.

Висновки

Сучасні методи оцінки екосистемних послуг ґрунтуються переважно на ринковій вартості, вартості непрямого використання та вартості існування. Проте, у цих методів є недоліки:

- в окремих випадках неможливість переведення у грошовий еквівалент (наприклад, культурні послуги);
- залежність вартості послуг від умов ринку;
- відсутність у методах розрахунку можливості врахування фактору зміни параметрів ландшафту, внаслідок природних та антропогенних факторів, в т. ч. прийняття або не прийняття управлінських рішень.

Запропоновано використання геоecологічної оцінки на основі ландшафтно-ecологічного підходу надає можливість врахувати ландшафтні умови, вплив антропогенної діяльності, а також результати прийняття управлінських рішень у природокористуванні.

На основі ландшафтно-ecологічного планування проведено геоecологічну оцінку ландшафтів модельної ділянки Васищівського лісництва, яке є репрезентативним для лісових ландшафтів Харківської області, та визначено показники величин екосистемних послуг з забезпечення на прикладі забезпечення деревиною та регулюючої послуги на прикладі депонування вуглецю лісовими ландшафтами. Визначено, що показник екосистемної послуги з забезпечення деревиною модельної ділянки складає 604, 5 млн. грн. У перерахунку на одиницю площі (1 га) показник екосистемної послуги буде складати 13247 грн./ га.

Показник величини екосистемних послуг з регулювання, зокрема вуглецевої ємності для модельної ділянки визначено для середньовікових деревостанів за породним складом у розрахунку на 1 га. Загальний показник екосистемної послуги з депонування вуглецю складає лісових ландшафтів модельної ділянки складає 180344,5 т / га.

Конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Генсирук С. А. Регіональне природокористування: навч. посібник. Львів: «Світ». 1992. 336 с.
2. Study of Critical Environmental Problems (SCEP). Man's Impact on the Global Environment. – Cambridge, 1970.
3. Schumacher E.F. Small is Beautiful: Economics as if People Mattered. London: Blond and Briggs, 1973. – 288 р.
4. Ecosystems and human well-being/ Ed. by M. E. A. (Program). Washington, D.C : Island Press, 2005. 112 p.
5. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management . The Economics of Ecosystems and Biodiversity. The Economics of Ecosystems and Biodiversity 2011. URL:<https://teebweb.org/publications/other/teeb-cities/>
6. Haines-Young, R. H, Potschin, M.B. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting Ltd. 2018. URL: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
7. Варуха А. Огляд підходів з оцінки екосистемних послуг через призму їхнього застосування для визначення збитків, завданих військовими діями рф на території України. За заг. ред. О. Кравченко. Львів: «Компанія “Манускрипт”», 2022. 56 с.
8. The EU #NatureRestoration Law. Environment. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/index_en.htm

9. Данькевич С. М. Потенціал розвитку екосистемних послуг лісів України як фінансового інструменту забезпечення збалансованого землекористування. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 45-56. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.45>
10. Ecosystem Accounting. System of Environmental Economic Accounting. URL: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
11. Воронін В. О. Аналіз методик оцінки екосистемних послуг лісових ландшафтів. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи*: зб. тез доп. І міжнар. інтернет - конф., м. Харків, 2021. С. 36 - 38.
12. Maksymenko N., Voronin V. Analysis of methods of assessment of ecosystem services of forest landscapes. *Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition*: INTENSE Open Science Conference, Tartu, Estonia, 5-7 October, 2021. P. 34.
13. Соловій І. П. Концепція плати за послуги екосистем: Світовий досвід і перспективи її впровадження у лісовому секторі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 252-258
14. Мешкова Т. С. Оцінка стану деревного ярусу лісових насаджень Лівобережного Лісостепу України за даними моніторингу. Автореферат: Київ – 2007. – 22 с.
15. Нестерчук І. Геоекологічна оцінка територій та схема геоекологічного районування як передумова регіонального управління розвитком територій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка серія «Географія»*. 2011. № 59. С. 18-23. URL: <https://visnyk-geo.knu.ua/wp-content/uploads/2016/04/7-59.pdf>.
16. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування, як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2016. № 45. С. 153-158. URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/8192>.
17. Максименко Н.В., Добронос А.М., Воронін В.О. Просторово-часові зміни ландшафтів Васищівського лісництва і прилеглих територій. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 1-2 (23). С. 55-62. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/3903>
18. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 216 с.
19. Фактичні ціни реалізації лісопродукції в розрізі обласних управлінь. *Державне агентство лісових ресурсів України ДП «Лісогосподарський Інноваційно-аналітичний сервіс»*. URL: <https://stat.ukrforest.com/pages/cost-fact-region>
20. Воронін В. О. Ефективність поглинання вуглецю лісовими екосистемами (на прикладі Васищівського лісництва Харківської області). *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали V (XVI) міжнар. конф. молодих учених (Львів, 18-19 жовтня 2023 р.)*. Львів, 2023. С. 21-22.

Стаття надійшла до редакції 30.08.2023

Стаття рекомендована до друку 29.09.2023

N. V. MAKSYMENKO¹, DSc (Geography), Prof.,

Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: maksymenko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

V. O. VORONIN¹,

PhD student of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: v.voronin@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5692-9703>

S. V. BURCHENKO¹,

Senior Lecturer of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: s.burchenko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University,*

4, SvobodySquare, Kharkiv, 61022, Ukraine

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF FOREST LANDSCAPES AS A BASIS FOR THE EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES

Purpose. To study the use of geoecological assessment of forest landscapes as a basis for the assessment of ecosystem services to take into account the natural and anthropogenic conditions of their functioning.

Methods. The results of the geoecological assessment were translated into indicators of ecosystem services: provision and regulation.

Results. The geocological assessment of forest landscapes was carried out on a model plot of the Vasyshchivske Forestry of Kharkiv Region, as representative for all forest landscapes of Kharkiv Region - watershed, valley, and beam-thrust. On the basis of the previously conducted geocological assessment of the forest landscapes of the model area by the means of landscape and ecological planning, the indicator of the amount of ecosystem services to provide for medieval stands by species composition per 1 ha was determined. Thus, on the basis of the Analytical Portal of the state wood accounting system, it was determined that for 2022, the average value of wood by species composition for the Kharkiv region was determined. Thus, the value of the ecosystem service for providing wood is about 604.5 million hryvnias. In terms of unit area (1 ha), the indicator of the ecosystem service will be UAH 13,247/ha. The indicator of the value of ecosystem services for regulation, in particular of the carbon capacity for the model plot, was determined for medieval stands by species composition per 1 ha.

Conclusions. The proposed use of geocological assessment based on the landscape-ecological approach provides an opportunity to take into account landscape conditions, the impact of anthropogenic activity, as well as the results of management decisions in nature management.

KEY WORDS: *landscape-ecological planning, geocological assessment, ecosystem services, forest, types of forest site conditions, landscape, pine, deciduous, tree stand*

References

1. Gensyruk, S. A. (1992). *Regional nature management*. World. (In Ukrainian)
2. Study of Critical Environmental Problems (SCEP). (1970). *Man's Impact on the Global Environment*. MIT Press, Cambridge
3. Schumacher, E.F. (1973). *Small is Beautiful: Economics as if People Mattered*. London: Blond and Briggs.
4. Ecosystems and human well-being (2005). *M. E. A. (Program)*. Island Press.
5. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. (2011). - *The Economics of Ecosystems and Biodiversity. The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. Retrieved from <https://teebweb.org/publications/other/teeb-cities/>
6. Haines-Young, R. H., & Potschin, M. B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Fabis Consulting Ltd. Retrieved from <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
7. Varukha, A.. (2022). *A review of approaches to the assessment of ecosystem services through the prism of their application to determine the damage caused by the military actions of the Russian Federation on the territory of Ukraine*. "Manuscript Company". (In Ukrainian)
8. The EU #NatureRestoration Law. *Environment*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/index_en.htm
9. Dankevych, S. (2021). Development Potential Of Forest Ecosystem Services In Ukraine As A Financial Tool To Ensure Balanced Land Use. *Agrosvit*, (11), 45-56. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.45> (In Ukrainian)
10. Ecosystem Accounting. System of Environmental Economic Accounting. Retrieved from <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
11. Voronin, V. O. (2021). Analysis of methods for assessing ecosystem services of forest landscapes. *Proceedings of the I International Internet Conference "Actual problems of formal and non-formal education in environmental monitoring and conservation"*, Kharkiv. 36-39. (in Ukrainian).
12. Maksymenko, N., & Voronin, V. (2021). Analysis of methods of assessment of ecosystem services of forest landscapes. *Socio-ecological resilience across Eurasia innovation for sustainability transition* (p. 34).
13. Solovyi, I. P. (2016). The concept of payment for ecosystem services: World experience and prospects for its implementation in the forest sector. *Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, (14), 252-258. (In Ukrainian)
14. Meshkova, T. S. (2008). *Assessment of the condition of the tree layer of forest plantations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine according to monitoring data*. Thesis Ph.D. [agricultural sciences]. National Agrarian University. (In Ukrainian)
15. Nesterchuk, I. (2011). Geocological assessment of the territory and the scheme of geocological zoning as a prerequisite for regional management of the development of territories. *Visnyk of Taras Shevchenko Kyiv National University, series "Geography"*, (59), 18-23. Retrieved from <https://visnyk-geo.knu.ua/wp-content/uploads/2016/04/7-59.pdf>. (In Ukrainian)
16. Maksymenko, N. V. (2016). Landscape and ecological planning as a basis for management decisions on the provision of ecosystem services. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University series "Geology. Geography. Ecology"*, (45), 153-158. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/8192> (In Ukrainian)

17. Maksymenko, N., Dobronos, A., & Voronin, V. (2015). Spatial-temporal changes in the landscapes of the Vasischevskogo forestry and connected areas. *Man and environment. Problems of neoecology*, (1-2(23), 55-62. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/3903> (In Ukrainian)
18. Maksymenko, N. V. (2017). *Landscape and ecological planning: theory and practice*. Karazin Kharkiv National University. (In Ukrainian)
19. Actual sales prices of forest products by regional administrations. State Agency of Forest Resources of Ukraine GE "Forestry Innovative and Analytical Service". Retrieved from <https://stat.ukrforest.com/pages/cost-fact-region> (In Ukrainian)
20. Voronin, V. O. (2023). Efficiency Of Carbon Sequetration By Forest Ecosystems (On The Example Of Vasyschivske Forestry Of Kharkiv Region). *In Scientific basis of conservation of biotic diversity* (p. 21-22)

The article was received by the editors 30.08.2023

The article is recommended for printing 29.09.2023

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-05>

УДК (UDC): 630

Л. Ф. ЧОРНОГОР¹, д-р фіз.-мат. наук, проф.,

завідувач кафедри космічної радіофізики

e-mail: Leonid.F.Chernogor@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-2392>

А. Н. НЕКОС¹, д-р географ. наук, проф.,

завідувачка кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти

e-mail: alnekos999@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

Г. В. ТІТЕНКО¹, канд. географ. наук, доц.,

директор навчально-наукового інституту екології

e-mail: titenko@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

Л. Л. ЧОРНОГОР¹,

студент навчально-наукового інституту екології

e-mail: L.L.Chornohor@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5313-8850>

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

майдан Свободи 4, 61022, м. Харків, Україна

КЛАСИФІКАЦІЯ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ЗА ФІЗИЧНИМИ ТА ЕКОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Для якісної та кількісної характеристики інтенсивності лісових пожеж та їхніх екологічних наслідків необхідна розробка спеціальної шкали для класифікації на зразок шкали сили вітру, морських штормів, землетрусів, інтенсивності геомагнітних бур тощо.

Мета. Опис розроблених шкал для класифікації лісових пожеж за різними параметрами, що характеризують фізико-хімічні процеси, екологічні наслідки та рівень небезпеки від пірогенних факторів.

Методи. Системний аналіз, багатofакторний аналіз, математичне моделювання.

Результати. Запропоновано семибальні шкали для класифікації лісових пожеж за інтенсивністю, енергетичними характеристиками, масою викидів основних продуктів горіння та супутніх хімічних елементів, а також за екологічними наслідками для стану довкілля та рівнем небезпеки. Обґрунтовано, що при помірному та слабкому вітру інтенсивність і енергетика лісових пожеж в Україні зазвичай не перевищує 4–5 балів, тобто помірного або високого рівня. Пожежі цього рівня були, наприклад навесні-влітку-восени 2020 р. у низці регіонів України.

Висновки. Розроблені спеціальні шкали для класифікації лісових пожеж за різними параметрами є ефективним інструментом для якісної та кількісної характеристики інтенсивності лісових пожеж та їхніх екологічних наслідків. Отримані результати можуть також використовуватися для оцінки екологічних наслідків, матеріальних збитків й соціальних втрат.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лісова пожежа, семибальна шкала, класифікація, інтенсивність, енергетичні параметри, викиди, продукти горіння, екологічні наслідки

Як цитувати: Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Черногор Л. Л. Класифікація пожеж у природних екосистемах за фізичними та екологічними характеристиками. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 48 - 56. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-05>

In cites: Chernogor, L. F., Nekos, A. N., Titenko, G. V., & Chornohor, L. L. (2023). Fire classification in natural ecosystems by physical and environmental characteristics. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 48 – 56. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-05> (in Ukrainian)

© Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Черногор Л. Л., 2023



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

Вступ

Спостереження показують, що у другій половині 20-го століття та на початку 21-го століття число та інтенсивність природних і техногенних катастроф невідомо зростає. Зважаючи на те, що сонячна активність залишається практично незмінною, можна дійти до висновку, що причиною інтенсифікації катастроф є антропогенний фактор. Це потужний техногенний вплив, що обумовлює прискорене погіршення екологічного стану довкілля, та, зокрема, явище глобального потепління. При цьому невідомо зростає не тільки температура атмосфери, а й температура Світового океану. Це призводить до зростання сили та частоти ураганів, тайфунів, катастрофічних опадів, стимуляції сейсмічних явищ, вибухів вулканів тощо.

Одним із проявів глобального потепління є зростання частоти й інтенсивності великомасштабних лісових пожеж [1–6]. Важливо, що при цьому має місце позитивний зворотній зв'язок. Пожежі призводять до викиду значних мас сажі, яка, поширюється завдяки атмосферному переносу у глобальних масштабах за 1-2 тижні, осідає, зокрема, в Арктиці та Антарктиці. При цьому зменшується коефіцієнт відбиття (альbedo) льодовиків, збільшується поглинання сонячної енергії, що стимулює підвищення температури атмосфери. Це призводить до збільшення ймовірності виникнення великомасштабних лісових пожеж, що й забезпечує виникнення позитивного зворотного зв'язку.

