

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 28

VISNYK
of V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL
UNIVERSITY
SERIES «ECOLOGY»
Issue 28

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 № 10 від 26.06.2023 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 10, dated June 26, 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

Назарук М. М., Бота О. В. Природно-історичні аспекти моніторингу довкілля на території міста Львова.....	6
Шихалєєва Г. М., Юрченко Ю. Ю., Кірюшкіна Г. М. Історія досліджень та стан вивченості геоекосистеми гіпергалінного Куяльницького лиману (Україна, Північно-Західне Причорномор'я).....	15
Безсонний В. Л. Термодинамічні підходи в дослідженнях екологічних проблем.....	30
Максименко Н. В., Тітенко Г. В., Александрова Д. О. Особливості формування зеленої інфраструктури міста Катовіце: проблеми та перспективи.....	42
Гололобова О. О., Невечеря О. В. Впровадження сучасних екологічних трендів озеленення в дизайн-проект студентського парку.....	58

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Дядін Д. В., Сєдов А. О. Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області.....	71
Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Житнецький І. В. Токсикологічна оцінка якості очищення бурових стічних вод	83

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Чеболда І. Ю., Кузик І. Р. Оцінка нематеріальних екосистемних послуг лісів Тернопільської області.....	91
Жук А. В., Мишілюк І. І. Динаміка деревного покриву на соціо-екологічному градієнті Чернівецької області.....	101
Жук Ю. І., Бухта І. О. Гостинність і сталий розвиток: синергія для успішного туристичного сектору.....	112

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мамедова Ю. П., Чаплигіна А. Б. Екологічний аналіз орнітофауни територій водоочисних споруд Харківської області.....	121
Правила для авторів.....	132

CONTENTS

ECOLOGICAL RESEARCHES OF GEOSYSTEM

Nazaruk M. M., Bota O. V. Natural and historical aspects of the environmental monitoring in the city of Lviv.....	6
Shikhaleeva H. M., Yurchenko Yu. Yu., Kiryushkina H. M. The history of research and the state of study of the geoecosystem of the hyperhaline Kuyalnytsky estuary (Ukraine, North-Western Black Sea Coast).....	15
Bezsonnyi V. L. Thermodynamic approaches in the study of environmental problems.....	30
Maksymenko N. V., Titenko G. V., Aleksandrova D. O. Features of the of the Katowice city green infrastructure: problems and prospects.....	42
Gololobova O. O., Nevecherya O. V. Implementation of modern environmental greening trends for the student park design project	58

ENVIRONMENTAL ECOLOGICAL SAFETY

Achasov A. B., Seliverstov O. Yu., Diadin D. V., Siedov A. O. Remote monitoring of the consequences of hostilities on the territory of the Kharkiv region.....	71
Krainskiy O. M., Kryvytska I. A., Zhytnetskyi I. V. Toxicological assessment of drilling wastewater treatment quality.....	83

SUSTAINABLE USE OF NATURE

Chebolda I. Y., Kuzyk I. R. Assessment of intangible ecosystem services of the Ternopil region forests.....	91
Zhuk A. V., Myshiliuk I. I. Tree cover dynamics on the socio-ecological gradient of Chernivtsi region.....	101
Zhuk Y. I., Bukhta I. O. Hospitality and sustainable development: synergy for a successful tourism sector.....	112

BIOLOGICAL RESEARCH

Mamedova Y. P., Chaplygina A. B. Ecological analysis of bird fauna in the territories of water treatment facilities at Kharkiv region.....	121
Instructions for Authors.....	132

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-01>

УДК 504.064

М. М. НАЗАРУК¹, д-р геогр. наук, проф.,

професор кафедри раціонального використання природних ресурсів та охорони природи

e-mail: mm.nazaruk@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1210-9666>

О. В. БОТА¹,

аспірант кафедри раціонального використання природних ресурсів та охорони природи

e-mail: oleh.bota@lnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3504-7709>

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,

вул. Дорошенка, 41, м. Львів, Україна, 79000

ПРИРОДНО-ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА

Мета. Виявлення особливостей організації моніторингу компонентів довкілля на території міста Львова на різних історичних етапах функціонування урбосистеми, виокремлення специфіки організації моніторингу в сучасних умовах.

Результати. Регулярні метеорологічні спостереження за допомогою приладів розпочалися у Львові в 1811 р., а спостереження та опис рослинності міста здійснені у 50-х роках XIX ст. Я. Лагнером. У 1944 році у Львові організовано відділ гідрометеослужби Прикарпатського військового округу. До нього входили: бюро погоди, група гідрологічних прогнозів, група відновлення мережі станцій. На початку 1946 року на базі цього відділу створено гідрометеобюро, яке з 1959 року функціонує як гідрометеообсерваторія (ГМО) з групами: метеорологічною, гідрологічних прогнозів та агрометеорологічною. В 1964 до складу ГМО ввійшла Львівська аерологічна станція на правах відділу аерології. Старий, історичний Львів був розташований серед великих лісів, мав багато потоків, струмків, а також багату флору. Така різноманітність зумовлена географічним положенням, історією формування рельєфу і кліматичними умовами в попередні геологічні періоди. Вивчення ландшафтно-природної першооснови у співставленні із забудованими територіями веде до розмежування міського середовища за ознакою належності до певного типу природного ландшафту і тим самим обумовлює різні підходи до його перетворення. Пункти фонових спостережень, розміщені на природоохоронних об'єктах постачають інформацію про стан і змінами природного середовища, що відбуваються поза діяльністю людини. Порівняльний аналіз аналогічними показниками, отриманими в районах з різним ступенем урбаністичного впливу, дасть можливість виявити реальний стан антропогенних змін, виявити їх причини, прогнозувати подальші наслідки урбанізації, а також побудувати моделі таких соціально-виробничих систем, які були б найменш шкідливими для довкілля.

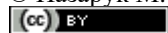
Висновки. Моніторинг довкілля на території міста Львова має давню історію. Спостереження за станом атмосферного повітря, водного середовища, біорізноманіття були та залишаються важливою складовою у питанні якості міського довкілля та не втрачають своєї значимості. Моніторинг довкілля необхідно розглядати як складову частину регіональної системи управління природокористування, що повинна виконувати цільові функції безперервного спостереження і прогнозування ходу основних соціоекологічних процесів з метою їхнього аналізу, ідентифікації і виявлення головних чинників для підготовки і прийняття управлінських рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екологічний моніторинг, метеорологічні спостереження, моніторинг біорізноманіття, урбосистема

Як цитувати: Назарук М. М., Бота О. В. Природно-історичні аспекти моніторингу довкілля на території міста Львова. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-01>

In cites: Nazaruk, M. M., & Bota, O. V. (2023). Natural and historical aspects of the environmental monitoring in the city of Lviv. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 6-14. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-01> (in Ukrainian)

© Назарук М. М., Бота 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/).

У науковій літературі широко обговорюється питання організації, програми і методики екологічного моніторингу. Об'єктами такого моніторингу розглядається біосфера в цілому чи її структурні блоки, біота чи окремі види, популяції, біоценози, природні та біотичні ресурси тощо. Методологія системного аналізу комплексних динамічних процесів, характерних для великого міста, ефективна за умов наявності об'єктивних вихідних даних природних умов сучасного стану екосистем, видів, величин і ступенів антропогенного впливу тепер і на період прогнозованого майбутнього.

На рівні міста потрібна достовірна оціночна інформація про сумарне антропогенне навантаження на його територію. Особливості його структури і динаміки, «внесок» основних структурних підрозділів природного середовища, зворотну реакцію геосистем і їхніх компонентів, найнебезпечніші соціально-демографічні, природно-екологічний, ресурсо-економічні наслідки функціонування територіальних господарських систем, основні ядра надмірної концентрації структурних елементів соціоекосистем у районах з небезпечною екологічною ситуацією.

Ступінь антропогенного впливу на природне середовище може бути встановлений методом організації екологічного моніторингу, тобто слідування за зміною компонентів біосфери на фоновому рівні. При цьому створюється можливість шляхом порівняння вловити негативні наслідки і вжити необхідні заходи по їх ліквідації. Дані по екологічному моніторингу можна одержати лише при встановленні в різних зонах єдиного переліку фіксованих показників і обґрунтованому розміщенні стаціонарів спостережень, які повинні знаходитись на репрезентативних ділянках досліджуваного регіону.

Метою статті є дослідження природно-історичних аспектів організації моніторингу компонентів природного довкілля на території міста Львова, виявлення особливостей його організації на різних історичних етапах функціонування урбосистеми, виокремлення специфіки організації моніторингу довкілля у сучасних умовах.

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без

виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого й організують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

За міжнародним стандартом (СТ ІСО 4225-80) моніторинг – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану й зміни об'єктів. Цей термін запропоновано напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміну «контроль». Крім спостережень та отримання інформації, моніторинг передбачає й елементи активних дій, таких, як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Моніторинг довкілля – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом з метою раціонального використання природних ресурсів та охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

До історії метеорологічних спостережень на території міста. Регулярні метеорологічні спостереження за допомогою приладів розпочалися у Львові в 1811 р., який в ті часи був одним з наукових центрів Австрії. З 1864 р. до 1916 р. спостереження проводилися при Львівському університеті. Важливою подією в розвитку метеорологічної науки в західних областях України було відкриття 1882 року метеорологічних станцій при Львівському політехнічному інституті та Інституті геофізики Львівського університету. Ці станції працювали до 1939 року, на жаль, з перервами, викликаними воєнними подіями на цій території. Так, до 1918 року станція входила до складу австро-угорської гідрометеорологічної мережі, а потім – до польської. Матеріали спостережень друкувалися в щорічниках відповідної країни. В 1919 р. В. Горчинський з проф. Шульцем заснували у Львові Метеорологічний інститут

з широким профілем різних напрямів. Ще однією важливою подією у розвитку метеорології в західних областях України було відкриття в травні 1940 р. метеостанції аеропорту, розташованому за 1,5 км від південно-західної околиці Львова і за 0,5 км на північний схід від села Скнилова. У період війни, з червня 1941 р., ця станція була закрита, а відновила свою роботу 29 серпня 1944 р.

У 1944 році у Львові організовано відділ гідрометеослужби Прикарпатського військового округу. До нього входили: бюро погоди, група гідрологічних прогнозів, група відновлення мережі станцій. На початку 1946 року на базі цього відділу створено гідрометеобюро, яке з 1959 року функціонує як гідрометеообсерваторія (ГМО) з групами: метеорологічною, гідрологічних прогнозів та агрометеорологічною. В 1964 до складу ГМО ввійшла Львівська аерологічна станція на правах відділу аерології [1].

Аерологічна станція на правах відділу аерології. Температура повітря на вулицях вища, ніж в оточуючому їх середовищі, у зв'язку з чим взимку і навесні дерева менше потерпають від морозів і заморозків. Зате влітку вулиці і площі сильно нагріваються, що веде до швидкого висихання ґрунту і прискореної транспірації рослин. Відносна вологість повітря є меншою, майже на 10%. Ніж у природних умовах. Повітря вулиць забруднене пиловими і газовими субстанціями, Опадаючий на листки пил стримує фізіологічні процеси. Газові субстанції різної ступені шкідливості, джерелом яких є транспорт. Промисловість і ТЕЦ, викликають некрози, пошкоджують листя.

Роль зворотного зв'язку в системі управління та планування виконує комплексний моніторинг – збирання, накопичування, опрацювання та передавання інформації, комплексного цілеспрямованого її аналізу для потреб моделювання й прогнозування процесів, що відбуваються у довкіллі та обґрунтування управлінських рішень. У зв'язку з цим, починаючи від рівня окремих підприємств, об'єднаних територіальних громад, обласного і до державного в загальній структурі комплексного моніторингу слід мати три функціональні підрозділи: власне центр збирання інформації, центр наукового її аналізу, моделювання й прогнозу-

вання процесів, що відбуваються у довкіллі і центр наукової експертизи цих рішень та рекомендації їх регуляторів (керівному органу) до реалізації. Зрозуміло, що каналом зворотного зв'язку повинна передаватися моніторингова інформація про стан довкілля, тенденції його змін та рекомендації щодо способів його збереження чи поліпшення без комплексного моніторингу нема управління, а без управління недосяжною стає мета збереження та охорони навколишнього середовища [2].

Моніторинг біорізноманіття на території міста. Флористичні дослідження урбанізованих територій давно стали основою моніторингу екосистем. Вплив антропогенних чинників на флору приводить до її якісних змін, а тому показники напрямів та інтенсивності синантропізації флори вказують на характер змін міського середовища в цілому.

Більшість історичних джерел свідчить, що старий, історичний Львів був розташований серед великих лісів, мав багато потоків, струмків, а також багату флору. Така різноманітність зумовлена географічними положеннями, історією формування рельєфу і кліматичними умовами в попередні геологічні періоди. У межах міста та його зеленої зони можна виділити подібні на лучну, болотну, скельну і степову типи рослинності, численні рудеральні і тальні угруповання. Окрім того, трапляються специфічні для міста угруповання. Залишки давньої дольодовикової рослинності майже зникли на суцільно вкритих бруківкою площах. Під впливом урбанізації на території міста близькі до природних залишки рослинності збереглися лише у великих лісопаркових зонах.

Спостереження та опис рослинності міста були здійснені у 50-х роках XIX ст. гімназійним вчителем ботаніки Я. Лагнером. Він публікує невеличку книжечку з назвою «Дерева і чагарники зелених насаджень м. Львова», в якій описує 57 видів і форм, представлених 21 родиною, причому голонасінні становили 53 % від загальної кількості. Детальну інвентаризацію видового і формового складу дерев і чагарників і ліан робила у кінці 40-х років минулого століття доцент Львівського університету О.А. Щербина.

Сучасна флора судинних рослин Львова нараховує 988 видів, що відносяться

до 406 родів і 102 родин. Серед них 819 (82,9% видів флори) синантропи і 169 (17,1%) аборигенні несинантропні види. Відносно високий відсоток останніх свідчить про наявність територій з низьким рівнем антропогенних змін. Рослини виступають як універсальні природні фільтри у доочищенні повітря, води та ґрунту від промислових емісій. Виконуючи важливу роль у оптимізації навколишнього середовища, вони водночас потерпають від рекреаційного та естетичного навантаження. Однак накопичення інгредієнтів промислових викидів у тканинах рослин призводить до погіршення їхнього стану і деградації рослинності. Тому важливим завданням є розробка критеріїв моніторингу впливу забруднення навколишнього середовища на рослинність. Саме комплексні дослідження стану рослин за різними показниками дозволяють розробити систему моніторингових спостережень за станом рослинності з високим ступенем надійності і інформативності результатів.

Фауна як невід'ємний біотичний компонент середовища міста. Фауна – один із важливих чинників емоційного аспекту життя людини у містах. На сьогодні тут переважають елементи стихійності, які у майбутньому повинні бути зведені до мінімуму. Для цього необхідно перш за все розробити спеціальну програму «Фауна міста», як складову частину фонового моніторингу. Екологічну службу кожного міста чекає повсякденна кропітка робота по розробці та реалізації науково обґрунтованої системи біотехнічних заходів. Поява у містах принципово нових, невідомих у природі екологічних ніш (особливо з погляду на живлення та просторову структуру) разом з кліматичними особливостями, привела до незвичного поєднання чинників та формування специфічних фауни та зооценозів з нетрадиційними взаємовідносинами.

Проф. Татаринів К.А. [3] відмічає, що на території міста Львова було проведено декілька переписів тваринного світу – «перший раз 1951 р.; другий – 1969 р.; третій – у 1989 р. В час першого перепису до уваги брались лише ссавці, яких було виявлено 33 види, зокрема: 6 видів комахоїдних (їжак, кріт, буро зубі та білозубі землерийки); 7 видів рукокрилих (нічниця, вухані, широко вух, кажан, вечірниця); 12 видів гризунів

(щури, миші, полівки, вовчки); 1 вид зайцеподібних – русак; 5 видів хижаків (ласка, кам'яна куниця, лісовий тхір, борсук, лисиця); 2 види парнокопитних – козуля та дика свиня.

В час другого та третього переписів вивчалися і аналізувалися вся фауна наземних хребетних – земноводні, плазуни, птахи, ссавці. Загальна кількість «прописаних» у межах Львова хребетних становила 144 види: птахи – 92 види, плазуни – 6 видів. Ссавців у ці роки зафіксовано 36 видів, отже, мала місце передислокація: зниклі з території міста борсук, дика свиня, сліпак, а з'явилися 2 види нічниць, мала кутора, лісова куниця, малесенька та лісова миші.

Таким чином, за останні тридцять років (1959 – 1989 рр.) відбулися певні зміни, змінився і кількісний склад окремих популяцій. У 1951р. в осінньо-зимовий період ондатра була постійним мешканцем Львова, проникаючи по каналізаційній системі з річки Полтви до центральної частини міста. У 1969 – 1989рр у зв'язку з надінтенсивним промислом цього хутрового звірка на відкритих водоймах чисельність його в межах міста скоротилась до мінімуму. Серед рукокрилих з'явилися нові види, проте кількісний склад летючих мишей наблизився до нуля, бо були знищені колонії на дзвіницях міських храмів, у печері Медовій та у катакомбах у с. Страдч на Яворівщині [4].

Аналіз міської фауни дає можливість отримати об'єктивну інформацію про те, наскільки шкідливе для організмів у кожному місті забруднення повітря, води, ґрунту, зелених насаджень. Наскільки ефективні ті чи інші природоохоронні заходи. Крім того, такий аналіз важливий при вивченні та прогнозуванні віддалених наслідків впливу техногенних чинників на генетичний апарат та спадковість тварин і людини.

Спостереження за станом поверхневих вод у м. Львові здійснює КП «Адміністративно-технічне управління Львівської міської ради». Щоквартально протягом багатьох років фахівцями проводиться моніторинг 37-ми відкритих водних об'єктів (річки, потічки, озера, ставки) міста Львова. Контроль стану водних об'єктів є необхідною складовою моніторингу довкілля. Моніторинг річкових, ставкових вод це система послідовних даних про стан водних об'єктів, прогнозування їх

змін та розроблення рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

За результатами хімічних аналізів виявляються перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин від 5 до 7 показників у 6 водоймах. Відбираються проби з озер, ставків, потічків та річок. Загалом у водоймах Львова визначали наявність та вміст таких забруднюючих речовин: заліза загального, азоту амонійного, нітратів, нітритів, фосфатів, хлоридів, сульфатів, завислих речовин, жирів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), БСК-5, ХСК, а також нафтопродуктів [5].

Слід зазначити, що зміна якості води у пунктах спостережень залежить від кількості і якості стічних вод підприємств, неорганізованих стоків, метеорологічних чинників, гідрологічних умов водних об'єктів під час відбору проб води тощо.

Вивчення ландшафтно-природної першооснови у співставленні із забудованими територіями веде до розмежування міського середовища за ознакою належності до певного типу природного ландшафту і тим самим обумовлює різні підходи до його перетворення. Одночасно досягається мета визначення ландшафтів, що підлягають охороні і збереженню, порушених – із необхідністю рекультиватії. Завдання полягає у тому, щоб ввести зони і ділянки, де існує біологічне життя в антропогенні простори. Це не обов'язково повинні бути ліси, гаї і луки, але й оброблені ділянки землі – городи, водні поверхні, підземні джерела.

В умовах розвитку урбанізованих територій особливого значення набувають природоохоронні території та об'єкти, що розташовані безпосередньо на території міста і ті, що розташовані в безпосередній близькості від урбосистем. Вони виконують функції резервування і збереження біогеоценозів, але також – природні еталони в системі екологічного моніторингу довкілля, в тому числі урбанізованого. Пункти фонових спостережень, розміщені на природоохоронних об'єктах постачають інформацію про стан і змінами природного середовища, що відбуваються поза діяльністю людини (за виключенням хіба що, впливу деяких атмосферних забруднень). Порівняльний її аналіз аналогічними показниками, отриманими в районах з різним ступенем урбаністичного впливу,

дасть можливість виявити реальний стан антропогенних змін, виявити їх причини, прогнозувати подальші наслідки урбанізації, а також побудувати моделі таких соціально-виробничих систем, які були б найменш шкідливими для довкілля [6].

Прикладом такого розміщення пунктів спостереження за станом атмосферного повітря є сервіс «SaveEcoBot» (рис. 1). У місті Львів (Львівська область) на цей час встановлено 74 станції моніторингу стану атмосферного повітря, з них 14 працює та зображені кольоровими колами на мапі.

Станції моніторингу встановлено мешканцями міста, незалежними проектами, організаціями та органами місцевого самоврядування, такими як: SaveDnipro, luftdaten.info, Eco City, AirPol, ЛУН Місто, Львівська міська рада [7].

На сучасному етапі Постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [8, 9] Уряд ухвалив новий Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Таким чином в Україні стартувала реформа моніторингу та управління якістю повітря, а саме: рішенням Уряду повністю переглянуто стару систему моніторингу, змінено підхід до формування мережі спостережень та оцінювання якості атмосферного повітря, чітко визначені функції суб'єктів моніторингу, переглянуто обов'язкові для моніторингу показники та режими, впроваджено механізм обов'язкового регулярного інформування населення та розробки коротко- та довгострокових планів дій [10].

Головною метою розробленої Програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря на 2021 - 2025 роки Львівської зони [11] є запровадження на території Львівської області нової системи державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря (далі – моніторинг атмосферного повітря) для забезпечення збирання, оброблення, збереження та проведення аналізу інформації про якість атмосферного повітря, оцінювання та прогнозування його змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного

повітря, у сфері охорони навколишнього природного середовища, а також інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення. На основі даних та інформації, отриманої в результаті здійснення такого моніторингу, буде визначатися стан забруднення атмосферного повітря на території Львівської області за певний

проміжок часу, відповідність такого стану вимогам якості повітря; здійснюватиметься контроль та оцінка впливу на якість повітря заходів, спрямованих на обмеження викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, оцінка впливу забруднення атмосферного повітря на навколишнє природне середовище, здоров'я та життєдіяльність населення.

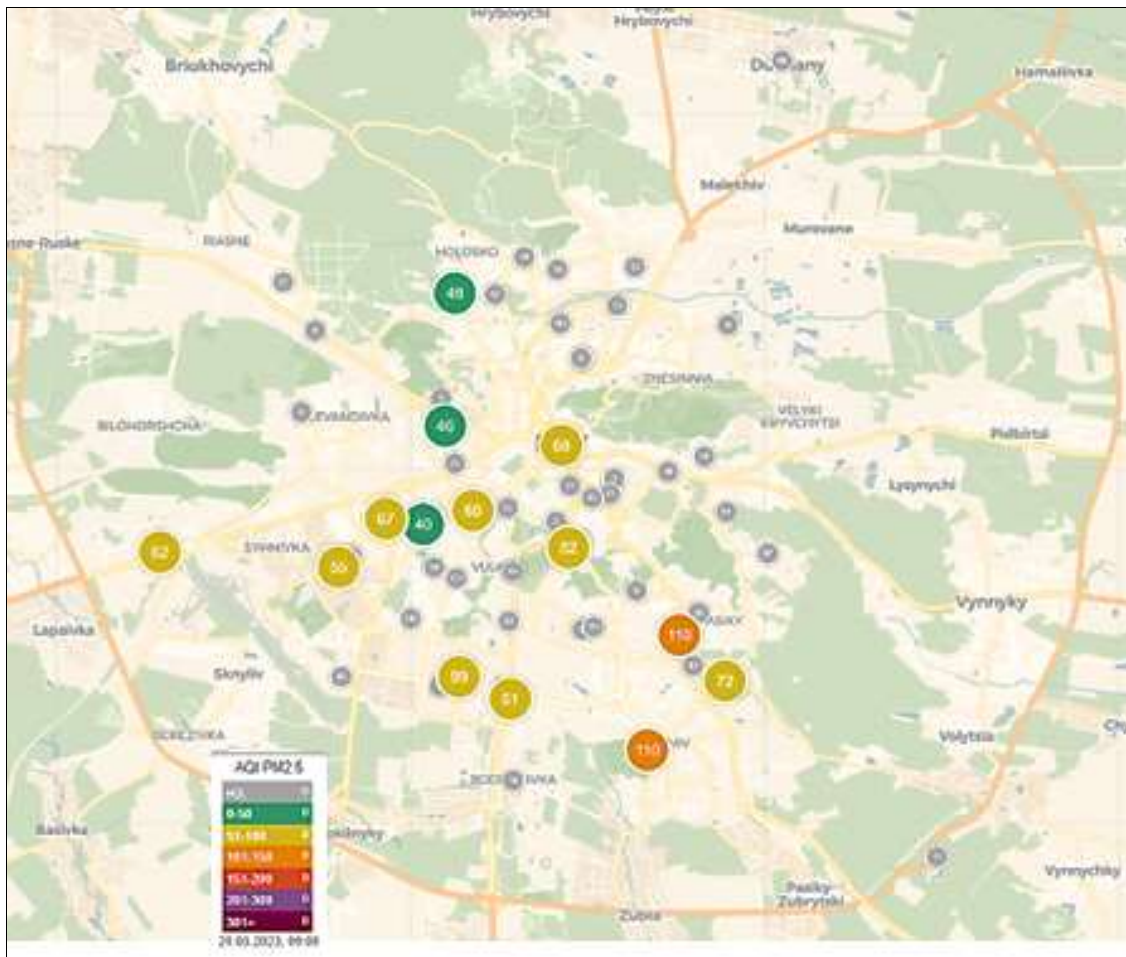


Рис. 1 – Станції спостереження та рівень забруднення атмосферного повітря у місті Львів [7]