Дослідженню процесів, що супроводжують великомасштабні лісові пожежі, присвячена велика кількість робіт. Короткий огляд цих робіт зроблено авторами [2]. Тут лише підкреслимо, що значна увага приділялася причинам виникнення пожеж, процесу поширення вогняної стихії, методам дослідження наслідків пожеж, способам їхнього гасіння та прогнозуванню пожеж [7–22].

Значно менше уваги приділялося екологічним наслідкам великомасштабних

пожеж у природних екосистемах. Авторами [9–12] детально проаналізовано та розроблено науково-методичні основи релаксації екологічних систем, що зазнали впливу лісових пожеж. Автори [2] дослідили екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж в Україні, що мали місце навесні-влітку-восени 2020 р. Встановлено, що екологічні наслідки регіонального масштабу були дуже значними. У роботах [3,6] теоретично обчислено та змодельоване екологічні наслідки катастрофічних лісових пожеж у Північній півкулі в 2020 р. Доведено, що ці наслідки мали глобальне значення та були рекордними за величиною викидів продуктів горіння. Автори [4] проаналізували параметри лісових пожеж і супутніх фізичних процесів, запропонували головні енергетичні, геометричні та теплофізичні параметри великомасштабних лісових пожеж. Розроблено прості аналітичні фізико-математичні моделі головних параметрів і фізичних процесів, що супроводжують великомасштабні лісові пожежі. У роботі [5] розвинуто аналітичні, математичні моделі протікання процесу горіння великих лісових масивів, необхідні для кількісної оцінки екологічних наслідків пожеж.

Як відомо, для характеристики та класифікації високоенергійних природних процесів розроблено спеціальні шкали. Так, наприклад, є шкала вітру, шторму на морі, сили землетрусу, вибухової здатності вулкана, геомагнітної бурі, геокосмічної бурі тощо. Зазвичай кількість балів у існуючих шкалах коливається від 5 до 10.

Для науковців на сьогодні актуальним завданням є розробка відповідних шкал, які будуть характеризувати параметри масштабних пожеж у природних екосистемах.

Мета роботи – опис розроблених шкал для класифікації лісових пожеж за різними параметрами, що характеризують фізико-хімічні процеси, екологічні наслідки та рівень небезпеки від пірогенних факторів.

Методи дослідження

Для класифікації лісових пожеж за різними параметрами використано методи наукових досліджень такі як системний аналіз,

багатофакторний аналіз, математичне моделювання низки головних фізичних процесів і їхніх екологічних наслідків.

Класифікація за інтенсивністю пожежі в екосистемі

Головним параметром пожежі у природній екосистемі є її інтенсивність, яка визначається припливом горючих матеріалів. Вона вимірюється в одиницях маси, відносно до одиниці довжини фронту горіння за одиницю часу. В системі СІ це є $1 \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$. Приплив горючих матеріалів є добутком питомої маси цих матеріалів ($\text{кг}/\text{м}^2$) на швидкість переміщення фронту горіння ($\text{м}/\text{с}$).

Похідною величиною є інтенсивність горіння. Вона є добутком припливу горючих матеріалів ($\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$) на питому теплотворну здатність (зазвичай біля $10 \text{ МДж}/\text{кг}$). Інтенсивність горіння вимірюється в таких одиницях: $\text{Вт}/\text{м}$ (або $\text{кВт}/\text{м}$, $\text{МВт}/\text{м}$). Для якісної та кількісної характеристики інтенсивності масштабної пожежі у природній екосистемі пропонується класифікація за семибальною шкалою, що наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація масштабних пожеж у природній екосистемі за інтенсивністю

Table 1

Classification of fires by intensity

Бал	Якісна характеристика інтенсивності	Приплив горючих матеріалів, $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$	Інтенсивність, $\text{МВт}/\text{м}$	Рівень небезпеки, екологічні та соціальні наслідки
1	Наднизька	$<10^{-3}$	$<10^{-2}$	Низова пожежа. Горіння дуже повільне
2	Дуже низька	$10^{-3}-10^{-2}$	$10^{-2}-10^{-1}$	Низова пожежа. Горіння повільне
3	Низька	$10^{-2}-0.1$	$10^{-1}-1$	Низова пожежа. Горіння помірне. Можлива верхова пожежа
4	Помірна	$0.1-1$	$1-10$	Виникають верхові пожежі. Можливий вогняний смерч. Значна задимленість. Небезпека для навколишніх населених пунктів
5	Висока	$1-10$	$10-10^2$	Стрімкий розвиток пожежі. Вогняний смерч. Можливе знищення навколишніх населених пунктів
6	Дуже висока	$10-10^2$	10^2-10^3	Вогняний смерч. Можливе виривання дерев із корінням. Знищення навколишніх населених пунктів. Локальна екологічна катастрофа. Ймовірні жертви серед населення
7	Екстремальна	$>10^2$	$>10^3$	Вогняний смерч. Виривання дерев із корінням. Регіональна екологічна катастрофа. Можуть постраждати десятки населених пунктів. Дуже ймовірні жертви серед населення

Наведені дані (табл. 1) демонструють, що інтенсивність пожеж змінюється від наднизької (бал – 1) до екстремальної (бал – 7). При цьому приплив горючих матеріалів та інтенсивність змінюються більше, ніж на п'ять порядків.

Основні параметри пожеж, що характерні для регіонів України, наведені в табл. 2. Показники у табл. 1 і табл. 2 показують, що за відсутності вітру пожежі у степовій, лісостеповій та лісовій природних зонах в межах України характеризуються балами 2, 3–4 та 4–5 відповідно. При дуже сильному

вітру ($\approx 20 \text{ м}/\text{с}$) бали підвищуються до 4, 5 та 6 відповідно. Інтенсивність пожеж, перш за все, залежить від питомої маси горючих матеріалів і швидкості переміщення фронту горіння. У меншій мірі інтенсивність визначається питомою теплотворною здатністю горючих матеріалів. Питома маса збільшується в залежності від якісних та структурних характеристик екогеосистеми у 200 разів, швидкість переміщення фронту горіння – у 1000 разів, а питома теплотворна здатність – лише у 10 разів.

Таблиця 2

Основні параметри пожеж, характерних для природних зон на території України

Table 2

The main parameters of fires characteristic of natural zones on the territory of Ukraine

Екогео-система	Питома маса горючих матеріалів, кг/м ²	Швидкість переміщення фронту горіння, м/с	Приплив горючих матеріалів, кг/(м·с)	Питома теплотворна здатність, МДж/кг	Інтенсивність горіння, МВт/м
Степ	0,1–1	0,02–0,1 (1–20)	0,002–0,1 (0,02–1)	1–3	0,002–0,3 (0,02–3)
Лісостеп	1–10	0,1–1 (1–20)	0,1–10 (0,1–50)	3–10	0,3–100 (0,3–500)
Ліс	10–20	0,1–1 (1–20)	1–20 (1–100)	10	10–200 (100–1000)

Класифікація пожеж в екосистемах за екологічними наслідками

У цій класифікації вихідним параметром є площа пожежі у цілому на земній кулі або в окремій державі чи окремому регіоні. Наприклад, сумарна площа пожеж влітку 2020 р. у Північній півкулі сягала 15 млн га. Площа пожеж визначає екологічні наслідки, а саме масу згорілих матеріалів, енергію та потужність горіння, енергію та потужність акустичного випромінювання, масу викидів диму, вуглеводнів, вуглекислого газу, чадного газу, сажі, інших хімічних елементів. Методика математичного моделювання та обчислення цих параметрів наведена у роботах авторів [2-5]. Результати моделювання показано у табл. 3. У запропонованій шкалі балам 1-7 відповідає та ж

сама якісна характеристика інтенсивності пожеж, що й наведена у табл. 1.

Вважається, що середня питома маса горючих матеріалів – 20 кг/м², питома теплотворна здатність – 10 МДж/кг, швидкість вигоряння $4 \cdot 10^{-3}$ кг/(м²·с) [3,4].

Дані параметрів табл. 3. показують, що за семибальною шкалою енергетичні характеристики та маси викидів основних речовин змінюються на п'ять та більше порядків. Для території України показник енергетичних характеристик і мас викидів не перевищує 5 балів, тобто енергетика та екологічні наслідки для навколишнього середовища можуть бути високими.

Таблиця 3

Класифікація лісових пожеж за площею, енергетичними характеристиками та масою викидів основних продуктів горіння

Table 3

Classification of forest fires by area, energy characteristics and mass of emissions of the main combustion products

Бал	Загальна площа пожежі, км ²	Маса згорілих матеріалів, Мт	Енергія горіння, ПДж	Середня потужність горіння, ТВт	Енергія акустичного випромінювання, ТДж	Середня потужність акустичного випромінювання, ТВт	Маса диму, вуглеводів, кг	Маса CO ₂ , Мт	Маса CO, кг	Маса C, кг
1	<0,1	<0,002	<0,02	<0,004	<0,6	<0,12	<0,08	<0,0045	<0,2	<0,006
2	0,1–1	0,002–0,2	0,02–0,2	0,004–0,04	0,06–0,6	0,012–0,12	0,08–0,8	0,0045–0,045	0,2–2	0,006–0,06
3	1–10	0,02–0,2	0,2–2	0,04–0,4	0,6–6	0,12–1,2	0,8–8	0,045–0,45	2–20	0,06–0,6
4	10–100	0,2–2	2–20	0,4–4	6–60	1,2–12	8–80	0,45–4,5	20–200	0,6–6
5	100–1000	20–200	20–200	4–40	60–600	12–120	80–800	4,5–45	200–2000	6–60
6	1000–10000	200–2000	200–2000	40–400	600–6000	120–1200	800–8000	45–450	2000–20000	60–600
7	>10000	>200	>2000	>400	>6000	>1200	>8000	>450	>2000	>600

У табл. 4 вказана питома маса хімічних елементів, що утворюються під час горіння лісових масивів.

Наведені у табл. 5 данні показують, що найбільша маса викидів пов'язана з великою концентрацією атомарного азоту, маси

викидів інших елементів менше у $10^5 - 10^7$ разів. Для території України з оцінкою лісових пожеж у 5 балів (за 7-ми бальною шкалою) викиди N складають 10–100 кг, а інших елементів – від одиниць кілограм до одиниць тон.

Таблиця 4

Питома маси викидів хімічних елементів під час горіння лісових масивів

Table 4

Specific mass of emissions of chemical elements during forest burning

Хімічні елементи	N	K	Ca	Fe	Zn	Cr	Br	Mn	Pb	Rb	Sr	Se
Питома маса викидів, кг/м ²	0,5	$7 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$

Таблиця 5

Класифікація лісових пожеж за масою емітованих хімічних елементів

Table 5

Classification of forest fires by the mass of emitted chemical elements

Бал	Загальна площа пожежі, км ²	Маса викидів хімічного елементу, кг										
		N	K	Ca	Fe	Zn	Cr	Br	Mn	Pb	Rb	Sr, Se
1	<0,1	$<10^4$	$<7 \cdot 10^{-7}$	$<6 \cdot 10^{-7}$	$<2 \cdot 10^{-7}$	<0,05	<0,04	<0,015	<0,015	<0,006	<0,004	<0,003
2	0,1–1	10^4-10^5	(0,7–7)	(0,6–6)	(0,2–2)	0,05–0,5	0,04–0,4	0,015–0,15	0,015–0,15	0,006–0,06	0,004–0,04	0,003–0,03
3	1–10	10^5-10^6	(0,7–7)	(0,6–6)	(0,2–2)	0,5–5	0,4–4	0,15–1,5	0,15–1,5	0,06–0,6	0,04–0,4	0,03–0,3
4	10–100	10^6-10^7	$0,7-7 \cdot 10^2$	$(0,6-6) \cdot 10^2$	$(0,2-2) \cdot 10^2$	5–50	4–40	1,5–15	1,5–15	0,6–6	0,4–4	0,3–3
5	100–1000	10^7-10^8	$(0,7-7) \cdot 10^3$	$(0,6-6) \cdot 10^3$	$(0,2-2) \cdot 10^3$	50–500	40–400	15–150	1,5–15	6–60	4–40	3–30
6	1000–10000	10^8-10^9	$(0,7-7) \cdot 10^4$	$(0,6-6) \cdot 10^4$	$(0,2-2) \cdot 10^4$	500–5000	400–4000	150–1500	1,5–15	60–600	40–400	30–300
7	>10000	10^9	$>7 \cdot 10^4$	$>6 \cdot 10^4$	$>2 \cdot 10^4$	>5000	>4000	>1500	>1500	>600	>400	>300

Обговорення

Класифікація за інтенсивністю пожежі. Запропонована семибальна шкала для класифікації масштабних пожеж у природних екосистемах за інтенсивністю. Вихідним параметром є приплив горючих матеріалів при пожежі, який змінюється від значення 10^{-3} до 10^2 кг/(м·с). Похідним параметром є інтенсивність горіння, яка варіює від 10^{-2} до 10^3 МВт/м. Саме ці параметри визначають рівень небезпеки, екологічні, економічні та соціальні наслідки. Це шкала є зручною для оцінки наслідків в регіональних масштабах.

Окремо обчислено основні параметри екосистем і пожеж, які характерні для різних регіонів України. Природно, що найменші екологічні наслідки пожеж мають місце у степовій екосистемі. Тут пожежі характеризуються балом 2 за слабого (1–3 м/с) вітру та балом, що сягає 4 за сильного вітру (близько 20 м/с). Найбільш небезпечними є пожежі у лісовій екосистемі. У цій системі пожежі характеризуються балом 4-5 при слабкому вітру та балом 6 за сильного вітру.

Класифікація за екологічними наслідками. Запропонована семибальна шкала для класифікації масштабних пожеж у природ-

них екосистемах за площею, енергетичними характеристиками та масою викидів основних продуктів горіння. На відміну від попередньої шкали, яка призначена для оцінки регіональних наслідків, ця шкала характеризує екологічні, економічні та соціальні наслідки у масштабах окремого регіону, окремої країни та планети у цілому.

Висновки

Проведено математичне моделювання та числові розрахунки основних параметрів для різних природних зон, енергетичних характеристик і мас викидів основних продуктів горіння та супутніх хімічних елементів під час масштабних пожеж у природних екосистемах у широкому діапазоні параметрів.

Запропоновано семибальні шкали для класифікації масштабних пожеж у природних екосистемах за інтенсивністю, енергетичними характеристиками, масою викидів основних продуктів горіння та супутніх хімічних елементів, а також за екологічними наслідками для стану довкілля та рівнем небезпеки.

Розроблена шкала базується на результатах математичного моделювання та числових розрахунків, запропонованих авторами [2–5].