Fig. 1 – Monitoring stations and the level of atmospheric air pollution in the city of Lviv [7]

Досягнення мети Програми потребує спрямування дій суб'єктів моніторингу атмосферного повітря, комісії з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря та інших

органів державної влади, органів місцевого самоврядування та їх виконавчих органів, організацій, установ та підприємств області всіх форм власності на реалізацію пріоритетних напрямів діяльності у сфері охорони атмосферного повітря.

Висновки

Моніторинг довкілля на території міста Львова має давню історію. Спостере-

ження за станом атмосферного повітря, водного середовища, біорізноманіття були та

залишаються важливою складовою у питанні якості міського довкілля та не втрачають своєї значимості.

Постійний моніторинг усіх параметрів довкілля дозволить вивчити сучасні тенденції та донести до людей, наприклад, мешканців районів з одноквартирними будинками, що проблема забруднення повітря з осені до весни в їхній місцевості – це не промислові підприємства, а спалювання листя, спалювання палива (вугілля, торфу) у домашніх котлах тощо.

Результати опрацювання інформації представляють собою інтегровані показники, які характеризують стан території по кожній із підсистем моніторингу і в кінцевому варіанті виступають як серія тематичних карт. Така система дозволяє швидко обробити дані досліджень, зібрати по всій мережі моніторингу, оперативно реагувати на зміни в стані навколишнього середовища

міста. Дані, зібрані в єдину систему, будуть корисні багатьом одержувачам. Вони будуть доступні для мешканців, відділів мерії, адміністраторів доріг, поліції тощо. Забудовники, яких заохочують будувати житло в найменш загрозливих («зелених») зонах, також отримають користь від таких знань.

Моніторинг необхідно розглядати як складову частину регіональної системи управління природокористування, що повинна виконувати цільові функції безперервного спостереження і прогнозування ходу основних соціоекологічних процесів з метою їхнього аналізу, ідентифікації і виявлення головних чинників для підготовки і прийняття управлінських рішень. Моніторинг урбанізованого довкілля та інформаційно-керуюча комп'ютерна система управління екологічною безпекою у місті можлива лише за умови готовності суспільства і держави нести певні матеріальні витрати.

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. Клімат Львова. За ред. Бабіченко В.М., Зузка Ф.В. Луцьк, 1998. 188 с.
2. Голубець М.А. Середовищезнавство (інвайроментологія). Львів: «Манускрипт», 2010. 176 с.
3. Татаринів К.А. Фауна урбанізованого оточення та екологічні адаптації видів. Тези доповідей науково-практичної конференції 10-12 вересня 1991 р. «Проблеми урбоекології і фітомеліорації». Львів, 1991. с. 33.
4. Волгін С.О., Зеленчук А.Т. Синантропізація флори як показник антропогенної трансформації екосистем м. Львова. Матеріали конференції, Львів-Яремча, 21-23 вересня 1994 р. «Урбанізація як фактор змін біогеоценотичного покриву». Львів, 1994. с 21-23.
5. Стан довкілля у Львівській області (за результатами моніторингових досліджень). Інформаційно-аналітичний огляд за III квартал 2020 р. Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. Львів, 2020. 26 с.
6. Назарук М.М. Львів у ХХ столітті: соціально-екологічний аналіз. Львів: вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. 348 с.
7. Рівень забруднення атмосферного повітря у місті Львів. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/lviv>
8. Постанова Кабінету міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>
9. Постанова Кабінету міністрів України від 9 березня 1999 р. N 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF#Text>
10. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. N 147 від 21 квітня 2021 р. «Про затвердження форми Програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE36165>
11. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря на 2021 - 2025 роки Львівської зони. Розглянута комісією з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря 24.06.2021. URL: <https://deplv.gov.ua/2021/12/08/zatverdzheno-programu-derzhavnogo-monitoryngu-u-galuzi-ohorony-atmosfernogo-povitrya-na-2021-2025-roky-lvivskoyi-zony/>

M. M. NAZARUK¹, DSc (Geography), Prof.,

Professor of the Department of Rational Use of Natural Resources and Nature Protection
e-mail: mm.nazaruk@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1210-9666>

O. V. BOTA¹

Graduate Student of the Department of Rational Use of Natural Resources and Nature Protection
e-mail: oleh.bota@lnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3504-7709>

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
P. Doroshenko St., 41, Lviv, 79007, Ukraine*

NATURAL AND HISTORICAL ASPECTS OF THE ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE CITY OF LVIV

Purpose. To study the natural-historical aspects of the organization of monitoring the components of the natural environment in the territory of the city of Lviv, to identify the peculiarities of its organization at different historical stages of the functioning of the urban system, to highlight the specifics of the organization of environmental monitoring in modern conditions.

Results Regular meteorological observations with the help of instruments began in Lviv in 1811, and observations and descriptions of the city's vegetation were carried out in the 1950s. Ya. Lagner. In 1944, the Department of Hydrometeorological Service of the Carpathian Military District was organized in Lviv. It included: weather bureau, group of hydrological forecasts, group of restoration of the network of stations. At the beginning of 1946, on the basis of this department, a hydrometeorological office was created, which since 1959 functioned as a hydrometeorological observatory (HMO) with groups: meteorological, hydrological forecasts and agrometeorological. In 1964, the Lviv Aerological Station became part of the GMO under the authority of the Aerology Department. Old, historical Lviv was located in the middle of large forests, had many streams, brooks, as well as rich flora. Such diversity is determined by the geographical location, the history of the formation of the relief and climatic conditions in previous geological periods. The study of the landscape-natural primary basis in comparison with the built-up areas leads to the demarcation of the urban environment based on belonging to a certain type of natural landscape and thereby determines different approaches to its transformation. Background observation points located at nature conservation facilities provide information about the state and changes in the natural environment that occur outside of human activity. A comparative analysis of similar indicators obtained in areas with different degrees of urban influence will make it possible to reveal the real state of anthropogenic changes, identify their causes, predict the further consequences of urbanization, as well as build models of such social and production systems that would be the least harmful to the environment.

Conclusions. Environmental monitoring in the territory of the city of Lviv has a long history. Monitoring the state of the atmospheric air, water environment, biodiversity was and remains an important component in the issue of the quality of the urban environment and does not lose its importance. Environmental monitoring must be considered as an integral part of the regional management system of nature management, which must perform the target functions of continuous observation and forecasting of the main socio-ecological processes for the purpose of their analysis, identification and identification of the main factors for the preparation and adoption of management decisions.

KEYWORDS: *ecological monitoring, meteorological observations, biodiversity monitoring, urban system*

References

1. Babichenko, V.M., Zuzuka, F.V. (Eds.). (1998). Climate of Lviv. Lutsk. (In Ukrainian).
2. Golubets, M.A. (2010). Environmental science (environmentology). Lviv: Manuscript. (In Ukrainian).
3. Tatorynov, K.A. (1991). Fauna of the urban environment and ecological adaptations of species. *Proceedings of the scientific and practical conference: Problems of urban ecology and phytoremediation*. (Lviv, 1991, September 10-12, p.33). Lviv. (In Ukrainian).
4. Volgin, S.O., & Zelenchuk A.T. (1994). Synanthropization of flora as an indicator of anthropogenic transformation of Lviv ecosystems. *Proceedings of the scientific conference: Urbanization as a factor of changes in the biogeocenotic cover*. (Lviv-Yaremcha, September 21-23, 1994. pp. 21-23.). Lviv. (In Ukrainian).
5. The state of the environment in the Lviv region (according to the results of monitoring studies). (2020). Informational and analytical review for the 3rd quarter of 2020. Department of Ecology and Natural Resources of the Lviv Regional State Administration. Lviv. (In Ukrainian).
6. Nazaruk, M.M. (2008). Lviv in the 20th century: socio-ecological analysis. Lviv: Publishing Center of Ivan

- Franko National University of Lviv. (In Ukrainian).
7. The level of atmospheric air pollution in the city of Lviv. Retrieved from <https://www.saveecobot.com/maps/lviv>
 8. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 14, 2019 No. 827 «Some issues of state monitoring in the field of atmospheric air protection» (2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (In Ukrainian).
 9. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of March 9, 1999 No. 343 «On approval of the Procedure for organizing and conducting monitoring in the field of atmospheric air protection». (1990). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF#Text> (In Ukrainian).
 10. Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. N 147 of April 21, 2021 «On approval of the form of the State Monitoring Program in the field of atmospheric air protection». (2021). Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/RE36165> (In Ukrainian).
 11. State monitoring program in the field of atmospheric air protection for 2021-2025 of the Lviv zone (2021, 8 December). Retrieved from <https://deplv.gov.ua/2021/12/08/zatverdzheno-programu-derzhavnogo-monitoryngu-u-galuzi-ohorony-atmosfernogo-povitrya-na-2021-2025-roky-lvivskoyi-zony/> (In Ukrainian).

The article was received by the editors 19.03.2023

The article is recommended for printing 16.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-02>

UDC: 910.3(477.74)(26.05)

G. M. SHYKHALEYEVA¹, PhD (Chemistry),

Leang Researcher of the Environmental Monitoring Department

e-mail: i.l.monitoring@ukr.net ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1475-4415>

Yu. Yu. YURCHENKO¹, PhD (Biology),

Senior Researcher of the Environmental Monitoring Department

e-mail: sscu@ukr.net, i.l.monitoring@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1132-052X>

G. M. KIRYUSHKINA¹,

Senior Researcher of the Environmental Monitoring Department

e-mail: i.l.monitoring@ukr.net ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4445-9879>

¹*Physical-Chemical Institute of the Environment and Human Protection of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine,
3, Preobrazhenska Str., Odesa, 65082, Ukraine*

THE HISTORY OF RESEARCH AND STATUS OF STUDY OF HYPERHALINE KUYALNYK ESTUARY GEOECOSYSTEM (UKRAINE, NORTH-WESTERN BLACK SEA)

The work is devoted to the comprehensive analysis of studies of one of the oldest estuaries of North-West Black Sea — the hyperhaline Kuyalnyk Estuary (an analogue of the Dead Sea in Ukraine). The interest for its study is determined by the richness of its mineral and balneological resources. The special attention attracts the valuable sulphide muds, which value, according to preliminary estimates, is about 7 billion dollars. Currently estuary is suffering from an ecological disaster: it is drying up, its morphometric characteristics are changing catastrophically (the water area surface and the depth are decreasing), the brine mineralization reaches 300 ‰ or more, and the salt from the exposed bottom of the estuary is transported to considerable distances, which threatens the salinization of agricultural lands and homesteads of coastal settlements. In such conditions the estuary loses the ability to restore its invaluable natural resources. Comprehensive information on the assessment of Kuyalnyk Estuary state and the state of its resources is extremely important for the development of measures for protection, restoration and preservation of this unique treasury of natural resources and the implementation of strategy for their rational use.

For the first time, we carried out a critical analysis and generalization of Kuyalnyk Estuary geoecosystem research results for the over a nearly 200-year period (1829-2020). Here are highlighted the main stages and reflected directions of research, presented their chronology. The research and publishing activities are also highlighted. The role and the work of societies members which were created at the Imperial Novorossiysk University (now the Odesa National University named after I.I. Mechnikov) in direction of research into the nature of Odesa estuaries, and in particular Kuyalnyk Estuary, its mineral and balneological resources, are discussed. The contribution of scientific organizations and scientists to development of research on the current stage were also analyzed. The main attention is paid to the fundamental complex research of the geo-ecosystem of Kuyalnyk Estuary. It was shown that the modern period is characterized by quite powerful system of data collection and intensive accumulation of knowledge about this unique reservoir. This made possible to generalize the material accumulated over these two centuries, which was reflected in the work started in 2018. "Encyclopedia of Kuyalnik estuary" (in 8 volumes) was published by the Physical-Chemical Institute of Environmental Protection of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine.

KEY WORDS: *geoecosystem of Kuyalnyk Estuary, history of research, state of research*

Як цитувати: Shikhaleeva G. M., Yurchenko Yu. Yu., Kiryushkina G. M. (2023). The history of research and status of study of hyperhaline Kuyalnyk Estuary geoecosystem (Ukraine, North-Western Black Sea). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 15 - 29. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-02>

In cites: Shikhaleeva, G. M., Yurchenko, Yu. Yu., & Kiryushkina, G. M. (2023). The history of research and status of study of hyperhaline Kuyalnyk Estuary geocosystem (Ukraine, North-Western Black Sea). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 15 - 29. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-02>

Introduction

The Kuyalnyk Estuary (KE) is a valuable natural object of national and international importance [1–6]. It is characterized by significant recreational and touristic, balneological (sulfide mud, the value of which is about 7.5 billion USD, healing brine, table mineral water) resources. KE is included in the list of the 14 most valuable estuarine complexes of the Black Sea region of Ukraine. The recreational capacity of KE and the balneological value of "Kuyalnyk" resort located in its southern end are increased by the close location of the Black Sea (about 2 km), a favorable microclimate, which is characterized by a combination of the influence of the sea and the estuary valley wide steppe territories. As a result air is saturated with sea salts and phytoncides of seaweed and vascular plants of the estuary valley, among which about 60% of the species have medicinal properties. In addition the recreational attraction increased by diversity of the landscapes, wonderful views, sandy beaches and the proximity of the world-wide known cultural center – the city of Odesa [3–6].

Its slopes of varying steepness are represented by relatively well-saved untransformed areas covered by fescue-feather grass steppe communities; and flat areas are covered by saline-meadow and salt-marsh vegetation [5, 7]. The decision to create the Kuyalnyk National Nature Park on its territory within the Emerald Network of Europe (Decree of the President of Ukraine No. 3/2022) is another recognition by the State of the uniqueness of this nature creation and the value of its natural resource potential.

Unfortunately, over the past two decades, the ecological condition of KE has deteriorated catastrophically: heavy metals are

present in all natural components of the geocosystem, the morphometric characteristics have changed (the length has shortened, the water level has decreased, the water area surface and the volume of water also have decreased). The brine mineralization in most cases exceeds 300 or more ‰ – is exists a real threat of irreversible loss of balneological resources and the resort "Kuyalnyk" itself, occurs salinization of agricultural lands and homesteads of coastal settlements, as well as desertification of ~ 30 km² of the Berezivskiy and Odesa districts territory of Odesa region due to climate change and excessive anthropogenic pressure on the water area and the catchment area of the estuary [8–18].

The replacement of natural communities species by synanthropic species resistant to anthropogenic influence is observed [3, 5, 19–21]. These processes are intensified by aridization of the climate, which leads to the threat of steppe coenoses destruction. Preservation, multiplication and rational use of the natural resources of this unique reservoir is an important task of the socio-economic development of Ukraine. The elaboration of a strategy for the rational use of its unique natural potential is impossible without detailed information about the natural components of the estuary geo-ecosystem.

This work is devoted to the generalization, systematization and analysis of publications concerned to comprehensive research of the KE geocosystem for almost two hundred years (1829-2022). Also, it is evaluated the publications dynamics and the development of priority research fields.

Materials and methods

The informational basis of this article were archival, reference and original materials and literary sources devoted to the study of the KE and natural complexes of the surrounding

territories for the period 1829-2022. In total, more than 650 literary sources were analyzed (theses of reports on various levels conferences, symposia and congresses, the articles in

scientific journals and newspapers, books, reference publications). The funds of the Odesa National Scientific Library, the scientific library of Odesa National University named after I.I. Mechnikov, the libraries of Odesa State Ecological University, the Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Physical-

Chemical Institute of Environmental and Human Protection of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, the databases of the National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky, as well as publications on the Internet were used in the preparation of this article.

Results

The Kuyalnyk Estuary, as one of the most old ones on the Northwest Black Sea has attracted attention from the ancient times. The first documented memories of KE can be found in Polish chronicles of the 16th century and Lithuanian chronicles, in particular in the documents of King Sigismund and Crimean Khan Sagyb-Girey [22]. Later references to the location of Odesa estuaries can be found in the works of the famous cartographer Joseph Billings entitled "Description of the Black Sea Coasts stretching from Akhtiar to Kuban' and from Akhtiar to Ovidiopolis" (1797). These data were used in the compilation of Budishchev's maps (1812).

The estuary is often mentioned in the works of Hepites (1839) and Boplan (1650) [23], but they are interesting mostly from a historical point of view. From the end of the 18th century. Khadzhibey and Kuyalnyk Estuaries attracted interest as useful harbors for sea vessels [22]. In 1817 the duty-free import and export of goods (porto-franco) was introduced in Odesa and implemented in 1819, and Odesa became the center of Black Sea trade, contributing to the settling and development of the lands of southern Ukraine. The finding in 1910 of an iron four-legged "Genoese" anchor of the 12th century in Kuyalnyk Estuary testified the parking of medieval sea vessels in the estuaries. In 1915 another iron anchor dating back to the 13th century was found 4 miles from the coast [24].

In fact, the first studies of the Odesa estuaries, mainly geographical investigations, date back to the first half of the 19th century [22]. Single hydrochemical observations of brine in KE were carried out in the twenties of the 19th century by Prof. I. Vitzman [25], and the estuary mules – in the middle century of century by prof. Chr. Gassagen [26].

The earliest mentions of the vegetation cover of the Northern Black Sea region are mainly in the works of travelers and ancient Greek scientists (end of the XVII century) reflected. The Black Sea steppes are generally in Boplan's work "Description of Ukraine" (1650) described [23].

A more detailed description of the flora of southern Ukraine and the Black Sea region is given in the works of P. Pallas (1771-1776) [98-99]. However, the greatest contribution to the study of the flora of the Black Sea region was made by L.S. Shesterikov, E.E. Lindeman, M.K. Sredinsky, V.I. Lipsky [5, 23].

From the second half of the XIX century by branch of the Novorossiia Society of Naturalists began detailed local studies of Odesa estuaries, that were concerning mainly the Kuyalnyk and Khadzhibey estuaries, which were located in their southern parts within the boundaries of Odesa city administration. The commission of the Novorossiia Society of Naturalists for the study of the Odesa estuaries included, in particular: O. A. Verigo, I. F. Sintsov, F. M. Kamenskiy, P. M. Buchynskiy, M. P. Rudskiy, E. M. Brusilovskiy. The publications of this period are covered in the reference edition [23]. The most valuable work on KE study in geodetic field was the work of A.S. Vasiliev [27], in which the author examined the bottom sediments by laying out a number of profiles, dividing them into separate varieties. According to the results of research of A.S. Vasiliev were compiled the topographic maps of KE, which formed the basis of all subsequent geographical studies of the estuary [28-29].

Physical-chemical and analytical studies of brine and sediment samples selected by profiles were carried out under the supervision of O.O. Lebedintsev and O.A. Verigo respectively [23, 30-31].

The geological and hydrogeological aspects of the study of the Odesa estuaries for that period were reflected in the works of M.P. Rudskoy (1895), I.F. Sintsov (1795, 1894), M.A. Sokolov, [1895–1896 [3, 5, 23], biological aspects – in the works of G.N. Buchinskiy (1885, 1895, 1897) and I.G. Shmakov (1867) [3–5, 23]. The results of petrographic studies of the silt of KE were highlighted by M.D. Sydorenko (1897) [23].

It should be noted that in that period the main interest was the issue of the maximum use of KE as a resource for salt extraction. The information on the salt industry is given in the works of A.O. Skalkovsky. (1849, 1850, 1853), I.O. Komarov (1858), P.O. Shostak (1865), V. Rozhkov (1859), L. Pershke (1880, 1882) [3, 23]. But already then there was a conscious interest in estuary as a balneological resource. This was reflected in the works of doctors and prominent scientists of the second half of the 19th century: B.Ya. Abrahamson (1850), O.O. Mochutkovsky (1883), F.I. Yahimovich (1889), E.S. Andreevsky (1892), O.A. Verigo (1880, 1887, 1896), D.K. Zabolotny (1892), E.M. Brusilovskiy (1894), A.A. Lebedintsev (1896) [3, 5, 23, 30]. It should be noted that all balneological researches were conducted strictly under the control of Odesa Balneological Society, the initiator of its foundation (1876) was bacteriologist Y.Y. Mochutkovskiy. He headed the society in the period 1877-1893 and played a significant role in studying the healing properties of Odesa estuaries and developing the scientific basis of “estuarine treatment” [23]. An active associate of Y.Y. Mochutkovsky and the most active member of the Odesa Balneological Society since its foundation was the outstanding chemist O.A. Verigo, who in 1877 began researching of brine and mud of Odesa estuaries, in particular the KE [23, 31]. Analyzing the composition of organic acids in mud, he came to the conclusion that it is the microorganisms exactly take an active part in the processes of mud formation. In further research he concluded that the mud formation process cannot occur without microorganisms. In fact, prof. O.A. Verigo was the first to develop a scientific technology for restoring of estuarine mud from its dry substrate with the help of microorgan-

isms and proved the biochemical nature of mud formation processes [31].

In general, during that period, the Odesa branch of the All-Russian Technical society (1866), whose members included industrialists, entrepreneurs, architects, artists, doctors, and scientists, played a huge role in the preparation of the fundamental base for research work on radiology, spa medicine, and balneology. At the meetings of the Technical society, together with the members of the Odesa Balneological society, the issues related to the expansion and reconstruction of Odesa resorts were discussed. Among them was the decision to build a mud hospital on KE.

The beginning of the XX century was marked by a number of major works on the geology and hydrogeology of Odesa estuaries [33–34]. From a practical point of view, the works on the study of groundwater in this area were interesting [35].

In 1901 M.D. Sydorenko conducted a petrographic study and lithological description of the surface sediments of the Kuyalnyk-Khadzhibey sand bar, and in 1925 G.I. Potapenko published a note on the lithological study of the Kuyalnyk sand bar [5, 23].

The vegetation of the region at the beginning of the 20th century studied I.K. Pachoskiy, G.I. Potapenko, G.I. Bilyk et al. [3, 5, 36].

Information on the study of herpetofauna in the vicinity of Odesa (including the Odesa estuaries) at the beginning of the XX century was most fully reflected in the works of O.O. Browner, B.E. (1906), Volyanskiy (1928) [23].