Отримані результати представляють собою вагомий внесок у новий науковий напрям, що можна сформулювати як фізика та екологія великомасштабних пожеж у природних екосистемах.

Встановлено, що у цілому інтенсивність та енергетика масштабних пожеж може сягати 7 балів, тобто екстремального рівня. Такими, наприклад, були лісові пожежі влітку 2020 р. у Північній півкулі.

Обґрунтовано, що при помірному та слабкому вітру інтенсивність і енергетика масштабних пожеж у природних екосистемах в Україні зазвичай не перевищує 4–5 балів, тобто помірного або високого рівня. Пожежі цього рівня були, наприклад навесні-влітку-восени 2020 р. в низці регіонів України.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Drysdale D. (2011). An Introduction to Fire Dynamics, (Zrd d.). Neck DOI: <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>
2. Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко, Г. В., Черногор Л. Л. Екологічні наслідки великомасштабних лісових пожеж в Україні навесні – влітку – восени 2020 р. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2021. № 24. С. 79-90. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-07>
3. Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко А. В., Черногор Л. Л. Екологічні наслідки горіння лісових масивів у північній півкулі в 2020 р.: результати моделювання та кількісних розрахунків. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2021. № 25. С. 42-54. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-04>
4. Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Черногор Л. Л. Моделювання параметрів великомасштабних лісових пожеж. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2022. № 26. С. 43-54. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-04>
5. Черногор Л. Ф., Некос А. Н., Тітенко Г. В., Черногор Л. Л. Математичні моделі для оцінки екологічних наслідків впливу пірогенного фактору на лісові екосистеми. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2022. № 27. С. 51-62. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-04>
6. Chernogor, L., Nekos, A., Titenko, G., Chernogor, L. Sustainable development of natural and economic systems: theory, methodology, and practice: collective monograph. / under the general edition of Lidia Horoshkova, Iegen Khlobystov. Ecological consequences of the large forests fires in the northern hemisphere during 2020. Poland: Bilostok. С. 259–276. ISBN 978-83-953142-4-7

7. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы и исследования. Херсон: Гринь Д.С., 2011. 458 с.
8. Vacchiano G., Foderi C., Berretti R., Marchi E., Motta R. Modeling anthropogenic and natural fireignitions in an inner-alpine valley. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2018. Vol. 18. No 3. P. 935–948. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-18-935-2018>
9. Буц Ю.В. Систематизація процесів пірогенної релаксації екогеосистем в умовах техногенного навантаження. *Екологічна безпека*. 2018. №1(25). С. 7–12. DOI: <https://doi.org/10.30929/2073-5057.2018.1.7-12>
10. Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Некос А.Н. Природна пожежа в Рівненському заповіднику та її аналіз. *VinSmartEco: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Вінниця, 16-18 травня 2019 р.)*. Вінниця, 2019. С. 25–26.
11. Buts Y., Asotskiy V., Kraynyuk O., Ponomarenko R. Dynamics of migration capacity of some trace metals in soils in the Kharkiv region under the pyrogenic factor. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 2019. No 28(3). P. 409–416. DOI: <https://doi.org/10.15421/111938>
12. Буц Ю.В. Науково-методологічні основи релаксії екогеосистем при техногенному навантаженні пірогенного походження. Автореф. ... докт. техн. наук: 21.06.01. Суми, 2020. 46 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/76266>
13. Adámek M., Jankovská Z., Hadincová V., Kula E., Wild J. Drivers of forest fire occurrence in the cultural landscape of Central Europe. *Landscape Ecology*. 2018. Vol. 33. Iss. 11. P. 2031–2045. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0712-2>
14. Hebert-Dufresne L., Pellegrini A.F.A., Bhat U., Redner S. Edge fires drive the shape and stability of tropical forests. *Ecology letters*. 2018. Iss. 6. P. 794–803. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12942>
15. Rodríguez Trejo D.A., Martínez Muñoz P., Martínez Lara P.J. Fire effects on the trees of a tropical pine forest and a tropical dry forest at Villaflores, Chiapas, Mexico. *Ciência Florestal*. 2019. Vol. 29, Iss. 3. P. 1033–1047. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509833952>
16. Zhang G., Wang M., Liu K. Forest Fire Susceptibility Modeling Using a Convolutional Neural Network for Yunnan Province of China. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2019. Vol. 10. Iss. 3. P. 386–403. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00233-1>
17. McLauchlan K.K., Higuera P.E., Miesel J., Rogers B.M., Schweitzer J., Shuman J.K., Tepley A.J., Varner J.M., Veblen T.T., Adalsteinsson S.A., Balch J.K., Baker P., Batllori E., Bigio E., Brando P., Cattau M., Chipman M.L., Coen J., Crandall R., Daniels L., Enright N., Gross W.S., Harvey B.J., Hatten J.A., Hermann S., Hewitt R.E., Kobziar L.N., Landesmann J.B., Lorant M. M., Maezumi S.Y., Mearns L., Moritz M., Myers J.A., Pausas J.G., Pellegrini A.F.A., Platt W.J., Roozeboom J., Safford H., Santos F., Scheller R.M., Sherriff R.L., Smith K.G., Smith M.D., Watts A.C. Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *Journal of Ecology*. 2020. Vol. 108. №. 5. P. 2047–2069. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13403>
18. Kelly A.J., Hodges K.E. Post-fire salvage logging reduces snowshoe hare and red squirrel densities in early seral stages. *Forest Ecology and Management*. 2020. Vol. 473. id: 118272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118272>
19. Coogan S.C., Daniels L.D., Boychuk D., Burton P.J., Flannigan M.D., Gauthier S., Kafka V., Park J.S., Wotton B.M. Fifty years of wildland fire science in Canada. *Canadian Journal of Forest Research*. 2021. Vol. 51. No. 2. P. 283–302. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0314>
20. Turner M.G., Braziunas K.H., Hansen W.D., Hoecker T.J., Rammer W., Ratajczak Z., Westerling A.L., Seidl R. The magnitude, direction, and tempo of forest change in Greater Yellowstone in a warmer world with more fire. *Ecological Monographs*. 2022. Vol. 92. № 1. id: e01485. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecm.1485>
21. Holuša J., Koreň M., Berčák R., Resnerová K., Trombik J., Vaněk J., Szczygieł R., Chromek I. A simple model indicates that there are sufficient water supply points for fighting forest fires in the Czech Republic. *International journal of wildland fire*. 2021. Vol. 30. №. 6. P. 428–439. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF20103>
22. Wilson N., Bradstock R., Bedward M. Detecting the effects of logging and wildfire on forest fuel structure using terrestrial laser scanning (TLS). *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 488. id: 119037. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119037>

Стаття надійшла до редакції 24.10.2023

Стаття рекомендована до друку 14.11.2023

L. F. CHERNOGOR¹, DSc (Physics and Mathematics), Prof.,

Head of the Space Radio Physics Department

e-mail: Leonid.F.Chernogor@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-2392>

A. N. NEKOS¹, DSc (Geography), Prof.,

Head of the Department of Environmental Safety and Environmental Education

e-mail: alnekos999@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

G. V. TITENKO¹, PhD (Geography),

Head of Karazin Institute of Environmental Sciences

e-mail: titenko@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

L. L. CHORNOHOR¹,

Student of Karazin Institute of Environmental Sciences

e-mail: L.L.Chornohor@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5313-8850>

¹V. N. Karazin Kharkiv National University,

4, Svobody Sq., 61022, Kharkiv, Ukraine

FIRE CLASSIFICATION IN NATURAL ECOSYSTEMS BY PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

To qualitatively and quantitatively characterize and classify the intensity of forest fires and their environmental consequences, it is necessary to develop a special scale similar to the scale of wind strength, sea storms, earthquakes, geomagnetic storms, etc.

Purpose. To describe the scales developed for the classification of forest fires according to various parameters characterizing physicochemical processes, environmental consequences and the level of danger from pyrogenic factors.

Methods. System analysis, multifactorial analysis, mathematical modeling.

Results. A seven-magnitude scale for classifying forest fires by intensity, energy characteristics, mass of emissions of the main combustion products and related chemical elements, as well as by environmental consequences and hazard level is proposed. It is substantiated that with moderate and weak winds, the intensity and energy of forest fires in Ukraine usually do not exceed 4-5 magnitudes, i.e., a moderate or high level. Fires of this level occurred, for example, in the spring, summer, and fall of 2020 in a number of regions of Ukraine.

Conclusions. The developed special scales for classifying forest fires according to various parameters are an effective tool for qualitative and quantitative characterization of the intensity of forest fires and their environmental consequences. The obtained results can also be used to assess environmental impacts, material damage and social losses.

KEYWORDS: *wildfire, seven-point scale, classification, intensity, energy parameters, emissions, combustion products, environmental consequences*

References

1. Drysdale, D. (2011). An Introduction to Fire Dynamics, (Zrd d.). Neck. <https://doi.org/10.1029/2012JG002128>
2. Chernogor, L. F., Nekos, A. N., Titenko, G. V., & Chornohor, L. L. (2021). Ecological Consequences of Large-Scale Forest Fires in Ukraine in Spring – Summer – Autumn 2020. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology», (24), 79-90. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-07> (In Ukrainian)
3. Chernogor, L. F., Nekos, A. N., Titenko, G. V., & Chornohor, L. L. (2021). Ecological Consequences from Forest Burning in the Northern Hemisphere in 2020: Results of Modeling and Quantitative Calculations. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology», (25), 42-54. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-04> (In Ukrainian)
4. Chernogor, L. F., Nekos, A. N., Titenko, G. V., & Chornohor, L. L. (2022). Simulation of large-scale forest fire parameters. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology», (26), 43-54. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-04> (In Ukrainian)
5. Chernogor, L. F., Nekos, A. N., Titenko, G. V., & Chornohor, L. L. (2022). Mathematical models for estimate of the ecological consequences of the impact of the pyrogenic factor on forest ecosystems. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology», (27), 51-62. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-04> (In Ukrainian)

6. Chernogor, L., Nekos, A., Titenko, G., Chernogor, L. (2020). Sustainable development of natural and economic systems: theory, methodology, and practice: collective monograph. In Horoshkova, L. & Khlobystov, Ie. (Eds.) *Ecological consequences of the large forest fires in the northern hemisphere during 2020*. Poland: Bilostok. 259-276. ISBN 978-83-953142-4-7
7. Khodakov V.E., Zharikova M.V. (2011). Forest fires: methods and research. Kherson: Hryn D.S. (In Ukrainian)
8. Vacchiano G., Foderi C., Berretti R., Marchi E., & Motta R. (2018). Modeling anthropogenic and natural fire-ignitions in an inner-alpine valley. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18 (3), 935-948. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-935-2018>
9. Buts, Y.V. (2018). Systematization of processes of pyrogenic relaxation of ecosystems under conditions of anthropogenic load. *Ecological safety*, (1(25), 7-12. <https://doi.org/10.30929/2073-5057.2018.1.7-12> (In Ukrainian)
10. Krainiuk, O.V., Buts, Y.V., & Nekos, A.N. (2019). Natural fire in the Rivne Reserve and its analysis. VinSmar-tEco: materials of the international scientific and practical conference (Vinnytsia, May 16-18, 2019). Vinnytsia, 25-26. (In Ukrainian)
11. Buts, Y., Asotskyi, V., Krainyuk, O., & Ponomarenko, R. (2019). Dynamics of migration capacity of some trace metals in soils in the Kharkiv region under the pyrogenic factor. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 28(3), 409–416. <https://doi.org/10.15421/111938>
12. Buts, Y.V. (2020). Scientific and methodological bases of relaxation of ecosystems under anthropogenic load of pyrogenic origin. Master's thesis. Sumy. Retrieved from <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/76266> (In Ukrainian)
13. Adámek, M., Jankovská, Z., Hadincová, V., Kula, E., & Wild, J. (2018). Drivers of forest fire occurrence in the cultural landscape of Central Europe. *Landscape Ecology*. 33(11), 2031–2045. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0712-2>
14. Hebert-Dufresne, L., Pellegrini, A.F.A., Bhat, U., & Redner, S. (2018). Edge fires drive the shape and stability of tropical forests. *Ecology letters*, (6), 794–803. <https://doi.org/10.1111/ele.12942>
15. Rodríguez Trejo, D.A., Martínez Muñoz, P., Martínez Lara, P.J. (2019). Fire effects on the trees of a tropical pine forest and a tropical dry forest at Villaflores, Chiapas, Mexico. *Ciência Florestal*. 29(3), 1033 – 1047. <https://doi.org/10.5902/1980509833952>
16. Zhang, G., Wang, M., & Liu, K. (2019). Forest Fire Susceptibility Modeling Using a Convolutional Neural Network for Yunnan Province of China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(3), 386–403. <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00233-1>
17. McLauchlan, K.K., Higuera, P.E., Miesel, J., Rogers, B.M., Schweitzer, J., Shuman, J.K., Tepley, A.J., Varner, J.M., Veblen, T.T., Adalsteinsson, S.A., Balch, J.K., Baker, P., Battlori, E., Bigio, E., Brando, P., Cattau, M., Chipman, M.L., Coen, J., Crandall, R., Daniels, L., Enright, N., Gross, W.S., Harvey, B.J., Hatten, J.A., Hermann, S., Hewitt, R.E., Kobziar, L.N., Landesmann, J.B., Loranty, M. M., Maezumi, S.Y., Mearns, L., Moritz, M., Myers, J.A., Pausas, J.G., Pellegrini, A.F.A., Platt, W.J., Roozeboom, J., Safford, H., Santos, F., Scheller, R.M., Sherriff, R.L., Smith, K.G., Smith, M.D., & Watts, A.C. (2020). Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *Journal of Ecology*, 108, (5), 2047–2069. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13403>
18. Kelly, A.J., & Hodges, K.E. (2020). Post-fire salvage logging reduces snowshoe hare and red squirrel densities in early seral stages. *Forest Ecology and Management*, 473, 118272. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118272>
19. Coogan, S.C., Daniels, L.D., Boychuk, D., Burton, P.J., Flannigan, M.D., Gauthier, S., Kafka, V., Park, J.S., & Wotton, B.M. (2021). Fifty years of wildland fire science in Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(2), 283–302. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0314>
20. Turner, M.G., Brazianus, K.H., Hansen, W.D., Hoecker, T.J., Rammer, W., Ratajczak, Z., Westerling, A.L., & Seidl, R. (2022). The magnitude, direction, and tempo of forest change in Greater Yellowstone in a warmer world with more fire. *Ecological Monographs*, 92(1), e01485. <https://doi.org/10.1002/ecm.1485>
21. Holuša, J., Koreň, M., Berčák, R., Resnerová, K., Trombik, J., Vaněk, J., Szczygieł, R., & Chromek, I. (2021). A simple model indicates that there are sufficient water supply points for fighting forest fires in the Czech Republic. *International journal of wildland fire*, 30(6), 428–439. <https://doi.org/10.1071/WF20103>
22. Wilson, N., Bradstock, R., & Bedward, M. (2021). Detecting the effects of logging and wildfire on forest fuel structure using terrestrial laser scanning (TLS). *Forest Ecology and Management*, 488, 119037. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119037>

The article was received by the editors 24.10.2023

The article is recommended for printing 14.11.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-06>

УДК (UDC) 502.34:352

Л. І. ДЕМЧУК¹, канд. пед. наук, доц.,
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
e-mail: ke_dlm@ztu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5698-7113>

І. Г. ПАЦЕВА¹, д-р техн. наук, проф.,
завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій
e-mail: rig@ztu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна

ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ

Мета. Наукове обґрунтування теоретичних засад і надання практичних рекомендацій щодо вдосконалення системи кризового моніторингу, оцінки фактичного та прогнозованого його стану; погіршення умов життєдіяльності людей.