This period is also characterized by increased interest in the healing factors of the Odesa estuaries. In 1927, the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR created the “Lake Commission” for a comprehensive study of the Odesa estuaries and their treatment facilities.

In 1910, by the initiative of the outstanding geochemist and radiologist E.S. Burkser, the first radiological laboratory in Russia was created in Odesa. The work started in 1911. In laboratory were conducting investigations of radioactivity of water, silt, rocks and natural objects of Odesa estuaries, well waters and water from the Odesa aqueduct [3, 23].

In 1931, the Ukrainian Geological Exploration Trust organized a comprehensive research of KE estuary with the aim of studying the bottom sediments and counting the reserves of therapeutic mud for the expansion of the mud base of the Kuyalnyk resort. During the expedition, 1,036 boreholes with a depth of 2.5-25 m were laid at the bottom of KE. Employees of the Ukrainian Scientific Research Institute of Resort Therapy (today Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine) – E.S. Burkser, L.O. Rubenchyk, D.G. Goykherman, M.A. Zahorovskiy, V.V. Stepanov, M.V. Komar, P.I. Goncharov, D.I. Sklyaruk – took an active part in this work [3–4, 23].

It should be noted that the great merit in the comprehensive study of the Odesa estuaries of that period belongs to M.A. Zagorovskiy, who carried out an extremely large volume of research on physical geography, geology, hydrobiology, the history of the study of Kuyalnik and Khadzhibey estuaries, the rational use of their medicinal natural resources [23].

An important factor in the development of climate research was the creation of the hydrometeorological service in Ukraine (1921). From the 1930, hydrometeorological data began to be published in «Hydrological Annuals». The data on microclimatic characteristics of Odesa resorts for that period were reflected in the works of G.I. Tanfilyev, V.O. Pal'chinskiy, I.Ya. Tochidlovskiy, etc. [23].

Most of the publications of the first half of the XX century aimed at solving the practical problems regarding the rational use of balneological resources of the estuary, the impact of changes in its hydrological and hydrochemical regime on biocenoses and their productivity.

Because of the Second World War all researches during the war years were pause a little, but the post-war period (the second half of the XX century) was characterized by the intensification of research of the Odesa estuaries balneological resources, in particular Kuyalnyk Estuary [23].

The foundation of systematic studies of algae, as an important producer of the organic mass of estuary peloids was laid by I.I.

Pogrebnyak. By results of long-term research he (1931-1962) evaluated the dynamics of the structural organization of algae communities under conditions of different salinity of water in estuary [4]. Algological studies (1983-1989), namely the diatom algae, continued by students of I.I. Pogrebnyak: M.O. Guslyakov and V.P. Gerasimyuk [4, 37].

In connection with the latest anthropic transformations, the design of water management complexes, and the development of nature protection research, research on the vegetation cover of the Kuyalnyk Estuary valley was being intensified. The fundamental works of L.V. Klimentov, E.M. Lavrenko, articles of L.A. Shaposhnikova, V.S. Tkachenko, O.V. Kostilyov and others appeared in 1960-1980 [3, 5, 36].

The study of resource potential of invertebrates was started by Yu.M. Makarov, which was reflected in his joint work with V.I. Lisovskaya publication «Artemia of Kuyalnik estuary as a fodder object for the development of maritime industry in the northwestern part of the Black Sea» [38]. That was the first work in which this very important and valuable biological resource began to be considered as an independent object of study and the most important biological resource of KE.

The hidrography and topography researches after works of A.S. Vasil'ev (1898) were continued by Black Sea Geological Survey Station (1961-1963), and the last survey was carried out in 1973-1975 by the Ukrainian Scientific and Research Institute of Resort Therapy. At that time the experts of the Odesa Hydrogeological Regime and Operation Station and scientists of the Odesa Hydrometeorological Institute, Odesa (today Odesa State Environmental University), State University named after I.I. Mechnikov and the Institute of Hydrobiology National Academy of Sciences of Ukraine were actively engaged in issues of the water regime. The results of these works are presented in the works of: E.D. Hopchenko et al. (1966), M. Sh. Rosengurt (1965), M. Sh. Rosengurt et al. (1967), G.I. Shwebs et al. (1996), I.F. Burlai, M.A. Panchenko (1965) and others [23].

As for hydrochemical research, it should be noted that regular monitoring of changes in the main salt composition of brine in KE was

started by the hydrogeological operational station in 1953 and concerned only the southern part of the estuary, mainly the area where the Kuyalnyk resort and the Korsuntsy salt mines were located. Since 1965 was added the polygon in the northern part of the estuary near village Kovalivka. In the period of 1973-1974 the mineralization of the estuary brine was studied during a detailed exploration and calculation of the silt stock carried out by the Ukrainian Scientific and Research Institute of Resort Therapy.

In that period, the generalization of long-term results already began, which was reflected in numerous monographs [39–44].

The first two decades of the XXI century. are characterized by the conduct of systematic complex synchronous interdisciplinary researches initiated by the Physical-Chemical Institute of the Environment and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine in connection with the catastrophic ecological state of KE geoecosystem, the need to implement measures aimed at restoring its water-salt regime, reproducing the biodiversity of the estuary valley, as well as developing a strategy for rational use mineral, balneological and biological resources in the interests of the socio-economic development of the city of Odesa and the Odesa region.

In order to assess the dynamics of long-term changes in the morphometric characteristics of KE, in 2003-2005, the specialists of the Institute measured the depths of the estuary along axial and 13 transverse profiles, the position of which was close as possible to the profiles made by A.S. Vasilyev in 1895-1899. The survey of the water cut was made every 20-100 m, depending on the tortuousness of the coastline. Clarification of the dynamics of changes in the coastline of the estuary was carried out in 2009-2010 [13].

Summarization of data on the dynamics of changes in morphometric characteristics of the estuary synchronously performed hydrochemical studies of the estuary brine and its main watercourses, geochemical and biochemical studies of bottom sediments of the estuary and its watercourses, hydrobiological studies of the estuary, its watercourses and different types of water bodies of the

catchment basin, and geobotanical studies of the coast and coastal-slope areas reflected in a number of joint fundamental works of employees of the Physical-Chemical Institute of the Environmental and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine, M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine, Odesa I.I. Mechnikov National University [7–21, 36–37, 45–51].

The logical conclusion of the generalization and analysis of multi-year (2000-2018) systemic synchronous original studies of the natural components of KE geoecosystem and the literary data for the entire almost 200-year period was the publication of the Encyclopedia of Kuyalnik estuary (in 8 volumes), initiated by the Physical-Chemical Institute of the Environmental and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine which for the first time systematized the results of complex multi-year monitoring of natural components in the basin of KE. Volume 1 "Vascular plants of the coast" was published in 2018, in 2020 published volume 2 "Algae", in 2021 – the volumes 3 "Vegetation" and 4 "Medicinal plants" [3–6].

The first volume of the Encyclopedia contains a synopsis that includes information about the area, features of flowering and fruiting, morphological features and possibilities of economic use, the results of a comprehensive floristic analysis of 474 species of vascular plants that grow on the coast of KE, together with 26 species included in the protection lists of different levels and catalogs of international conventions; their geographical and ecological-phytocenotic analysis and recommendations for protection, reproduction and restoration. The second volume illustrates the results of systematic multi-year (2001-2018) studies of the diversity of algae in estuary basin, water area and coast, the dynamics of changes in the species composition, taxonomic structure, the dependence of species tolerance limits on modern abiotic factors against the background of periodic salinization of the reservoir over the 150-year study period. The results of the analysis of the algae distribution features in the estuary basin are presented. Also there were reflected the specifics of the species composition of these organisms, the characteristic coenotic and typological complexes

were illustrated, the long-term and seasonal successions of their species diversity, the adaptation possibilities of individual species and leading algal groups under the conditions of dynamic changes in the hydrological and hydrochemical regime of the estuary were evaluated. A consolidated list of algae of KE basin and the list of new and regionally rare taxa of its basin were created. 153 species were illustrated with 515 color and black-and-white photographs. The third volume of the Encyclopedia contains the general information about the vegetation of the valley of KE and the surrounding areas. For the first time, using modern information technologies, a holistic view of the vegetation cover of the mega-geosystem of KE was presented, a vegetation classification scheme based on ecological and floristic criteria was also presented, the results of a structural and comparative analysis of the coenoflora of higher classification units were presented too, ecological and coenotic profiles of the valley and geobotanical maps of its key territories were given. Considered issues of vegetation dynamics — its seasonal, fluctuating and multi-year changes and the forecast of probable changes that will occur under the influence of natural and recent anthropogenic factors. Zoological classification of vegetation was proposed and issues of its protection and ways of practical implementation were discussed. The fourth volume is devoted to medicinal wild plants, distributed in the valley of Kuyalnik estuary. A description of 328 species of medicinal plants found in the water area of the hyperhaline KE and its adjacent territories was given, their taxonomic affiliation, scientific and popular names were indicated, and the botanical characteristics were described. Special attention focused on the chemical composition,

pharmacological properties and medical use of these plants, species that have poisonous properties and require dosed use were noted. A separate section is dedicated to algae as a special group of medicinal plants that is actively being introduced into modern medical practice. Spatial distribution of common, highly poisonous and rare species of medicinal plants is presented on the maps.

The above-mentioned volumes of the Encyclopedia are illustrated with color photographs, mostly original.

During this period, geological and hydrological studies of KE were intensified by scientists of the Odesa National University named after I.I. Mechnikov, which was reflected in the articles of E.A. Cherkez, A.V. Medinets, S.V. Svetlychniy et al. [52–54]; hydrological and hydrometeorological studies in the basin of KE provided by Odesa State Environmental University scientists, which are reflected in collective monographs: in 2016, the collective monograph «Water regime and hydroecological characteristics of the Kuyalnitskyi Liman» was published [55], in 2021 – «Variability of the hydrological characteristics of the lagoons of North-Western Black Sea region under conditions of regulated water exchange with the sea (as applied to the Tylihulskyi Lyman and the Kuyalnitskyi Lyman lagoons)» [56]. Scientists of the Institute of Market Problems and Economic-Ecological Researches of the NAS of Ukraine and Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine in 2019 published a collective monograph «Kuyalnik estuary: realities and prospects of recreational use» [57].

Conclusions

Summarizing the available materials, it should be noted that references to KE appear as early as the XVII-XVIII centuries and mainly reflect its location, have navigational and historical interest.

In the first half of the XIX century, KE was considered to a greater extent as an object of supplying salt to Europe, the publications of this period are a few.

In the second half of the XIX century the accumulation of information, mainly of botanical (floristic) orientation and balneological significance, publications devoted to the hydrology and hydrochemistry of the estuary, the chemical properties of brine and sulphide muds, are being discussed, and the issues of the salt industry are being discussed. The publications of this period are

more numerous (there are about 60 literary sources).

Most of the publications of the first half of the XX century aimed at solving practical problems regarding the rational use of natural resources of the estuary, the impact of changes in its hydrological and hydrochemical regime on biocenoses and their productivity. The consequences of the involvement of scientists from almost all areas of Earth and life sciences in the study of hyperhaline reservoirs are reflected in ~ 100 publications. Reference materials are periodically printed as separate brochures.

In the post-war years (the second half of the XX century), studies of the KE were gradually resumed, in particular, studies of its hydrochemistry, physico-chemical and microbiological properties of peloids continued, and the generalization of the results of studies of Odesa estuaries began. That was reflected in numerous monographs devoted to the study of Odesa estuaries [39–44].

The first two decades of the XXI century are characterized by large-scale complex synchronous studies of the aquatic and terrestrial ecosystem of the Kuyalnyk Estuary, which were initiated by the Physico-Chemical Institute of Environmental and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine because of the catastrophic ecological state of the estuary geo-ecosystem, the need to implement measures aimed at restoring its water-salt regime, reproducing the biodiversity of the estuary valley, as well as developing a strategy of rational use of mineral, balneological and biological resources in the interests of the socio-economic development of the city of Odesa and the Odesa region.

Scientists of the Odesa National University named after I.I. Mechnikov and Odesa State Ecological University during this period

paid serious attention to the issue of restoring the water regime of KE.