Методи. Ґрунтуються на використанні загальнонаукових і спеціальних методів пізнання. Гіпотетично-дедуктивний метод застосовано для розкриття змісту і сутності поняття «кризовий моніторинг». Метод структурно-функціонального аналізу використано для з'ясування сучасних тенденцій щодо підготовки, планування та виконання заходів, пов'язаних із забезпеченням вдосконаленням кризового моніторингу. Метод узагальнення і порівняння застосовано для оцінювання сучасного стану системи кризового моніторингу, оцінки фактичного та прогнозованого його стану; погіршення умов життєдіяльності людей.

Результати. Досліджено, що надзвичайно-кризові ситуації це невід'ємна частина соціальної системи. Проаналізовано науковий доробок і законодавства, який дає можливість зробити висновок, що кризова ситуація, критична ситуація, криза, надзвичайна ситуація це визначальні властивості вказаних систем та є наслідком дії факторів. Встановлено, що надзвичайно-кризові ситуації розвиваються у часі та просторі та дозволяють виділити певні стадії, на яких можуть виникнути кризові ситуації.

Висновки. Наслідки надзвичайно-кризових ситуацій завжди негативні, проте між кризовими та надзвичайними ситуаціями існує прямий та зворотній зв'язок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: моніторинг, кризова ситуація, надзвичайна ситуація, криза, національна безпека, надзвичайний стан

Як цитувати: Демчук Л. І., Пацева І. Г. Організація моніторингу та прогнозування кризових ситуацій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 57- 65. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-06>

In cites: Demchuk, L. I. & Patseva, I. G., (2023). Monitoring organisation and forecasting of crisis situations. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 57 - 65. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-06> (in Ukrainian)

Аналіз інформації про надзвичайно-кризові ситуації свідчить, що стихійні лиха, пов'язані з небезпечними природними явищами, а також техногенні аварії є основними причинами виникнення кризових та надзвичайних ситуацій та становлять суттєву безпеку сталого розвитку України, населенню, економіці держави [1, 2].

У зв'язку з цим досягнення цілей сталого розвитку єдиної державної системи попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій становить пріоритетним завдан-

ням діяльності з моніторингу та прогнозування надзвичайно-кризових ситуацій.

Найважливішою складовою цієї діяльності є комплексне розв'язання питань моніторингу та прогнозування кризових ситуацій, своєчасного виявлення загроз і реагування на небезпеку регіонального рівня при створенні комплексних систем безпеки життєдіяльності населення [3].

На державному та регіональному рівнях організацію моніторингу та прогнозування кризових, надзвичайних ситуацій

© Демчук Л. І., Пацева І. Г., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

розглядається як комплекс організаційно-правових, організаційно-технічних і розпорядчих заходів, сил і засобів з моніторингу та прогнозування надзвичайно-кризових ситуацій. Водночас на локальному рівні організацію моніторингу та прогнозування кризових, надзвичайних ситуацій необхідно розглядати як сукупність дій (заходів), спрямованих на отримання (добування) відомостей про обставини, їх обробку, узагальнення та подання вихідних даних для прийняття органами управління відповідних рішень щодо запобігання та ліквідації кризових ситуацій.

Розглядаючи конкретну діяльність з моніторингу та прогнозування кризових ситуацій на регіональному рівні, можна відзначити наступні основні проблеми:

- перша проблема - це проблема завчасного прогнозування;
- другою проблемою є виправданість прогнозів;
- третя проблема – раннє попередження про кризові ситуації.

Аналіз досвіду реагування державної служби України з надзвичайних ситуацій у Закарпатті [4, 5, 6] показав, що у практичній роботі органів управління різного рівня мав ряд системних недоліків. Зокрема, в галузі моніторингу та прогнозування кризових ситуацій до них відносяться:

- недостатньо чітке розмежування відповідальності між органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування;
- недосконалість нормативно-правової бази, яка забезпечує підготовку та подання прогнозованої інформації у відповідну організацію реагування на ці прогнози, особливо в разі лавиноподібного розвитку масштабних надзвичайно-кризових ситуацій;
- низький рівень організації єдиного інформаційного простору для забезпечення діяльності Державна служба України з надзвичайних ситуацій, функціональних і територіальних підсистем цієї служби.

Зараз в практичну площину поставлено створення системи управління ризиками надзвичайних ситуацій. Можливими напрямками діяльності в цій галузі є:

- вдосконалення комплексу заходів щодо запобігати кризовим ситуаціям на основі науково-аналітичної та прогностич-

ної інформації, що надається в ДСНС України на короткострокову, середньострокову і довгострокову перспективу;

- вдосконалення комплексу заходів з ліквідації кризових ситуацій на основі оперативної інформації, що надається організаціями, які здійснюють моніторинг і прогнозування;

- вдосконалення структури та розподілу повноважень функцій в області моніторингу та прогнозування на тривалий період;

- вдосконалення системи інтелектуальної системи підтримки ухвалення рішень у сфері запобігання та ліквідації кризових ситуацій.

У системі управління ризиком критичних ситуацій [7] упор робиться не на функціональну, як у традиційних системах управління, а на організаційну складову, коли критерієм діяльності є не соціологічно-економічні показники, а мінімізація часу на проведення екстрених заходів із захисту населення та зведення до мінімуму кількості постраждалих (жертв) і збитків від ситуацій.

Так, аналіз діяльності з ліквідації наслідків повені на Закарпатті у липні 2021 року показав, що в територіальні органи склалися попередження про дуже сильні опади в регіоні на рівні оперативних і короткострокових прогнозів. Функція моніторингу та прогнозування виконувалась на належному рівні.

Водночас проявилася інша проблема - проблема запізнювання дій (екстреного реагування), причини якої можуть бути зумовлені психологічними особливостями прийняття управлінських рішень у складних і динамічних умовах розвитку кризової ситуації.

Метою прогнозування кризових ситуацій є своєчасне отримання якісної та кількісної інформації про можливий час і місце ситуацій, характер і ступінь пов'язаних з ними небезпек для населення і територій та оцінка можливих масштабів і збитків від надзвичайно-кризових ситуацій.

При цьому основна увага має бути зосереджена на створенні технологій оцінки небезпечності функціонування критично важливих і потенційно небезпечних об'єктів і технологій оцінки небезпеки прогнозованих природних явищ, насамперед цикліч-

них (весняне водопілля, природні пожежі та ін.). Дані технології мають ґрунтуватися на певному контролі стану та безпеки функціонування критично важливих і потенційно небезпечних об'єктів, моніторингу провісників небезпечних природних явищ, а також визначенні ступеня ризику виникнення ситуацій.

При організації моніторингу та прогнозування кризових ситуацій необхідно враховувати такі основні особливості [8]:

а) для надзвичайних ситуацій природного характеру:

- ризик ситуацій природного характеру визначається великою кількістю факторів локального, регіонального, глобального характеру;

- узагальнювальний ефект взаємодії визначальних факторів, у тому числі й дивовижний, характеризується тим, що їхня дія суттєво перевищує ефект окремих факторів у вигляді їхньої простої суми, тобто у явному вигляді спостерігається явище складно передбачуваного синергізму;

- снує проблема виправданості прогнозів виникнення небезпечних природних явищ. Наприклад, для гідрометеорологічних небезпечних природних явищ найбільшу точність мають короткострокові прогнози, для ендегенних явищ (землетруси, виверження вулканів) – довгострокові.

б) для надзвичайних ситуацій техногенного характеру:

- необхідність проведення ймовірного аналізу безпеки потенційно-небезпечних об'єктів, визначення та уточнення показників ризику і перелік типових аварій;

- виявлення факторів, що визначають зміну ризику виникнення ситуацій;

- прогнозування ситуацій здійснюється на об'єктовому, муніципальному, регіональному, міжрегіональному та державному рівнях;

- проведення комплексного аналізу динаміки ризику надзвичайних ситуацій;

- щорічне узагальнення та аналіз відомостей про результати прогнозування надзвичайних ситуацій та динаміки рівня ризику надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах.

Під час прогнозування кризових ситуацій вирішуються наступні основні за-

вдання, як зазначено в науковій роботі Демчук Л.І. [9] «Механізми державного управління у сфері підготовки майбутніх фахівців з ІКТ під час вивчення навчальної дисципліни «Охорона праці в галузі та цивільний захист» у ВНЗ»:

- виявлення та ідентифікація потенційно небезпечних зон з можливими джерелами надзвичайних ситуацій;

- розробка можливих варіантів виникнення і розвитку ситуації, моделювання критичної ситуації;

- оцінка вірогідності (частоти) виникнення ситуації за різними сценаріями;

- моделювання параметрів полів виняткових джерел кризових ситуацій.

Строки прогнозів становлять:

- для довгострокового прогнозу – роки;

- для середньострокового – місяці;

- для короткострокового – дні, години.

Прогнозування надзвичайних ситуацій здійснюється на основі результатів дослідження різних видів небезпек [4 - 6].

Події останніх років показали, що у зв'язку з об'єктивними змінами клімату, природи, техногенної сфери збільшуються масштаби і збитки від аварій та лих.

Вони часто набувають "каскадного" характеру. В результаті трансграничного перенесення дивовижних факторів справляють суттєвий вплив на значній відстані від безпосереднього вогнища ситуації.

Прикладами цього є землетрус у Японії та аварія на атомній станції Фукусіма (2011 р.), катастрофа на хімічному заводі в Китаї і часткове зараження річки Сунгарі (2009 р.), аварія на нафтовидобувній платформі "BP" у Мексиці (2011 р.), аварія на хімічному заводі в Китаї (2009 р.).

Ця тенденція диктує необхідність вироблення адекватних заходів щодо запобігання негативним факторам впливу транскордонного перенесення на екологічне, хімічне, радіаційне, біологічне стан держави.

Однією з таких мір може бути розглянута ідея створення свого роду "екологічного щита". Він є собою науково-технічний комплекс, що забезпечує моніторинг та прогнозування розвитку ситуації у всіх середовищах.

Моніторингова мережа повинна бути розташована не тільки на суші (материкова

частина, острів), але й на воді та на льодових масивах. Системні дослідження мають проводитися у водному просторі [9].

Основною коміркою мережі мають стати станції комплексного моніторингу, оснащені відповідним вимірювальним та інформаційно-телекомунікаційним обладнанням. У роботі мережі, крім наявних метеостанцій, мають брати участь митні та фітосанітарні пости.

Для достатньої ефективності моніторингу доцільно забезпечити мережу безпілотними, аеростатичними, автоматичними водними вимірювальними комплексами. Опрацювання моніторингових даних і прогнозування розвитку кризової ситуації доцільно здійснювати в регіональних центрах мережі, що володіють кваліфікованими спеціалістами.

Система активної дії може містити до себе:

- бази дезактивації (для об'єктів, забруднених хімічними, біологічними, радіоактивними речовинами);

- термінали ліквідації розливів нафти (південні регіони України);

- полігони утилізації біоресурсів.

У разі позитивного розв'язання правових питань можуть бути розгорнуті бази авіаційно-хімічного впливу на атмосферне середовище (осадження обманок) та електромагнітного впливу на іоносферу (проти-дія висотному перенесенню).

Технічно створення такої системи реальне. А розвинених країн розгорнуті елементи мережі моніторингу. Існують необхідні прилад-вимірювальні комплекси. Можливе розгортання сучасної інформаційно-телекомунікаційної системи.

Потребує продовження робота:

- зі створення автоматичних вимірювальних станцій для водного та водноповітряного середовищ;

- вдосконалення технологій біологічного детектування;

- розвитку методики моделювання та прогнозу розвитку загроз надзвичайно-кризових ситуацій.

Основними завданнями діяльності функціональних і територіальних підсистем ДСНС щодо моніторингу та прогнозуванню надзвичайних ситуацій є:

- надання науково-аналітичної та прогностичної інформації до головного управління ДСНС;

- вироблення оперативного (щотижневого), середньострокового та довгострокового прогнозів виникнення кризових ситуацій та доведення його до управління ДСНС;

- вироблення на основі даних прогнозів рекомендацій з управління ризиками кризових ситуацій, їх попередження та ліквідації;

- оцінка ефективності реалізації комплексу заходів, спрямованих на попередження та ліквідацію ситуацій;

- забезпечення готовності сил і засобів, призначених для здійснення моніторингу та прогнозування ситуацій.

Органи виконавчої влади суб'єктів України в цілях моніторингу та прогнозування ситуацій організовують:

- формування комплексної системи моніторингу та прогнозування ситуацій та забезпечення її функціонування, у тому числі в рамках комплексної системи безпеки життєдіяльності населення суб'єкта України;

- підготовку та подання до територіальних органів ДСНС та інших державних органів виконавчої влади науково-аналітичної інформації та інших вихідних даних для прогнозування кризових ситуацій;

- взаємодія з органами місцевого самоврядування та організаціями з питань організації та здійснення моніторингу і прогнозування ситуацій;

- збір, зберігання, аналітичне опрацювання та формування інформаційних ресурсів про прогнозовані ситуації та їхні масштаби на відповідних територіях.

Зазначені сили й засоби здійснюють у межах своєї компетенції такі види моніторингу (контролю): спостереження і контроль на потенційно небезпечних об'єктах і прилеглих до них територіях; санітарно-карантинний контроль; санітарно-гігієнічний контроль; медико-біологічна оцінка впливу на організм людини; організм людини особливо небезпечних факторів фізичної та хімічної природи; державний моніторинг стану та забруднення навколишнього середовища; державний моніторинг атмосферного повітря; державний моніторинг

атмосферного повітря; державний моніторинг водних об'єктів; державний моніторинг радіаційної ситуації; державний моніторинг обставини; державний лісопатологічний моніторинг; державний моніторинг стану надр; космічний моніторинг; моніторинг мінливих геодинамічних процесів у земній корі та деформації земної поверхні; державний екологічний моніторинг; карантинний фітос, санітарний моніторинг; контроль за хімічною, біологічною та гідрометеорологічною ситуацією; контроль у сфері ветеринарії та карантину рослин; контроль якості та безпеки зерна, крупи, комбікормів і компонентів для їх виробництва; контроль водних біологічних ресурсів і середовища їхнього існування; моніторинг пожежної безпеки в лісах та лісових пожеж.

Території, що прилягають до потенційно небезпечних об'єктів, доцільно визначити в межах зон екстреного оповіщення, схильних до ризику виникнення небезпечних природних явищ і техногенних процесів, що швидко розвиваються.

Моніторинг ситуації на потенційно небезпечних об'єктах і на прилеглих до них територіях здійснюють служби пожежно-диспетчерські служби цих об'єктів. Вони здійснюють: збір, реєстрацію та аналіз даних про ситуацію на об'єкті та територіях; вироблення рекомендацій та територіях; вироблення рекомендацій для оперативного реагування; контроль довкілля та прогнозування розвитку надзвичайної ситуації; інформування органів управління; подання оперативної та поточної інформації за встановленими формами до єдиної пожежно-диспетчерської служби; сповіщення, доведення до їх виконання.

Об'єктами державного моніторингу стану та забруднення навколишнього середовища є: атмосферне повітря; ґрунти; поверхневі води водних об'єктів (у тому числі за гідробіологічними показниками); озоновий шар атмосфери.

Державний моніторинг довкілля здійснюється з допомогою державної системи спостережень (стаціонарні та рухомі пункти спостережень за станом довкілля). ДСНС за участю інших уповноважених органів виконавчої влади під час здійснення державного моніторингу забезпечує:

а) проведення спостережень за станом і забрудненням довкілля, оцінку змін, що відбуваються в ньому, а також прогнозування наступних небезпечних явищ і факторів: небезпечних природних явищ, що призводять до стихійних лих; поганих природних умов для функціонування окремих галузей господарської діяльності; хімічних, радіоактивних і теплових забруднень (для поверхневих водних об'єктів) процесів; змін компонентів природного середовища, що призводять до зміни клімату;

б) подання органам державної влади України та органам місцевого самоврядування наступних відомостей (даних): про фактичний стан довкілля (вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, у водних джерелах, у ґрунті та інших природних ресурсах в ґрунті та в інших об'єктах довкілля), про зміни, які відбуваються і прогнозуються, у стані природного середовища;

в) подання органам виконавчої влади, органам місцевого самоврядування та організаціям, що входять до ДСНС, науково-аналітичної, оперативної та фактологічної інформації, фактичної та прогностичної інформації про стан довкілля з метою забезпечення безпеки населення та зменшення шкоди, заподіяної навколишньому середовищу, економії від надзвичайно-кризових ситуацій природного і техногенного характеру;

г) надання організаціям і населенню поточної та екстреної інформації про зміну довкілля, попереджень та прогнозів його стану.

Державний моніторинг стану надр або геологічного середовища є система регулярних спостережень, збору, накопичення, опрацювання та аналізу інформації, оцінки стану геологічного середовища та прогнозу його змін під впливом природних факторів, надрокористування та інших видів господарської діяльності.

Державний моніторинг стану надр (ДМСН) є складовою частиною комплексної системи моніторингу навколишнього середовища. Метою державного моніторингу стану надр є інформаційне забезпечення управління державним фондом надр і раціонального надрокористування.

Основними завданнями державного моніторингу стану надр є:

- отримання, обробка та аналіз даних про стан надр;

- оцінка стану надр та прогнозування його змін стану надр і прогнозування його змін;

- своєчасне виявлення та прогнозування розвитку природних і техногенних процесів, що впливають на стан надр; облік стану надр за об'єктами надрокористування, запасів підземних вод та їх руху;

- розробка, забезпечення реалізації та аналіз ефективності заходів щодо забезпечення екологічно безпечного надрокористування та охорони надр, а також щодо запобігання або зменшення негативного впливу небезпечних гетерогенів на надра;

- небезпечних геологічних процесів; регулярне інформування органів державної влади, організацій, надрокористувачів та інших суб'єктів господарської діяльності про зміни в стану надр у встановленому порядку;

- міжвідомча взаємодія та міжнародне співробітництво у сфері екологічно безпечного та безпечного природокористування.

Система державного моніторингу стану надр включає такі підсистеми [7]:

- моніторинг підземних вод;

- моніторинг небезпечних екзогенних геологічних процесів;

- моніторинг небезпечних екзогенних геологічних процесів;

- моніторинг небезпечних ендеогенних геологічних процесів;

- моніторинг небезпечних ендеогенних геологічних процесів;

- моніторинг родовищ вуглеводнів;

- моніторинг родовищ твердих корисних копалин; моніторинг ділянок надр, що використовуються для цілей, не пов'язаних із цілей, не пов'язаних з видобутком корисних копалин; моніторинг ділянок надр, що зазнають вплив господарської діяльності, не пов'язаної з надрокористуванням;

- моніторинг геологічного середовища континентального шельфу.

Підсистема моніторингу небезпечних екзогенних геологічних процесів призначе-

на для оперативного контролю за зміною напружено-деформованого стану гірських порід, а також за зміною напружено-деформованого стану гірських порід в сейсмоактивних зонах з метою прогнозування сильних землетрусів.

Підсистема одночасно є складовою частиною державної системи спостережень та прогнозу землетрусів. Зокрема, як зазначає Демчук Л.І., що сейсмічний моніторинг здійснюється в рамках діяльності державної системи спостережень і прогнозу землетрусів. Дана система створена на основі принципів, що передбачають у межах державного моніторингу стану надр при веденні моніторингу небезпечних екзогенних та ендеогенних геологічних процесів [10]. Під час ведення моніторингу вирішуються такі завдання:

- виявлення шляхів проникнення на територію України;

- поширення по території України карантинних об'єктів;

- виявлення осередків карантинних об'єктів, уточнення меж кордонів;

- виявлення кордонів вогнища, запобігання можливості подальшого поширення карантинних об'єктів;

- підготовка пропозицій для вжиття необхідних заходів щодо локалізації та ліквідації осередків карантинних об'єктів і усунення причин їх виникнення.

Організація моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій (джерел надзвичайних ситуацій) орієнтована насамперед на зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій, забезпечення своєчасного й ефективного реагування на надзвичайні ситуації та їх ліквідацію. Прогнозування й оцінка соціально-економічних збитків від надзвичайних ситуацій є однією з основних задач ДСНС.

Разом з тим, законодавством України завдання моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій не покладені на суб'єкти України, на території яких об'єктивно існують конкретні потенційні небезпеки природного або техногенного характеру. У сучасних умовах створення та вдосконалення діяльності територіальних центрів моніторингу та прогнозування ситуацій. У теперішній час достатньо повно розроблено

технології прогнозування небезпеки виникнення лісових пожеж паводків. Надійний контроль рівня води у водоймах, інших параметрів водного середовища у поєднанні з вірогідними математичними даними.

Необхідним є подальший розвиток технологій оперативного прогнозування надзвичайно-кризової ситуації й контролю за станом критично важливих і потенційно

небезпечних об'єктів, заснованих на використанні ефективних інформаційно-аналітичних систем спостереження за провісниками деструктивних подій, яке забезпечить можливість своєчасного попередження про небезпеку виникнення ситуацій, а також інформаційну підтримку управлінських рішень щодо їх ліквідації.

Конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

Список використаної літератури

1. Закон України Про Раду національної безпеки і оборони України: прийнятий 5 березня 1998 року № 183/98 {зі змінами та доповненнями} // Відомості Верховної Ради України. 1998. № 35. 237 с.
2. Указ Президента України від 24 вересня 2015 року № 555/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року “Про нову редакцію Воєнної доктрини України”»: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555/2015>
3. Максименко С.Д., Кузікової С.Б., Зливкова В.Л. Особистість як суб'єкт подолання кризових ситуацій : психологічна теорія і практика: монографія. Суми : Вид-во СумДПУ імені А.С.Макаренка. 2017. 540 с.
4. Пацева І.Г., Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Пацев І.С., Палій О.В. Особливості логістичних процесів транспортування комунальних відходів та відходів руйнації. Екологічні науки. 2023. Вип. 5 (50). с.187-192. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.27>
5. Пацев І.С., Барабаш О.В., Пацева І.Г. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми Житомирщини. Екологічні науки. 2023. Вип. 5 (50). С. 114–118. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.16>
6. Kotsiuba, I., Lukianova, V., Anpilova, Y., Yelnikova, T., Herasymchuk, O., Spasichenko, O.: The features of eutrophication processes in the water of Uzh river. *Ecol. Eng. Environ. Technol.* 23(2), 9–15 (2022). DOI: <http://doi.org/10.12912/27197050/145613>
7. Ставченко С.В. Індикатори кризових явищ як інструмент діагностики політичної кризи. *Вісник Національного університету «Юридична академія України імені Ярослава Мудрого»*. № 3. (30). 2016. С. 264-267. DOI: <https://doi.org/10.21564/2075-7190.30.91504>
8. Малинівська Л.І. Механізми державного управління у сфері підготовки майбутніх фахівців з ІКТ під час вивчення навчальної дисципліни «Охорона праці в галузі та цивільний захист» у ВНЗ. *Вісник національного університету цивільного захисту України. Серія: Державне управління*. 2019. Вип. 1(10). С. 321-327. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3233391>
9. Малинівська Л.І., Васильєва Р. Ю., Семенець Л. Н. Психолого-педагогічні аспекти формування готовності до професійної діяльності фахівців із охорони праці та цивільного захисту. *Інноваційна педагогіка*. 2018. Вип. 4, том 2. С.36-38. URL: http://www.innovpedagogy.od.ua/archives/2018/4/part_2/9.pdf
10. Терент'єва А.В. Управління надзвичайними ситуаціями з елементами кризового менеджменту. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2015. № 9. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=881>

Стаття надійшла до редакції 19.10.2023

Стаття рекомендована до друку 27.11.2023

L. I. DEMCHUK¹, PhD (Pedagogica),
Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies
e-mail: ke_dlm@ztu.edu.ua <https://orcid.org/0000-0001-5698-7113>

I. G. PATSEVA¹, DSc (Technical Sciences), Prof.,
Head of the Department of Ecology and Environmental Technologies
e-mail: rig@ztu.edu.ua <https://orcid.org/0000-0001-6271-7355>

¹State University Zhytomyr Polytechnic
103, Chudnivska St., Zhytomyr, 10005, Ukraine

MONITORING ORGANISATION AND FORECASTING OF CRISIS SITUATIONS

Purpose. Scientific substantiation of theoretical foundations and provision of practical recommendations for improving the system of crisis monitoring, assessment of its actual and predicted state; deterioration of living conditions.

Methods. Based on the use of general scientific and special methods of cognition. The hypothetical and deductive method was used to reveal the content and essence of the concept of "crisis monitoring". The method of structural and functional analysis is used to identify current trends in the preparation, planning and implementation of measures related to the improvement of crisis monitoring. The method of generalisation and comparison is used to assess the current state of the crisis monitoring system, to evaluate its actual and forecasted state; deterioration of people's living conditions.

Results. The article shows that emergency and crisis situations are an integral part of the social system. The author analyses the scientific heritage and legislation, which makes it possible to conclude that a crisis situation, critical situation, crisis, emergency situation are the defining properties of these systems and are the result of the action of factors. The author establishes that emergency and crisis situations develop in time and space and allow identifying certain stages at which crisis situations may arise.

Conclusions. The consequences of emergency and crisis situations are always negative, but there is a direct and inverse relationship between crisis and emergency situations.

KEYWORDS: *monitoring, crisis situation, emergency, crisis, national security, state of emergency*

References

1. Law of Ukraine on the National Security and Defence Council of Ukraine. (1998). *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*. (35). (In Ukrainian).
2. Decree of the President of Ukraine of 24 September 2015 No. 555/2015 "On the Decision of the National Security and Defence Council of Ukraine of 2 September 2015 "On the New Edition of the Military Doctrine of Ukraine". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555/2015> (In Ukrainian)..
3. Maksymenko S.D., Kuzikova S.B., Zlyvkova V.L. (2017). Personality as a subject of overcoming crisis situations: psychological theory and practice: monograph. Sumy: Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko. (In Ukrainian).
4. Patseva I.G., Gerasymchuk L.O., Valerko R.A., Patsev I.S., & Paliy O.V. (2023). Features of logistics processes of municipal and demolition waste transportation. *Ecological sciences*, 5(50), 187-192. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.27> (In Ukrainian).
5. Patsev, I.S., Barabash, O.V., Patseva, I.G. (2023). Influence of military actions on forest ecosystems of Zhytomyr region. *Ecological sciences*. 5 (50), 114-118. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.16> (In Ukrainian).
6. Kotsiuba, I., Lukianova, V., Anpilova, Y., Yelnikova, T., Herasymchuk, O., Spasichenko, O. (2022). The features of eutrophication processes in the water of the Uzh river. *Ecol. Eng. Environ. Technol.* 23(2), 9-15. <http://doi.org/10.12912/27197050/145613> (In Ukrainian).
7. Stavchenko, S.V. (2016). Indicators of crisis phenomena as a tool for diagnosing a political crisis. *The Bulletin of Yaroslav Mudryi National Law University. Series: Philosophy, Philosophy of Law, Political Science, Sociology*, 3(30), 264-267. <https://doi.org/10.21564/2075-7190.30.91504> (In Ukrainian).
8. Malynivska, L.I. L.I. (2019). Mechanisms of public administration in the field of training future ICT specialists in the study of the discipline "Labour protection in the industry and civil protection" in higher education institutions. *Bulletin of the National University of Civil Protection of Ukraine. Series: Public Administration*, 1(10), 321-327. Retrieved from

- <http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/9194/1/Zb%20%2810%29%20NEW-321-327.pdf> (In Ukrainian).
9. Malynivska, L.I., Vasylieva, R.Iu., & Semenets, L.M. (2018). Psychological and Pedagogical Aspects of formation of readiness to professional activities of professionals from labor protection and civil protection *Innovative Pedagogy*, 2(4), 36-38. Retrieved from http://www.innovpedagogy.od.ua/archives/2018/4/part_2/9.pdf (In Ukrainian).
10. Terentyeva, A.V. (2015). Emergency management with elements of crisis management. *Public administration: improvement and developmen*, (9). Retrieved from <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=881> (In Ukrainian).