As a result, in two decades of the XXI century about 400 works were published, including monographs entirely devoted to KE [52–57].

Based on the results of summarizing the original comprehensive research for 2000–2018 and literary data for the almost 200-year period of research of Kuyalnyk Estuary the Physico-Chemical Institute of Environmental and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine launched the publication of the “Encyclopedia of Kuyalnyk Estuary” (in 8 volumes): in 2018, volume 1 “Vascular plants of the coast” was published, in 2020 – volume 2 “Algae”, in 2021 volume 3 “Vegetation” and volume 4 “Medicinal plants” also issued [3–6].

The main goal of this publication is the purposeful processing of comprehensive information that will contribute to the solution of many resource-economic, economic and environmental problems for the harmonious development and improvement of the investment attractiveness of Odesa region. The information presented in the Encyclopedia represents the scientific foundation of the strategy for the preservation, restoration and rational use of the natural resources of KE and the territory and its coasts (~70 km²), surrounding the area between estuaries (~165 km²) and the Khadzhibey-Kuyalnyk barrier beach (~28 km²), the prospects for their large-scale involvement in economic circulation in the interests of social and economic development of Odesa town and Odesa region. In addition, this publication is led to preserve the scientific knowledge gained over the centuries for future research and activities, due to the global nature of ecosystems functioning in problem regions, to which the Black Sea region belongs.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this manuscript. In addition, the ethical issues, including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and/or falsification, double publication and/or submission, and redundancies have been completely observed by the authors.

References

1. Vaysfeld, D.N., Gorchakova G.A., Serebrina L.A. (1991). Natural healing factors of Odesa resort region. Kiev: "Health". (In Russian).
2. On the declaration of the natural territories of the Kuyalnyk estuary of the Odesa region as a resort of state importance: Law of Ukraine dated December 5, 2018 No. 2637-VIII (2019). Information of the Verkhovna Rada. 410, 55. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2637%19/print/> (In Ukrainian).
3. Vasil'eva, T.V., Ennan, A. A.-A., & Shykhaleyeva, G.M. (2018). Vascular plants of the the Kuyalnik estuary. In Ennan, A. A.-A. & Tsarenko O.M. (Eds.). Encyclopedia of the Kuyalnik estuary: in 8 vol. (Vol. 1). Kyiv: Osvita Ukraine. (In Ukrainian).
4. Gerasimyuk, V.P, Ennan, A. A.-A., & Shykhaleyeva, G.M. (2020). Algae. In P.M. Tsarenko, & A. A.-A. Ennan (Eds.). Encyclopedia of Kuyalnik estuary: in 8 vol. (Vol. 2). Odesa: Astroprint. (In Ukrainian).
5. Dubyna, D.V., Ennan, A. A.-A., Vakarenko, L.P., Dzuba, T.P., Shykhaleyeva, G.M. & Kiryushkina, G.M. (2021). Vegetation. In Dubyna, D.V. & Ennan, A. A.-A. (Eds.). Encyclopedia of the Kuyalnik estuary: in 8 vol. (Vol. 3). Kyiv: Osvita Ukraine. (In Ukrainian).
6. Shykhaleyeva, G.M., Ennan, A.A.-A., Tsarenko, P.M., Tsarenko, O.M. & Kiryushkina, G.M. (2021). Medicinal plants. In Tsarenko, P.M. & Ennan, A. A.-A. (Eds.). Encyclopedia of the Kuyalnik estuary: in 8 volumes, (Vol. 4). Kyiv: Osvita Ukraine. (In Ukrainian).
7. Dubyna, D.V., Ennan, A.A.-A., Dziuba, T.P., Vakarenko, L.P., Shykhaleyeva G.N. & Kiryushkina, H.M. (2022). Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odesa District). *Diversity*. 14, 1115. <https://doi.org/10.3390/d14121115>
8. Shikhaleeva, G.N., Ennan A.A., Babinets S.K. & Chursina O.D. (2009). Migration and accumulation plumbum in water ecosystem of Kuyalnik estuary. *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 14 (11), 79–88. <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2009.11.67122> (In Russian).
9. Ennan A.A., Shikhaleeva, G.N., Sizo A.V., & Babinets S.K. (2010). Assessment of Kuyalnik estuary water quality by the complex of hydrochemical indicators using geographic information systems. *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 15 (13), 61–71. <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2010.13.38125> (In Russian).
10. Shikhaleeva, G.N., Ennan A.A., Gerasim'yuk V.P., Chursina O.D., Babinets S.K., & Kiryushkina G.M. (2010). Bioindication of heavy metals by macroalgae of Kuyalnik estuary (North-Western Black Sea Coast). *Sci. notes of Ternopol' National pedagogical Univ. Series Biology*. 3 (44), 317–320. (In Ukrainian).
11. Shykhaleyeva, G.N., Ennan, A.A., Shikhaleyev, I.I., & Chursina, O.D. & (2011). Dynamics of Changes in Hydrochemical characteristics of Kuyalnik Estuary Surface Waters. *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 16 (13), 54–61. <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2011.13.38099> (In Russian).
12. Shykhaleyeva, G.N., Ennan, A.A., Chursina, O.D., Shykhaleyev, I.I., & Kuzmina, I.S. (2012). Investigation of the bottom sediments pollution level by heavy metals in Kuyalnik estuary. *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 17(4(44)), 70–77. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.4\(44\).31892](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.4(44).31892) (In Russian).
13. Ennan, A.A., Shykhaleyeva, G.N., Adobovskiy, V.V., Gerasimyuk, V.P., Shykhaleyev, I.I. & Kiryushkina, A.N. (2012). Degradation of Kuyalnik estuary ecosystem and ways of its restoration. *Prichornomorskij ekologichnij bulletin*. Odesa. 1 (43), 75–85. (In Russian).
14. Ennan, A.A. Shykhaleyeva, G.N., Shykhaleyev, I.I., Chursina, O.D., Kiryushkina, A.N. (2012). Ecological and geochemical assessment of the ecosystem of Kuyalnik estuary. *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 17 (3(43)), 62–71. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.3\(43\).31946](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.3(43).31946) (In Russian).
15. Ennan, A.A., Shykhaleyev, I.I., Shykhaleyeva, G.N., Adobovskiy, V.V., & Kiryushkina A.N. (2014). Effects of Kuyalnik estuary degradation (Northwest Black Sea region, Ukraine). *Herald of Odesa National University. Chemistry*. 19 (3(51)), 60–69. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40404](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40404) (In Russian).
16. Bilanchin, Ya.M., Buyanovskiy, A.O., Tortik, M.Y., Zhantalay, P.I., Adobovska, M.V., Kiryushkina, A.N. & Shikhaleyeva, G.M. (2016). The soil and vegetative component of the natural environment in the problem of the Kuyalnyk liman desiccation. *Herald of Odesa National University. Series Geography & Geology*. 21(1(28)), 56–77. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1\(28\).90331](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1(28).90331) (In Ukrainian).
17. Shikhaleyeva, G.M., Ennan, A.A., Chursina, O.D. Shikhaleyev, I.I. & Yurchenko Yu.Yu. (2017). Ecological and geochemical assesement of Kuyalnik Estuary. *Біологія та валеологія: зб. наук. пр. Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди*. Харків. 19, 199–207. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1109597>

18. Ennan, A.A., Dubyna, D.V., Tsarenko, P.M., Vakarenko, L.P., Dziuba, T.P. & Shykhaleyeva, G.M. (2018). How to restore the ecosystem of Kuyalnyi estuary? *Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 6, 93–109. <https://doi.org/10.15407/visn2018.06.093> (In Ukrainian).
19. Dubyna, D.V., Ennan, A.A., Dziuba, T.P., Vakarenko, L.P., Kiryushkina, G.M., & Shykhaleyeva G.M. (2019). Dynamics of vegetation in the Kuyalnyi estuary valley (Odesa region). Part 1. Natural succession of vegetation. *Chornomors'ki bot. z.* 15(3), 251–266. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2019-15-3-4> (In Ukrainian).
20. Dubyna D.V., Ennan A.A., Vakarenko L.P., Dziuba T.P., Kiryushkina G.M. & Shykhaleyeva G.M. (2019). Dynamics of vegetation of the Kuyalnyi estuary valley (Odesa region). Part 2. The anthropic successions of vegetation. *Chornomors'k. bot. z.* 15(4), 316–333. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2019-15-4-1> (In Ukrainian).
21. Dubyna D.V., Ennan A.A., Dziuba T.P., Vakarenko L.P., Kiryushkina G.M. & Shykhaleyeva G.M. (2018). Syntaxonomy of ruderal vegetation of the Kuyalnyi Liman. *Chornomors'k. bot. z.* 14(3): 240–268. <https://doi.org/10.14255/2308-9628/18.143/4> (In Ukrainian).
22. Yemeliyanov, V.O., Kulaha, T.B. (2020). History and prospects of research of the Black Sea estuaries. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. 16 (3), 64–75. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.064> (In Ukrainian).
23. Ennan, A. A.-A. (Ed.). (2021). Encyclopedia of Kuyalnik estuary: in 8 volumes. V.1. Bibliographic index of literature (1829-2020). (comp. G.M. Shykhaleyeva, YU.YU. Yurchenko, H.M. Kiryushkina). Kyiv: "Osvita Ukraine". (In Ukrainian).
24. Gizer S.M. (2015). Archaeological study of medieval nomads of the North-Western Black Sea Region. In Bukach, V. M. (Ed.). Life and memory: a scientific collection dedicated to the memory of Vyacheslav Ivanovich Shamko. Odesa: Homeless Publishing, 2, 56–74. (In Ukrainian).
25. Vitzman, I. (1835). About the benefits of sea, silt and Liman baths in the vicinity of Odesa. Odesa. (In Russian).
26. Gasgaagen, Ch. (1852). Results of a chemical study of sea, lake and liman waters and muds of the Novorossiysk Territory. Odesa: Frantsov and Kitch printing house. (In Russian).
27. Vasil'yev, A.S. (1894). Leveling connection of sea levels and estuaries Kuyalnitsky and Khadzhibey. *Notes of the Novorossiysk Society of Naturalists*. 19 (1), 251–265. (In Russian).
28. Vasil'yev, A.S. (1898). The results of Kuyalnik estuary studies in terms of topography. *Activity reports of Odesa balneological society*. Odesa, 5, 115–134. (In Russian).
29. Vasil'yev, A.S. (1898). Researches of Kuyalnik estuary: Topography part. *Notes of the Novorossiysk Society of Naturalists*. 22 (2), 1–300. (In Russian).
30. Lebedintsev, A.A., Krshishanovsky, V.G. (1896). Physical and chemical researches of Odesa limans. *Notes of the Novorossiysk Society of Naturalists*. 2 (2), 33–85. (In Russian).
31. Kuznetsov, V. Í. (2010). A.A. Verigo scientific activity in the field of microbiology in the university of Odesa (Novorossiysk university) (1837–1905). *Microbiology & Biotechnology*. 3, 95–104. (In Ukrainian).
32. Alekseev, A.K. (1910). Geological research in the B. Kuyalnik valley. *Notes of the Novorossiysk Society of Naturalists*. 36 (1), 275–285. (In Russian).
33. Krokos, V.I. (1924). Quaternary deposits of Odesa district. *Ukrainian geological news*, (2), 1-10. (In Ukrainian).
34. Krokos, V.I. (1924). A preliminary report on geological studies of the Kuyalnik and Khadzhibey estuaries in 1920-1921. *Journal of scientific research departments in Odesa*. 1 (5), 56-61. (In Russian).
35. Gaponov, E.A. (1928). About artesian aquifers in the south of Ukraine. *Notes of the Novorossiysk Society of Naturalists*. Odesa. 44. (In Russian).
36. Dubyna, D.V. Ennan, A.A., Vakarenko, L.P., Dziuba, T.P., Kiryushkina, G.M., & Shykhaleyeva, G.M. (2019). History of studies of the vegetation cover of the Kuyalnyi estuary valley (Odesa region). Proceedings of the scientific and technical conf.: *Biodiversity of the steppe zone of Ukraine: study, conservation, reproduction (on the occasion of the 10th anniversary of the creation of the Meotida National Nature Park)*: (Urzuf village, October 16-18, 2019). Slovyansk: Publishing House "Drukarsky dvir". 13, 202–209. (In Ukrainian).
37. Ennan, A.A.-A., Shikhaleyeva, G.M., Tsarenko, P.M., Kiryushkina, H.M., & Gerasimiyuk, V.P. (2022). Algoristic studies of the Kuyalnyi estuary basin reservoirs (North-Western Black Sea Coast, Ukraine). *Algoristica*. 32(2), 105–132. <https://doi.org/10.15407/alg32.02.105> (In Ukrainian).
38. Makarov, Yu.N., Lisovskaya, V.I. (1978). Artemia of Kuyalnik estuary as a fodder object for the development of marine economy in the northwestern part of the Black Sea. Proceedings of the 2nd All-Union. conf. on shelf biology. Kiev. 2, 72–73. (In Russian).
39. Burkser, E.S. (1953). Salt lakes and estuaries. Kiev: Publishing house of Ukrainian Academy of science. (In Russian).

40. Rozengurt, M.Sh. (1974). Hydrology and prospects for the reconstruction of natural resources of the Odesa estuaries. Kiev: "Science thought". (In Russian).
41. Garkusha, N.A., Gozhik, P.F. (Eds.). (1974). Geology of shelf of Ukrainian SSR. Estuaries. Kiev: "Science thought". (In Russian).
42. Shvebs, G.I., (Ed.). (1988) Liman-estuarine complexes of the Black Sea region: geographical bases of economic development. St. Petersburg: Science. (In Russian).
43. Mironov, A.G. (Ed.). (1990). Estuaries of the Northern Black Sea. Institute of Hydrobiology. Kiev: "Scientific thought". (In Russian).
44. Timchenko, V.M. (1990). Ecological and hydrological studies of water bodies of the northwestern Black Sea region. Kiev: "Scientific thought". (In Russian).
45. Tsarenko, P.M., Ennan, A.A., Shikhaleyeva, G.N., Barinova, S.S., Gerasimiuk, & V.P., Ryzhko V.E. (2016). Cyanoprokaryota of the Kuyalnik Estuary Ecosystem (Ukraine). *International Journal on Algae*. 18 (4), 337-352. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i4.40>
46. Shikhaleyeva, G.N., Gerasimiuk, V.P., Kiryushkina, A.N., Ennan, A.A., Tsarenko, P.M. (2017). Algofloristic studies of the Kuyalnik estuary and temporary water bodies of its vicinities (Northwestern black sea coast, Ukraine). *International Journal on Algae*. 19 (3), 195–214. <https://doi.org/10.15407/alg27.03.277>
47. Gerasimiuk, V.P., Shikhaleyeva, G.N., Ennan, A.A., Tsarenko, P.M., & Kiryushkina, A.N. (2018). Algae of ponds of the Kuyalnik estuary coast (North-Western Black Sea, Ukraine). *International Journal on Algae*. 20 (4), 393–408. <https://doi.org/10.15407/alg28.04.484>
48. Shikhaleeva, G.M., Ennan, A.A.-A., Tsarenko, P.M., & Kiryushkina, H.M. (2023). Analysis of the influence of abiotic factors on the development of microalgae in the hyperhaline Kuyalnyk estuary (North-Western Black Sea coast, Ukraine). *Gidrobiol. žurnal*. 59(3), 3-15. (In Ukrainian).
49. Ennan, A.A.-A., Shikhaleeva, G.M., Tsarenko, P.M., & Kiryushkina, H.M. (2022). Algoflora of the Kuyalnik Estuary: current state and long-term dynamics. *Algologia*. 32(3), 224–250. <https://doi.org/10.15407/alg32.03.224> (In Ukrainian).
50. Ennan, A.A.-A., Shikhaleeva, G.M., Tsarenko, P.M., Kiryushkina, H.M., & Gerasimyuk V.P. (2022). Seasonal dynamics of algoflora development of the hyperhaline Kuyalnyk Estuary (North-Western Black Sea Coast, Ukraine). *Algologia*. 32(4), 271–283. <https://doi.org/10.15407/alg32.04.271> (In Ukrainian).
51. Shikhaleyeva, G. M., Ennan, A. A.-A., Tsarenko, P. M., & Kiryushkina, G. M. (2023). Taxonomic Diversity and Ecological Characteristics of *Chlorophyta* and *Charophyta* in the Water Bodies of the Kuyalnyk Estuary (Ukraine, the Black Sea Northwestern Coast). *Hydrob. Journal*. 59(1), 25-40. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v59.i1.30>
52. Cherkez, E. A., Kadurin, V. N., Chepizhko, A. V., Medinets, S. V., & Svetlichnyi, S. V. (2015). Peculiarities of the mineralogy of the bottom sediments of Kuyalnik estuary after replenishment with sea water. *Natural resource potential of the Kuyalnik and Khadzhibey estuaries, the inter-estuary territory: current state, development prospects: materials Vseukr. science and practice conf.* (Odesa, Nov 18-20, 2015). Odesa, 124–128. (In Russian).
53. Cherkez, E.A., Kadurin, V.N., & Svetlichniy, S.V. (2017). Mineral parageneses of brine and bottom sediments of Kuyalnik estuary and their genetic classification. *Herald of Odesa National University. Series Geography & Geology*. 22 (1), 198–211. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2017_22_1_18 (In Russian).
54. Cherkez, E.A., Medinets, V.I., Tyuremina, V.G, & Pravedniy, V.M. (2017). Assessment of volume of the Kuyalnyk estuary subaqueous feeding with groundwater. *Man and environment. Issues of neocology*. 3–4 (28), 57–65. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2017_3-4_8 (In Ukrainian).
55. Water regime and hydroecological characteristics of Kuyalnitskyi Liman (2016): monograph / Eds. N.S. Loboda, E.D. Gopchenko. Odesa State Environmental University. Odesa: TES. (In Ukrainian).
56. Kushnir, D.V., Tuchkovenko, Yu.S. (2021). Variability of the hydrological characteristics of the lagoons of North-Western Black Sea region under conditions of regulated water exchange with the sea (as applied to the Tylihulskyi Lyman and the Kuyalnytskyi Lyman lagoons): monograph. Odesa: Odesa State Environmental University. (In Ukrainian).
57. Kuyalnik estuary: realities and prospects of recreational use: monography. B.V., Burkinskiy, K.D. ,Babov, O.M., Nikipelova et al. (2019). Institute of Market Problems and Econ.-Ec. research National Academy of Sciences of Ukraine, Research institution "UkrNRI of med. rehabilitation and resort medicine of the Ministry of Health of Ukraine". Odesa. (In Ukrainian).

The article was received by the editors 11.05.2023

The article is recommended for printing 15.06.2023

Г. М. ШИХАЛЄЄВА¹, канд. хім. наук,
провідний науковий співробітник відділу моніторингу навколишнього середовища
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1475-4415>

Ю. Ю. ЮРЧЕНКО¹, канд. біол. наук,
старший науковий співробітник відділу моніторингу навколишнього середовища
e-mail: sscu@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1132-052X>

Г.М. КІРЮШКІНА¹,
старший науковий співробітник відділу моніторингу навколишнього середовища
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4445-9879>

¹Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України,
вул. Преображенська, 3, м. Одеса 65082, Україна

ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА СТАН ВИВЧЕННЯ ГЕОЕКОСИСТЕМИ ГІПЕРГАЛІННОГО КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ (УКРАЇНА, ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я)

Надано всебічний аналіз досліджень одного з найстаріших лиманів Північно-Західного Причорномор'я – гіпергалінного Куяльницького лиману. Інтерес до його вивчення визначається багатством його мінеральних і бальнеологічних ресурсів, серед яких особливе місце посідають цінні сульфідні мули, вартість яких складає близько 7 млрд. дол. США. В даний час лиман висихає, катастрофічно зменшуються його морфометричні характеристики, мінералізація ропи сягає відмітки 300 проміле і більше, а сіль з оголеного дна лиману розноситься на великі відстані, що загрожує засоленням сільгоспугідь та присадибних ділянок прибережних населених пунктів. В таких умовах лиман втрачає здатність до відновлення своїх безцінних природних ресурсів. Всебічна інформація щодо оцінки стану Куяльницького лиману та його ресурсів вкрай важлива для розробки заходів щодо охорони, відновлення і збереження цієї унікальної скарбниці природних ресурсів і стратегії їх раціонального використання.

Вперше проведено критичний аналіз та узагальнення результатів досліджень геоєкосистеми Куяльницького лиману за майже 200-літній період (1829-2020 рр.), виділені основні етапи та відображені напрямки досліджень, представлена їх хронологія. Висвітлено дослідницьку, видавничу діяльність та розглянуто роль і роботу членів товариств, які були створені при Імператорському Новоросійському університеті (нині Одеський національний університет імені І.І. Мечникова), у напрямку досліджень природи одеських лиманів і зокрема Куяльницького лиману, його мінеральних і бальнеологічних ресурсів. Проаналізовано внесок наукових організацій та вчених у розвиток досліджень сучасного стану лиману. Головна увага приділена фундаментальним комплексним дослідженням геоєкосистеми Куяльницького лиману. Показано, що сучасний період характеризується доволі потужною системою збору та накопиченням знань про цю унікальну водойму. Це дало можливість провести узагальнення накопиченого за ці два століття матеріалу, що знайшло відображення в зачаткованому в 2018р. Фізико-хімічним інститутом захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України виданні «Енциклопедія Куяльницького лиману» (у 8 томах).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: геоєкосистема Куяльницького лиману, історія досліджень, стан вивченості

Список використаної літератури

1. Вайсфельд Д. Н., Горчакова Г.А., Серебряна Л.А. Природные лечебные факторы Одесского курортного региона. Киев: Здоровье, 1991. 141 с.
2. Про оголошення природних територій Куяльницького лиману Одеської області курортом державного значення: Закон України від 05.12.2018 № 2637-VIII. *Відомості Верховної Ради*. 2019. №410. С. 55. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2637%19/print/>
3. Енциклопедія Куяльницького лиману: у 8 томах / за ред. А. А.-А. Еннана. Том 1. Васильєва Т. В., Еннан А. А.-А., Шихалєєва Г. М. Судинні рослини узбережжя / за ред. А. А.-А. Еннана, О. М. Царенко. Київ: Освіта України, 2018. 336 с.
4. Енциклопедія Куяльницького лиману: у 8 томах / за ред. А. А.-А. Еннана. Том 2. Герасимюк В. П., Еннан А. А.-А., Шихалєєва Г. М. Водорості / за ред. П. М. Царенко, А. А.-А. Еннана. Одеса: Астропринт, 2020. 438 с.
5. Енциклопедія Куяльницького лиману: у 8 томах / за ред. А. А.-А. Еннана. Том 3. Дубина Д.В., Еннан А. А.-А., Вакарєнко Л.П., Дзюба Т.П., Шихалєєва Г. М., Кірюшкіна Г.М. Рослинність / за ред. Д.В. Дубини, А. А.-А. Еннана. Київ: Освіта України, 2021. 608 с.