The article was received by the editors 19.10.2023

The article is recommended for printing 27.11.2023

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-07>

УДК (UDC): 556. 532 (477-924-52)

О. М. КРАЙНЮКОВ, д-р геогр. наук, проф.,
професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: kraynukov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, 61022, Харків, Україна

І. А. КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, 61022, Харків, Україна

О. Є. НАЙДЬОНОВА, канд. біол. наук, с.н.с.,
в.о. зав. сектору мікробіології ґрунтів
e-mail: oksana_naydyonova@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8568-5699>

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, 61024, Харків, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ДИСБАЛАНС РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ

Мета. Визначення фітотоксичних властивостей модельних розчинів важких металів (Cd, Pb, Ni, Cu) на ріст коренів та паростків тест-рослин овес *Avena sativa* L. як представника однодольних злаків та редьки *Raphanus sativus* L. як представника дводольних рослин.

Методи. Статистичні, метод модельних розчинів, тест-рослини, біотестування.

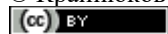
Результати. За проявом фітотоксичності на тест-рослинах *Avena sativa* L. модельних розчинів важких металів Cd, Pb, Ni, Cu встановлено, що дисбаланс ростових процесів відсутній при використанні розчинів з концентраціями 1 ГДК та 5 ГДК. При підвищенні концентрації модельних розчинів спостерігається поступове пригнічення росту паростків та особливо коренів тест-об'єктів. Найбільш токсичний вплив на тест-об'єкт чинив Cd - спостерігався фітотоксичний ефект від слабкого до сильного при впливі різних концентрацій модельних розчинів. Визначення фітотоксичних властивостей модельних розчинів важких металів Cd, Pb, Ni, Cu на тест-рослинах *Raphanus sativus* L. показало, що дисбаланс ростових процесів відсутній лише при використанні розчинів з концентраціями 1 ГДК та 5 ГДК Cu, тобто практично без перевищення нормативних вимог до якості ґрунтів. Модельні розчини Cd та Cu 40 ГДК мали найвищий ступінь дисбалансу ростових процесів тест-рослин *Raphanus sativus* L. – сильний.

Висновки. Біодіагностика за допомогою тест-рослин *Raphanus sativus* L. виявила ознаки токсичного впливу там, де тест-рослини *Avena sativa* L. не відчували пригнічення, або визначені фітотоксичні властивості модельних розчинів були меншими, що визначено у дисбалансі ростових процесів. Вищезначені розбіжності між результатами біодіагностики модельних розчинів за допомогою різних тест-культур дають змогу стверджувати, що потрібно вводити комплексний показник з визначення фітотоксичних властивостей досліджуваних зразків, за допомогою якого можливо нівелювати такі розбіжності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: модельний, розчин, тест-об'єкт, важкі метали, фітотоксична властивість, біотестування

Як цитувати: Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Найдьонова О. Є. Оцінка впливу важких металів на дисбаланс ростових процесів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 66 - 76. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-07>

© Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Найдьонова О. Є., 2023



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

In cites: Krainiukov, O. M., Kryvytska, I.A., & Naidonova, O. E. (2023). Assessment of the effect of heavy metals on the imbalance of growth processes. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (29), 66 -76. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01> (in_Ukrainian)

Вступ

Традиційним методом нормування забрудненості ґрунтів екзогенними та ендогенними речовинами є визначення гранично допустимої концентрації (ГДК) речовини у ґрунті. Однак унаслідок поліфункціональності та гетерогенності ґрунтів, різноманіття токсичних забруднюючих речовин, явищ синергізму і антагонізму між ними та інших об'єктивних та суб'єктивних причин використання показників концентрації окремих хімічних речовин для оцінки рівня забрудненості стикається з необхідністю введення такої кількості поправок до показників ГДК, що майже позбавляє їх сенсу. Через ці обставини хіміко-аналітичний метод є більш придатним для характеристики геохімічного середовища, ніж для визначення загальної токсичності для живих організмів [1, 2].

Сучасний підхід до оцінки якості компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, базується на еколого-токсикологічному принципі «нормального функціонування» екосистем і ураховує взаємозв'язок компонентів біоценозу та взаємодію забруднювачів із ґрунтом [3].

У роботах [4, 5] запропоновано використовувати рослинні процеси для оцінки токсичності забруднюючих речовин при проростанні насіння та подовженні коренів салату (*Lactuca sativa* L.). Салат широко використовується для оцінки стану ґрунту через його здатність акумулювати забруднюючі речовини корінням і накопичувати їх у коренях і пагонах [6].

У роботі [7] різні концентрації розчинних елементів у ґрунтах використовували для визначення фітотоксичності за допомогою салату *Lactuca sativa* L. Розчини отримували з екстрактів ґрунт-вода (1:1), які мали нейтральний рН і наднормативні концентрації As, Pb, Zn, Mn, Co та Ni. Оцінювались наступні характеристики: проростання насіння (SG), подовження кореня (RE), швидкість проростання (GR) і некроз кореня (RN). Найбільш чутливими змінними в експерименті з цими розчинами були встановлені GR і RN, у цих змінних розчин викликав

зниження на 44% і 67%, відповідно, по відношенню до контролю (дистильована вода).

У дослідженні [8] оцінювалась токсичність розчинів різних концентрацій Cd, Pb, Ni, Cu на насінні салату, броколі, томатів і редьки з використанням матеріалу двох шарів: агару та фільтрувального паперу. За результатами експериментів було встановлено, що на відсоток схожості та подовження кореня суттєво не впливають різні концентрації досліджуваних металів. Радикальне пригнічення росту залежало від металу, досліджуваної концентрації та виду рослин, серед перевірених металів кадмій був таким, що виявив найвищий токсичний вплив на різні види рослин.

За допомогою насіння салату *Lactuca sativa* L. було проведено експериментальні дослідження фітотоксичного впливу важких металів у наступних концентраціях, мг/кг: Cd (0,33÷26, Cr (41÷400), Ni (32÷120), Pb (27÷170). Після попереднього проростання та дводенного впливу фільтратів не спостерігалось істотних відмінностей щодо подовження коренів у всіх досліджуваних концентраціях металів. Схожість, кількісно визначена через 3 і 7 днів, не виявила суттєвих відмінностей між обробленим насінням і контролем [9].

Проведений аналіз у дослідженні [10] показав, що проростання насіння ячменю *Hordeum* L. пригнічується наявністю осаду стічних вод. Лабораторні експерименти підтвердили цей ефект і показали, що проростання не пригнічується остаточно, а лише сповільнюється. Період затримки залежав від дози і збільшувався пропорційно кількості доданого мулу. Подібний ефект був викликаний важкими металами (Cu, Ni, Zn) у водному розчині, але лише в концентраціях, набагато вищих, ніж у мулі, враховуючи, що більшість загального вмісту металів у мулі знаходиться в нерозчинних або недоступних формах. Результати показали, що ефект був більш тісно пов'язаний із вмістом органічної речовини у суміші мулу та ґрунту, на якій інкубували насіння. Коли тестували набори

старих і нових сумішей, які відрізнялися лише вмістом органічної речовини, затримка проростання була найбільшою в нових сумішах, які містили більшу кількість органічної речовини.

Внаслідок великої специфічності реакцій різних видів рослин на штучне збільшення концентрації окремих хімічних речовин у ґрунті передбачити наслідки всіх можливих ефектів неможливо, тому дослідження впливу різноманітних забруднювачів на ріст рослин на ранніх стадіях їхнього розвитку часто показують дисбаланс ростових процесів. Співвідношення росту коренів

та паростків є хорошим діагностичним показником інших розладів, наприклад дефіциту живлення або надлишкового впливу хімічних речовин.

Таким чином, якщо на початковій стадії розвитку порівнювати дві рослини, одну із нормальним співвідношенням коренів та паростків, а іншу із диспропорціональним, то ймовірність того, що перша з них буде мати кращий розвиток у подальшому та більшу стійкість до абіотичних стресів, значно вища. На наш погляд, ці відмінності доцільно відобразити у кінцевій оцінці фітотоксичних властивостей ґрунту.

Методи дослідження

Серед можливих показників, що застосовуються для оцінювання фітотоксичності (схожість, енергія проростання, довжина коренів, довжина паростків, кореневий некроз тощо) в даному дослідженні використовували два: довжину коренів та довжину паростків. Необхідність вимірювати саме ці показники окремо зумовлена специфікою реакції рослин на присутність окремих хімічних речовин, що стимулюють ріст надземної або підземної частини. У цьому випадку може спостерігатися пригнічення кореневої системи на фоні інтенсивного апікального зростання, або навпаки. Взагалі фітотоксичний ефект може позначитися на усьому рослинному організмі, але у початковий період, коли проводиться тестування, цього можна не помітити [1].

В лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології Харківського національного університету імені В. Н. Ка-

разіна проведено серію експериментів по визначенню фітотоксичного впливу наднормативних концентрацій важких металів (Cd, Pb, Ni, Cu) на ріст коренів та паростків тест-рослин овес *Avena sativa* L. як представника однодольних злаків та редька *Raphanus sativus* L. як представника дводольних рослин. Експеримент проводився відповідно до [11]. Виготовлено наступні модельні розчини кожного з важких металів (Cd, Pb, Ni, Cu) – 1 ГДК, 5 ГДК, 10 ГДК, 20 ГДК, 30 ГДК, 40 ГДК відповідно до їх ГДК у ґрунтах.

Загальну оцінку фітотоксичності визначали шляхом введення відповідного коефіцієнту дисбалансу росту Кдр (табл. 1) [1].

Для визначення придатності насіння вищих рослин до біотестування встановлювали концентрацію розчину еталонної речовини, що викликає зменшення довжини коренів і (або) паростків на 20 % за 120 год біотестування (ЕК₂₀₋₁₂₀).

Градації ступенів дисбалансу ростових процесів

Таблиця 1

Gradations of degrees of imbalance of growth processes

Table 1

Ступінь дисбалансу росту	Коефіцієнт варіації пригнічення росту коренів та паростків, %	Коефіцієнт дисбалансу росту
Немає дисбалансу	0 – 50,0	0
Слабкий	50,1 – 100,0	0,02
Помірний	100,1 – 300,0	0,04
Сильний	300,1 – 1000,0	0,06
Дуже сильний	понад 1000,1	0,08

Як еталонну речовину використовували калій двохромовоокислий ($K_2Cr_2O_7$) кваліфікації «чда». Вихідний розчин готували з концентрацією $1 \text{ г/дм}^3 K_2Cr_2O_7$. Для цього використовували дистильовану воду. З вихідного розчину готували серію розчинів від 100 до 200 $\text{мг/дм}^3 K_2Cr_2O_7$ з інтервалом 25 мг/дм^3 , використовуючи дехлоровану питну воду. Біотестування розчинів проводили впродовж 120 год. За результатами розраховували EK_{20-120} . Якщо одержана величина EK_{20-120} знаходилась в експериментально встановленому діапазоні реагування тест-об'єкта, який дорівнює 89,5-194,5 $\text{мг/дм}^3 K_2Cr_2O_7$, партія насіння була придатна до біотестування.

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

На підставі підрахунку довжини коренів (паростків) у контролі та досліді розра-

ховувались середні арифметичні, які використовують для розрахунку відхилення довжин коренів (паростків) у досліді щодо контролю:

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

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

X_k – середнє арифметичне довжини коренів (паростків) у контролі, см;

X_d – середнє арифметичне довжини коренів (паростків) у досліді, см.

Статистичну значущість впливу модельних розчинів на тест-об'єкти визначали за різниці між дослідом та контролем за допомогою двохфакторного дисперсійного аналізу (ANOVA), де незалежними факторами виступали концентрації важких металів різних модельних розчинів, а залежною змінною – довжина кореня або паростка.

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

Результати та обговорення

В результаті проведених експериментальних досліджень прояву фітотоксичності на тест-рослинах *Avena sativa* L. модельних розчинів важких металів Cd, Pb, Ni, Cu встановлено, що дисбаланс ростових процесів відсутній при використанні розчинів з концентраціями 1 ГДК та 5 ГДК. При підвищенні концентрації модельних розчинів спостерігається поступове пригнічення росту паростків та особливо коренів тест-об'єктів.

При дослідженні модельних розчинів Cu, Pb та Ni з концентраціями 10 та 20 ГДК було встановлено слабкий ступінь дисбалансу ростових процесів як і розчину Cd у 10 ГДК.

Концентрації розчинів Cu, Pb та Ni у 30 та 40 ГДК та Cd у 20 та 30 ГДК мали помірний ступінь дисбалансу, а модельний розчин Cd 40 ГДК мав найвищий ступінь дисбалансу ростових процесів тест-рослин *Avena sativa* L. – сильний (табл. 2, рис. 1a, 1b).

Найбільш токсичний вплив на тест-об'єкт *Avena sativa* L., за результатами досліджень чинив саме Cd - спостерігався фітотоксичний ефект від слабого до сильного при впливі різних концентрацій модельних розчинів.

Наступним кроком досліджень було визначення фітотоксичних властивостей модельних розчинів на тест-рослинах *Raphanus sativus* L.

Аналіз отриманих результатів (табл. 3, рис. 2) показав наступне: біодіагностика за допомогою тест-рослин *Raphanus sativus* L. виявила ознаки токсичного впливу там, де тест-рослини *Avena sativa* L. не відчували візуально виявленого пригнічення ростових процесів і відповідно дисбалансу ростових процесів.

Експериментальне визначення фітотоксичних властивостей модельних розчинів важких металів Cd, Pb, Ni, Cu на тест-рослинах *Raphanus sativus* L. показало, що дисбаланс ростових процесів відсутній лише при використанні розчинів з концентраціями 1 ГДК та 5 ГДК Cu, тобто практично без незначних перевищень нормативних вимог до якості ґрунтів.

Слабкий ступінь дисбалансу ростових процесів було визначено при дослідженні модельних розчинів Cd, Cu, Pb та Ni з концентраціями 10 ГДК; Cd, Pb та Ni з концентраціями 5 ГДК та Cu, Pb та Ni з концентраціями 20 ГДК.

Концентрації розчинів Cd у 20 ГДК; Cd, Cu, Pb та Ni у 30 ГДК; Pb та Ni у 40 ГДК мали помірний ступінь дисбалансу, а модельні розчини Cd та Cu 40 ГДК мали для проведеного нами експериментального дослідження найвищий ступінь дисбалансу ростових процесів тест-рослин *Raphanus sativus* L. – сильний.

Найбільш токсичний вплив на тест-об'єкт *Raphanus sativus* L, за результатами досліджень чинили Cd та Cu - фітотоксичні властивості модельних розчинів були визначені від слабого до сильного при впливі різних концентрацій досліджуваних важких металів.

Біодіагностика за допомогою тест-рослин *Raphanus sativus* L. виявила ознаки токсичного впливу там, де тест-рослини *Avena sativa* L. не відчували пригнічення, або визначені фітотоксичні властивості модельних розчинів були меншими, що визначено у дисбалансі ростових процесів.

Вищезазначені розбіжності між результатами біодіагностики модельних розчинів за допомогою різних тест-культур дають змогу стверджувати, що потрібно вводити комплексний показник з визначення фітотоксичних властивостей досліджуваних зразків, за допомогою якого можливо нівелювати такі розбіжності.

Таблиця 2

Оцінка фітотоксичності модельних розчинів Cd, Pb, Ni, Cu на тест-рослинах *Avena sativa* L.

Table 2

Assessment of phytotoxicity of model solutions of Cd, Pb, Ni, Cu on the test plants *Avena sativa* L.

№	Зменшення довжини відносно контролю, %			Коефіцієнт варіації пригнічення росту (Кв), %	Коефіцієнт дисбалансу росту	Ступінь дисбалансу росту
	концентрація	корені	паростки			
1	1 ГДК, Cu	11	10	7	0	немає
	5 ГДК, Cu	19	10	12	0	немає
	10 ГДК, Cu	25	11	52	0,02	слабкий
	20 ГДК, Cu	35	13	63	0,02	слабкий
	30 ГДК, Cu	96	15	110	0,04	помірний
	40 ГДК, Cu	101	16	112	0,04	помірний
2	1 ГДК, Cd	9	8	6	0	немає
	5 ГДК, Cd	22	11	35	0	немає
	10 ГДК, Cd	29	14	51	0,02	слабкий
	20 ГДК, Cd	71	16	101	0,04	помірний
	30 ГДК, Cd	115	18	125	0,04	помірний
40 ГДК, Cd	180	24	305	0,06	сильний	
3	1 ГДК, Pb	12	9	10	0	немає
	5 ГДК, Pb	20	13	13	0	немає
	10 ГДК, Pb	22	14	50	0,02	слабкий
	20 ГДК, Pb	38	15	66	0,02	слабкий
	30 ГДК, Pb	88	17	115	0,04	помірний
	40 ГДК, Pb	115	21	118	0,04	помірний
4	1 ГДК, Ni	10	8	6	0	немає
	5 ГДК, Ni	17	12	11	0	немає
	10 ГДК, Ni	28	13	51	0,02	слабкий
	20 ГДК, Ni	41	17	67	0,02	слабкий
	30 ГДК, Ni	92	17	115	0,04	помірний
	40 ГДК, Ni	98	18	120	0,04	помірний

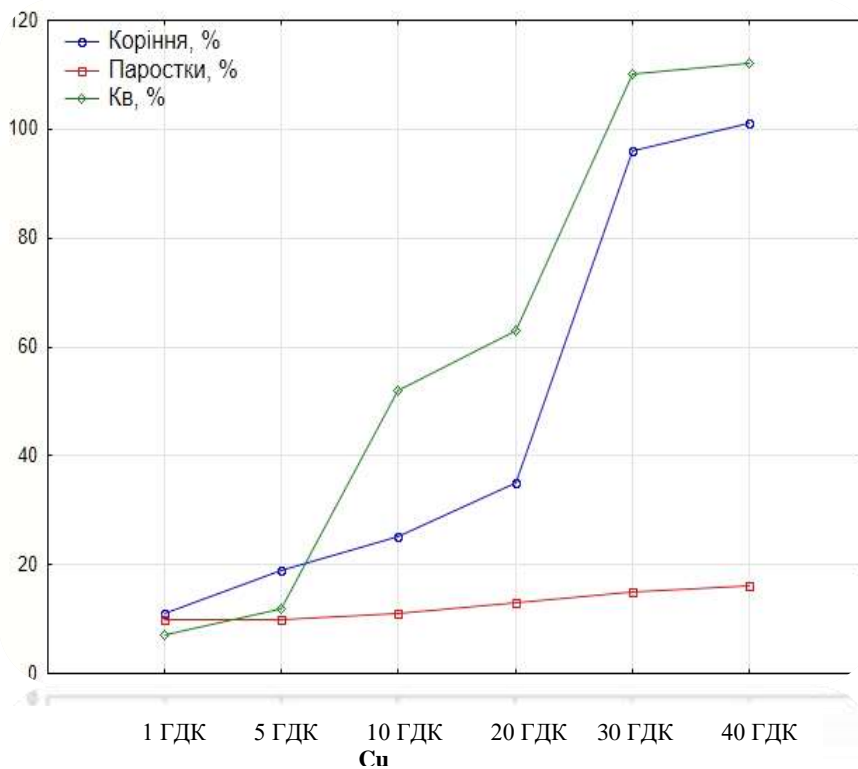
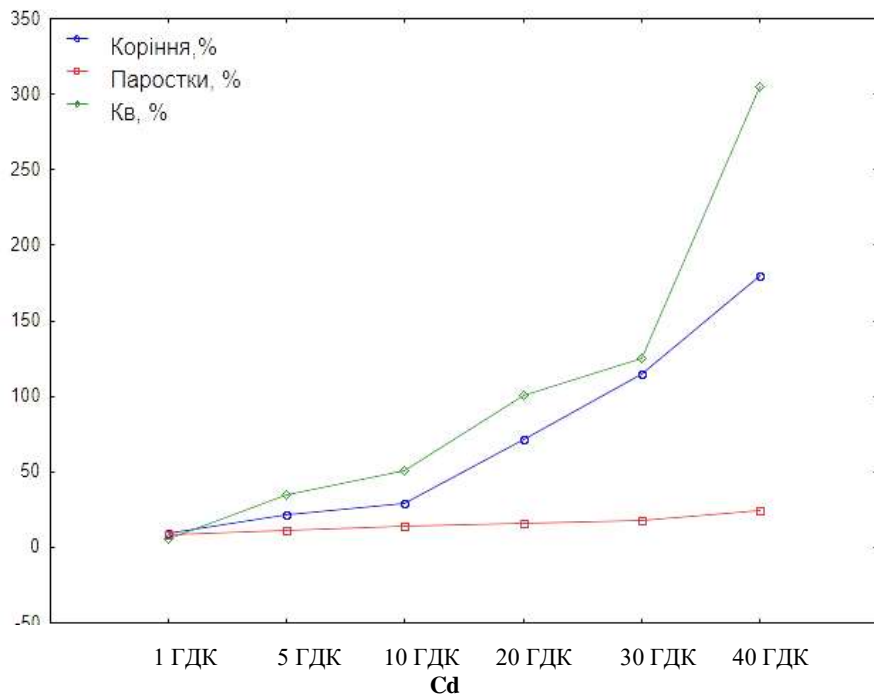


Рис. 1а – Вплив різних концентрацій модельного розчину Cd, Cu на коефіцієнт варіації пригнічення ростових процесів *Avena sativa* L.

Fig. 1a – The influence of different concentrations of the model solution of Cd, Cu on the coefficient of variation of inhibition of growth processes of *Avena sativa* L.

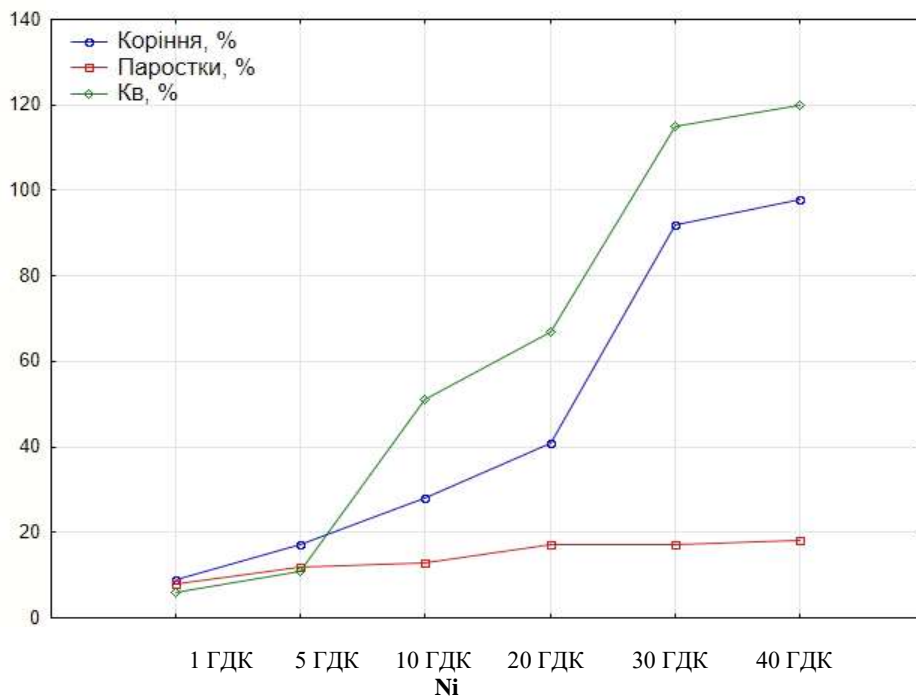
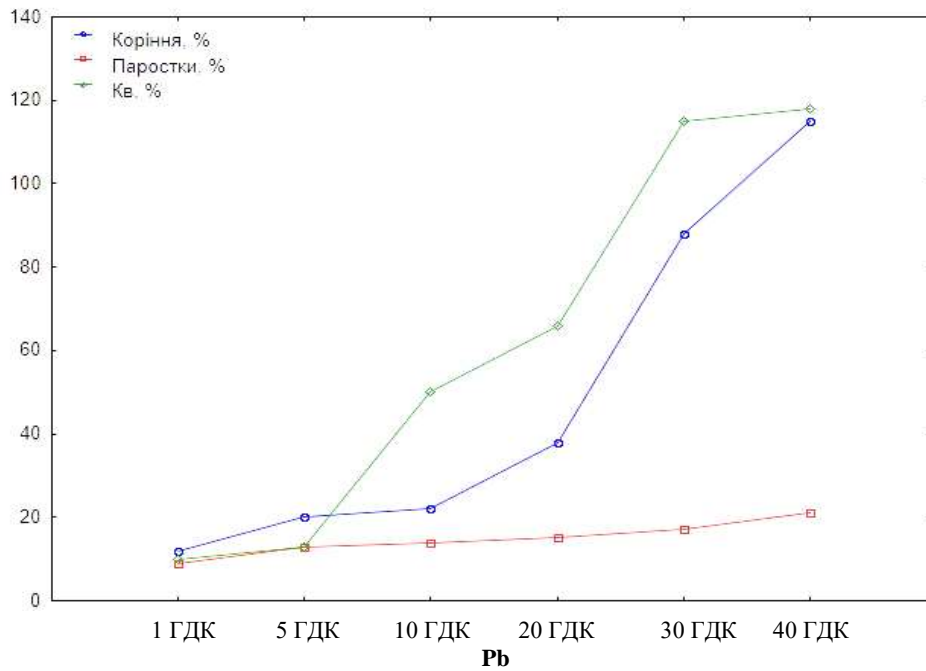


Рис. 1б – Вплив різних концентрацій модельного розчину Pb, Ni, на коефіцієнт варіації пригнічення ростових процесів *Avena sativa* L.

Fig. 1b – The influence of different concentrations of the model solution of Pb, Ni, on the coefficient of variation of inhibition of growth processes of *Avena sativa* L.

Таблиця 3
Оцінка фітотоксичності модельних розчинів Cd, Pb, Ni, Cu на тест-рослинах *Raphanus sativus* L.
Table 3
Assessment of phytotoxicity of model solutions of Cd, Pb, Ni, Cu on the test plants *Raphanus sativus* L.

№	Зменшення довжини відносно контролю, %			Коефіцієнт варіації пригнічення росту (Кв), %	Коефіцієнт дисбалансу росту	Ступінь дисбалансу росту
	концентрація	корені	паростки			
1	1 ГДК, Cu	17	14	11	0	немає
	5 ГДК, Cu	29	15	44	0	немає
	10 ГДК, Cu	41	20	62	0,02	слабкий
	20 ГДК, Cu	64	25	95	0,02	слабкий
	30 ГДК, Cu	120	40	195	0,04	помірний
	40 ГДК, Cu	190	45	309	0,06	сильний
2	1 ГДК, Cd	20	19	3	0	немає
	5 ГДК, Cd	41	20	51	0,02	слабкий
	10 ГДК, Cd	53	22	86	0,02	слабкий
	20 ГДК, Cd	94	25	135	0,04	помірний
	30 ГДК, Cd	155	27	230	0,04	помірний
	40 ГДК, Cd	210	29	390	0,06	сильний
й	1 ГДК, Pb	13	11	9	0	немає
	5 ГДК, Pb	31	13	50	0,02	слабкий
	10 ГДК, Pb	44	15	59	0,02	слабкий
	20 ГДК, Pb	63	17	78	0,02	слабкий
	30 ГДК, Pb	92	20	120	0,04	помірний
	40 ГДК, Pb	138	23	145	0,04	помірний
4	1 ГДК, Ni	11	9	6	0	немає
	5 ГДК, Ni	40	14	59	0,02	слабкий
	10 ГДК, Ni	69	16	83	0,02	слабкий
	20 ГДК, Ni	105	18	135	0,02	слабкий
	30 ГДК, Ni	140	20	186	0,04	помірний
	40 ГДК, Ni	194	22	280	0,04	помірний

Висновки

В лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна проведено серію експериментів по визначенню фітотоксичних властивостей модельних розчинів важких металів (Cd, Pb, Ni, Cu) на ріст коренів та паростків тест-рослин овес *Avena sativa* L. як представника однодольних злаків та редька *Raphanus sativus* L. як представника дводольних рослин. Виготовлено модельні розчини кожного з важких металів (Cd, Pb, Ni, Cu) – 1 ГДК, 5 ГДК, 10 ГДК, 20 ГДК, 30 ГДК, 40 ГДК відповідно до їх ГДК у ґрунтах.

Найбільш токсичний вплив на тест-об'єкт *Avena sativa* L. за результатами досліджень чинив Cd - спостерігався фітотоксичний ефект від слабого до сильного при впливі різних концентрацій модельних розчинів.

При використанні в експериментах в якості тест-об'єкта *Raphanus sativus* L. визначено, що Cd та Cu чинили весь спектр фітотоксичних властивостей у різних концентраціях модельних розчинів - від слабого до сильного.

За результатами проведеного експерименту можна зробити висновок, що тест-рослини *Raphanus sativus* L. є більш чутливими до токсичної дії обраних нами важких металів.

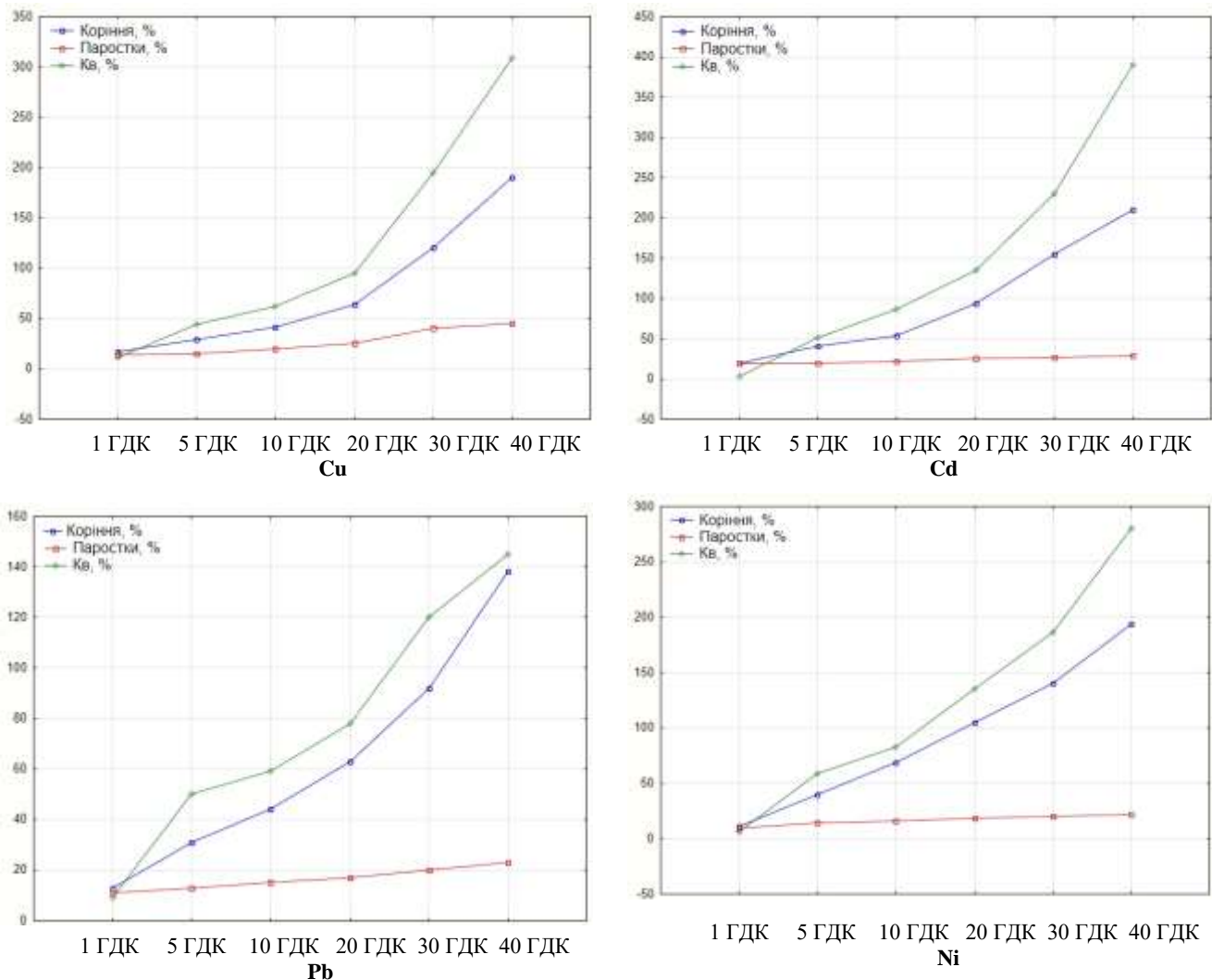


Рис. 2 - Вплив різних концентрацій модельного розчину Cd, Pb, Ni, Cu на коефіцієнт варіації пригнічення ростових процесів *Raphanus sativus L.*

Fig. 2 – The influence of different concentrations of the model solution of Cd, Pb, Ni, Cu on the coefficient of variation of inhibition of growth processes of *Raphanus sativus L.*

Конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

Список використаної літератури

1. Кривицька І. А. Діагностика та моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в урбанізованих ландшафтах Приазов'я : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.18. Харків, 2020. 187с.
2. Кривицька І., Крайнюков О. Принципи та методи діагностики та моніторингу важких металів у ґрунті урбанізованих територій. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2023. No 12 (146). С. 9-12. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-12>
3. Visioli G., Menta C., Gardi C., Conti F. Metal toxicity and biodiversity in serpentine soils: Application of bioassay tests and microarthropod index. *Chemosphere*. 2013. Vol. 90. No 3. P. 1267-1273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.081>.

4. Bagur-González M., Estepa-Molina C., Martín-Peinado F., Morales-Ruano S. Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *J.SouilsSediments*. 2010. No 11. P. 281-289. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0285-4>
5. Adamo P., Lavazzo P., Albanese S., Agrelli D., De Vivo B., Lima A. Bioavailability and soil-to-plant transfer factors as indicators of potentially toxic element contamination in agricultural soils. *Sci. Total Environ.*, 2014. No 500–501. P. 11-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.085>
6. Mtisi M., Gwenzi W. Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019. Vol. 170. P. 750-762. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.047>
7. Sparks D. L. Environmental Soil Chemistry. 2th ed. 2003. *University of Delaware*. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656446-4.X5000-2>
8. Salvatore M., Carafa A., Carratù, G. Assessment of heavy metals phytotoxicity using seed germination and root elongation tests: A comparison of two growth substrates, *Chemosphere*, 2008. Vol. 73. No 9. P. 1461-1464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.061>.
9. Urionabarrenetxea E., Garcia-Velasco N., Zaldibar B., Soto, M. Impacts of sewage sludges deposition on agricultural soils: Effects upon model soil organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2022. Vol.255. 109276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109276>.
10. Wollan E., Davis R.D., Jenner S. Effects of sewage sludge on seed germination, *Environmental Pollution*, 1970. Vol.17. No 3. P. 195-205. DOI: [https://doi.org/10.1016/0013-9327\(78\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0013-9327(78)90037-X).
11. US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ecological effects test guidelines. OPPTS 850.4200, *Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test*. EPA, No 712 C, 1996. P.96-154.

Стаття надійшла до редакції 30.10.2023

Стаття рекомендована до друку 27.11.2023

O. M. KRAINIUKOV, DSc (Geography), Professor,

Professor of the Department of Environmental Safety and Environmental Education
e-mail: kraynukov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

V. N. Karazin Kharkiv National University

4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022

I.A. KRYVYTSKA, PhD (Biology),

Associate Professor of the Department of Environmental Safety and Environmental Education

e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

V. N. Karazin Kharkiv National University

4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022

O. E. NAIDONOVA, PhD (Biology), Senior Researcher

Acting Head of Soil Microbiology Sector

e-mail: oksana_naydyonova@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8568-5699>

*National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky"*

4, Chaykovska str., Kharkiv, 61024, Ukraine

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HEAVY METALS ON THE IMBALANCE OF GROWTH PROCESSES

Purpose. To determine the phytotoxic properties of model solutions of heavy metals (Cd, Pb, Ni, Cu) on the growth of roots and sprouts of the test plants of oats *Avena sativa* L. as a representative of monocotyledonous cereals and radish *Raphanus sativus* L. as a representative of dicotyledonous broad-leaved plants.

Methods. Statistical, model solutions, test plants, biotesting.

Results. As a result of phytotoxicity of model solutions of heavy metals Cd, Pb, Ni, Cu on *Avena sativa* L. test plants, it was established that there is no imbalance of growth processes when using solutions with concentrations of 1 MPC and 5 MPC. With an increase in the concentration of model solutions, there is a gradual inhibition of the growth of sprouts and especially the roots of the test objects. The most toxic effect on the test object, according to the research results, was caused by Cd - a phytotoxic effect from weak to strong was observed under the influence of different concentrations of model solutions. Experimental determination of the phytotoxic properties of model solutions of heavy metals Cd, Pb, Ni, Cu on test plants *Raphanus sativus* L. showed that the imbalance of growth processes is absent only when using solutions with concentrations of 1 MPC and 5 MPC Cu, i.e. practically without exceeding the regulatory requirements for soil quality. Model solutions of Cd and Cu 40 MPC had the highest degree of imbalance in the growth processes of the test plants *Raphanus sativus* L. – strong for the experimental study we conducted.

Conclusions. Biodiagnostics using *Raphanus sativus* L. test plants revealed signs of toxic effects where *Avena sativa* L. test plants did not experience inhibition, or the determined phytotoxic properties of the model solutions were lower, which is determined by the imbalance of growth processes. The above-mentioned discrepancies between the results of biodiagnostics of model solutions with the help of different test cultures make it possible to assert that it is necessary to introduce a comprehensive indicator for determining the phytotoxic properties of the studied samples, with the help of which it is possible to level such discrepancies.

KEY WORDS: *model solutions, test objects, heavy metals, phytotoxic properties, biotesting*

References

1. Kryvytska I. A. (2020). Diagnostics and monitoring of soil pollution by heavy metals in urbanized landscapes of the Azov region. PhD thesis. Kharkiv, National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”.
2. Kryvytska, I., Krainyukov, O. (2023). Principles and methods of diagnosis and monitoring of heavy metals in the soil of urbanized areas. *Internauka*, 12 (146). 9-12. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-12>
3. Visioli, G., Menta, C., Gardi, C., Conti, F. (2013). Metal toxicity and biodiversity in serpentine soils: Application of bioassay tests and microarthropod index. *Chemosphere*, 90 (3), 1267-1273. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.081>
4. Bagur-González, M., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., Morales-Ruano, S. (2010). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *J.SoilsSediments*, 11, 281-289. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0285-4>
5. Adamo, P., Lavazzo, P., Albanese, S., Agrelli, D., De Vivo, B., Lima, A. (2014). Bioavailability and soil-to-plant transfer factors as indicators of potentially toxic element contamination in agricultural soils. *Sci. Total Environ.*, 500–501, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.085>
6. Mtisi, M., & Gwenzi, W. (2019). Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and environmental safety*, 170, 750-762. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.047>
7. Sparks, Donald L. (2003). Environmental Soil Chemistry. 2th ed. *University of Delaware*, 352. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656446-4.X5000-2>
8. Salvatore, M., Carafa, A., Carratù, G. (2008). Assessment of heavy metals phytotoxicity using seed germination and root elongation tests: A comparison of two growth substrates, *Chemosphere*, 73 (9), 1461-1464. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.061>
9. Urionabarrenetxea, E., Garcia-Velasco, N., Zaldibar, B., Soto, M. (2022). Impacts of sewage sludges deposition on agricultural soils: Effects upon model soil organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 255, 109276. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109276>
10. Wollan, E., Davis, R.D., Jenner, S. (1970). Effects of sewage sludge on seed germination, *Environmental Pollution*, 17(3), 195-205. [https://doi.org/10.1016/0013-9327\(78\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0013-9327(78)90037-X)
11. US EPA (United States Environmental Protection Agency). (1996). Ecological effects test guidelines. OPPTS 850.4200, *Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test*. EPA, (712 C), 96-154.

The article was received by the editors 30.10.2023

The article is recommended for printing 27.11.2023

Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: «Екологія» є збірником наукових робіт, який включено до Переліку ВАК фахових видань, в яких можна публікувати основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук (спеціальності 101,103) та біологічних наук (спеціальності 091,101).

До публікації приймаються статті, які написані українською або англійською мовами згідно з правилами для авторів і отримали позитивні рекомендації рецензентів.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Електронна версія оформляється у форматі Microsoft Word, шрифт Times New Roman, розмір 11, міжрядковий інтервал 1,0, всі поля по 2,5 см. Жирним шрифтом виділяються підзаголовки у статті; курсив допускається лише у виняткових випадках.

Ілюстрації, включаючи графіки і схеми, мають бути розміщені безпосередньо в тексті. Ілюстрації подаються чорно-білими. Скрізь, де можливо, доцільніше використовувати графіки, а не таблиці.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині.

Відступ для абзацу – 1,00 см.

Для статей необхідно вказати УДК (UDC): (зліва, розмір 11), ініціали та прізвище автора, науковий ступінь, звання та посаду (розмір 11, по центру), e-mail та <https://orcid.org/> усіх співавторів, повну назву установи та її адреса (розмір 10, по центру).

Анотація має бути структурованою для експериментальних робіт, тобто обов'язково вказати:

Мета. Методи. Результати. Висновки.

Текст статті має відповідати вимогам ВАК. Посилання на джерела у статті давати в прямокутних дужках [] із зазначенням номера в порядку посилання у тексті, а в окремих випадках і сторінок.

Список використаної літератури обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, обов'язково містити джерела, що опубліковані не більше 5 років тому: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Кількість посилань має бути не менше 15. Обов'язково вказувати DOI або URL-електронну адресу посилань.

Через 2 інтервали також подати прізвище, науковий ступінь, наукове звання та посаду, e-mail та <https://orcid.org/>, організацію, її повну адресу, назву статті, розширену анотацію та ключові слова *англійською мовою*: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Анотація повинна бути побудована як реферат у реферативних журналах та відражати суть експериментів, основні результати та їх інтерпретацію. Для експериментальних статей подати структуровані резюме де має бути вказані слова: **Purpose. Methods. Result. Conclusion.**; та **KEY WORDS** (ключові слова) – 5-6 слів

Подати також **References**, за стандартом APA (прізвище, ініціали, назва - англійською, та **Retrieved from** або **DOI**, наприкінці у дужках (In Ukrainian)

Адреса редакції: навчально-науковий інститут екології, 4 поверх, к. 483а,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
пл. Свободи, 6, Харків, Україна, 61022
тел. +38-057- 707-53-86 e-mail: visnykecology@karazin.ua ecology.journal@karazin.ua
Власний сайт: <http://visnecology.univer.kharkov.ua/>

Web-page: <http://periodicals.karazin.ua/ecology> (OJS)

Наукове видання

**ВІСНИК ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені В. Н. КАРАЗІНА**

**СЕРІЯ «ЕКОЛОГІЯ»
Вип. 29**

Збірник наукових праць

Українською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 27.11.2023 Формат 60 x 84 ¹/₈ . Папір офсетний.
Друк ризографічний

Ум. друк. арк. 8,6. Обл.-вид. арк. 9,9
Наклад 100 пр. Зам.

61022 Харків, майдан Свободи, 6
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна
61022, Харків, майдан Свободи, 4.
Тел. 705-24-32
Видавництво

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09