6. Енциклопедія Куяльницького лиману: у 8 томах / за ред. А. А.-А. Еннана. Том 4. Шихалеева Г. М., Еннан А.А.-А., Царенко П.М., Царенко О.М., Кірюшкіна Г.М. Лікарські рослини / за ред. П.М. Царенко, А. А.-А. Еннана. Київ: Освіта України, 2021. 400 с.
7. Dubyna, D.V., Ennan, A.A.-A.; Dziuba T.P.; Vakarenko, L.P.; Shykhaleyeva G.N.; Kiryushkina, H.M. Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odessa District). *Diversity*. 2022. 14, 1115. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14121115>
8. Шихалеева Г.Н., Эннан А.А., Бабинец С.К., Чурсина О.Д. Миграция и аккумуляция свинца в водной экосистеме Куяльницкого лимана. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2009. Т. 14. № 11. С. 81–91. DOI: <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2009.11.67122>
9. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Сизо А.В., Бабинец С.К. Оценка качества воды Куяльницкого лимана по комплексу гидрохимических показателей с применением геоинформационных систем. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2010. Т. 15. № 13. С. 61–71. DOI: <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2010.13.38125>
10. Шихалеева Г.М., Эннан А.А., Герасим'юк В.П., Чурсина О.Д., Бабинец С.К., Кірюшкіна Г.М. Біоіндикація важких металів макроводоростями Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2010. № 3 (44). С. 317–320.
11. Шихалеева Г.Н., Эннан А.А., Чурсина О.Д., Шихалеев И.И. Динамика гидрохимических показателей состояния поверхностных вод бассейна Куяльницкого лимана. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2011. Т. 16. № 13. С. 51-64. DOI: <https://doi.org/10.18524/2304-0947.2011.13.38099>
12. Шихалеева Г.Н., Эннан А.А., Чурсина О.Д., Шихалеев И.И., Кузьмина И.С. Исследование уровня загрязнения тяжелыми металлами донных отложений Куяльницкого лимана. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2012. Т. 17. № 4(44). С.70–77. DOI: [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.4\(44\).31892](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.4(44).31892)
13. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовский В.В., Герасим'юк В.П., Шихалеев И.И., Кірюшкіна А.Н. Дegradация водной экосистемы Куяльницкого лимана и пути ее восстановления. *Причорноморський екологічний бюлетень*. Одеса, 2012. Вип. 1. № 43. С. 75–85.
14. Эннан А.А. Шихалеева Г.Н., Шихалеев И.И., Чурсина О.Д., Кірюшкіна А.Н. Эколого-геохимическая оценка экосистемы Куяльницкого лимана. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2012. Т. 17. № 3(43). С. 62–71. DOI: [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.3\(43\).31946](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2012.3(43).31946)
15. Эннан А.А., Шихалеев И.И., Шихалеева Г.Н., Адобовский В.В., Кірюшкіна А.Н. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье, Украина). *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Хімія*. 2014. Т. 19. № 3(51). С. 60–69. DOI: [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40404](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40404)
16. Біланчин Я.М., Буяновський А.О., Тортик М.Й., Жангалай П.І., Адобовська М.В., Кірюшкіна Г.М., Шихалеева Г.М. Грунтово-рослинний компонент природного середовища у проблемі усихання Куяльницького лиману. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Географічні і геологічні науки*. 2016. Т. 21. № 1 (28). С. 56–77. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1\(28\).90331](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1(28).90331)
17. Shikhaleyeva G.M., Ennan A.A., Chursina O.D. Shikhaleyev I.I., Yurchenko Yu.Yu. Ecological and geochemical assesement of Kuyalnik Estuary. *Біологія та валеологія: зб. наук. пр. Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди*. Харків. 2017. № 19. С. 199-207. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1109597>
18. Эннан А.А., Дубина Д.В., Царенко П.М., Вакаренко Л.П., Дзюба Т.П., Шихалеева Г.М. Як відновити екосистему Куяльницького лиману? *Вісник НАН України*. 2018. № 6. С. 93–109. DOI: <doi.org/10.15407/visn2018.06.093>
19. Дубина Д.В., Эннан А.А., Вакаренко Л.П., Дзюба Т.П., Кірюшкіна Г.М., Шихалеева Г.М. Динаміка рослинності долини Куяльницького лиману (Одеська обл.). Частина 1. Природні сукцесії рослинності. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2019. Т. 15. № 3. С. 251–266. DOI: <https://doi:10.32999/ksu1990-553X/2019-15-3-4>
20. Дубина Д.В., Эннан А.А., Вакаренко Л.П., Дзюба Т.П., Кірюшкіна Г.М., Шихалеева Г.М. Динаміка рослинності долини Куяльницького лиману (Одеська обл.). Частина 2. Антропогенні сукцесії рослинності. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2019. Т.15. №4. С. 316–333. DOI: <https://doi:10.32999/ksu1990-553X/2019-15-4-1>
21. Dubyna, D.V., Ennan, A.A.-A.; Dziuba, T.P., Vakarenko, L.P.; Shykhaleyeva, G.M., Kiryushkina, H.M. Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odessa District). *Diversity*. 2022, N. 14(12). 1115. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14121115>

22. Смельянов В.О., Кулага Т.Б. Історія та перспективи досліджень причорноморських лиманів. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. 16, № 3: 64—75. DOI: <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.064>
23. Енциклопедія Куяльницького лиману у 8 т./ за ред. А.А.-А. Еннана. Бібліографічний покажчик публікацій (1829-2020 рр.). Випуск 1 (укл. Г.М. Шихалєєва, Ю.Ю. Юрченко, Г.М. Кірюшкіна) / під ред. А.А.-А. Еннана. Одеса: Освіта України, 2021. 112 с.
24. Гизер С.М. Археологическое изучение средневековых кочевников Северо-Западного Причерноморья. *Життя і пам'ять: науковий збірник, присвячений пам'яті В'ячеслава Івановича Шамко* / відп. ред. В. М. Букач. Одеса: Homeless Publishing, 2015. Вип. 2. С. 56-74.
25. Вицман И. О пользе морских, иловых и лиманских ванн в окрестностях Одессы. Одесса, 1835
26. Гассгаген Х. Результаты химического исследования морских, озерных и лиманских вод и грязей Новороссийского края. Одесса, 1852.
27. Васильев А.С. Нивелирное соединение уровней моря и лиманов Куяльницкий и Хаджибейский. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1894. Т. 19. Вып. 1. С. 251-265.
28. Васильев А.С. Результаты исследований Куяльницкого лимана в топографическом отношении. *Отчеты о деятельности Одес. Бальнеолог. о-ва. Одесса*. 1898. Вып. 5. С. 115-134.
29. Васильев А.С. Исследования Куяльницкого лимана: Топографическая часть. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. Одесса: Типография Л. Нитче, 1898. Т. 22. Вып. 2. С. 1-300.
30. Лебединцев А. А., Кршижановский В. Г. Физико- химические исследования Одесских лиманов. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. Одесса: Типография Л. Нитче*, 1896. Т. 2. Вып. 2. С. 33-85.
31. Кузнецов В.О. Мікробіологічні дослідження професора О.А. Веріго (1837-1905 рр.) в Одеському (Новоросійському) університеті. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2010, № 3. С. 95-104.
32. Алексеев А.К. Геологические исследования по долине Б.Куяльника. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. Одесса: Типография Л. Нитче, 1910. Т. 36. Вып.1. С. 275-285.
33. Крокос В.И. Четвертинні поклади Одеського району. *Українські геологічні вісті*. 1924. №2. С. 1-10.
34. Крокос В.И. Предварительный отчет о геологических исследованиях Куяльницкого и Хаджибейского лиманов в 1920-1921 годах. *Журнал научно-исследовательских кафедр в Одессе*. 1924. Т.1. № 5. С. 56-61.
35. Гапонов Е.А. Об артезианских водоносных горизонтах юга Украины. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. Одесса: Типография Л. Нитче., 1928. Т. 44.
36. Дубина Д.В., Еннан А.А., Вакаренко Л.П., Дзюба Т.П., Кірюшкіна Г.М., Шихалєєва Г.М. Історія досліджень рослинного покриву долини Куяльницького лиману (Одеська обл.). *Біорізноманіття степової зони України: вивчення, збереження, відтворення* (з нагоди 10-річчя створення національного природного парку «Меотиди»): матеріали наук.-техн. Конф. (с.Урзуф, 16-18 жовтня 2019 року) / Серія «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 13. Слов'янськ: Видавництво «Друкарський двір», 2019. С.202-209.
37. Еннан А.А.-А., Шихалєєва Г.М., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М., Герасимюк В.П. Альгофлористичні дослідження водойм басейну Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я, Україна) *Algologia*. 2022. 32(2): 105-132. DOI: <https://doi.org/10.15407/alg32.02.105>
38. Макаров Ю.Н., Лисовская В.И. Артемия Куяльницкого лимана как кормовой объект для развития морехозяйства в северо-западной части Черного моря. В кн.: материалы 2-й Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Киев, 1978. Ч. 2. С. 72-73.
39. Бурксер Е.С. Соленые озера и лиманы. Киев: Изд-во ВУАН, 1953. 338 с.
40. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. Киев: Наук. думка, 1974. 224 с.
41. Геология шельфа УССР. Лиманы / под ред. Гаркуша Н.А., Гожик П.Ф. К.: Наукова думка, 1984. 176 с.
42. Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения / под ред. Г.И. Швевса. Л.: Наука, 1988. 304 с.
43. Лиманы Северного Причерноморья / отв. ред. О.Г. Миронов; АН УССР, Ин-т гидробиологии. К.: Наукова думка, 1990. 204 с.
44. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья. К.: Наукова думка, 1990. 237 с.
45. Tsarenko P.M., Ennan A.A., Shikhaleyeva G.N., Barinova S.S., Gerasimiuk V.P., Ryzhko V.E. Cyanoprokaryota of the Kuyalnik Estuary Ecosystem (Ukraine) . *International Journal on Algae*. 2016. Vol. 18. № 4. P. 337-352. DOI: <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v18.i4.40>
46. Shikhaleyeva G.N., Gerasimiuk V.P., Kiryushkina A.N., Ennan A.A., Tsarenko P.M. Algofloristic studies of the Kuyalnik estuary and temporary water bodies of its vicinities (Northwestern black sea coast, Ukraine). *International Journal on Algae*. 2017. Vol. 19. № 3. P. 195-214. DOI: <https://doi.org/10.15407/alg27.03.277>

47. Gerasimiuk V.P., Shichaleyeva G.N., Ennan A.A., Tsarenko P.M., Kiryushkina A.N. Algae of ponds of the Kuyalnik estuary coast (North-Western Black Sea, Ukraine). *International Journal on Algae*, 2018. V 20 (4). P. 393–408. DOI: <https://doi.org/10.15407/alg28.04.484>
48. Шихалєєва Г.М., Еннан А.А.-А., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М. Аналіз впливу абіотичних чинників на розвиток мікрowodоростей у гіпергалінному Куяльницькому лимані (Україна, Північно-Західне Причорномор'я). *Гідробіол. журн.* 2023. Т.59. № 3. С.3-15.
49. Еннан А.А.-А., Шихалєєва Г.М., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М. Альгофлора Куяльницького лиману: сучасний стан і багаторічна динаміка *Algologia*. 2022. 32(3): 224–250. DOI: <https://doi.org/10.15407/alg32.03.224>
50. Еннан А.А.-А., Шихалєєва Г.М., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М., Герасимюк В.П. Сезонна динаміка розвитку альгофлори гіпергалінного Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я, Україна) *Algologia*. 2022. 32(4): 271–283. DOI: <https://doi.org/10.15407/alg32.04.271>
51. Shikhaleyeva G. M., Ennan. A. A.-A., Tsarenko P. M., Kiryushkina G. M. Taxonomic Diversity and Ecological Characteristics of Chlorophyta and Charophyta in the Water Bodies of the Kuyalnyk Estuary (Ukraine, the Black Sea Northwestern Coast). *Hydrob. Journal*. 2023. V.59 (1). P.25-40. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v59.i1.30>
52. Черкез Е.А., Кадурич В.Н., Чепижко А.В., Мединец С.В., Светличний С.В. Особенности минералогии донных осадков Куяльницкого лимана после пополнения морской водой. *Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 18-20 листопада 2015 р.). Одеса, 2015. С. 124–128.
53. Черкез Е.А., Кадурич В.Н., Светличний С.В. Минеральные парагенезисы рапы и донных отложений Куяльницкого лимана и их генетическая систематика. *Вісник Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Серія: Географічні і геологічні науки*. 2017. Т. 22. Вип. 1. С. 198–211. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2017_22_1_18
54. Черкез С.А., Мединец В.І., Тюрєміна В.Г., Праведний В.М. Оцінка обсягів субаквального живлення Куяльницького лиману підземними водами. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 3–4 (28). С. 57–65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2017_3-4_8
55. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: монографія / за ред. Н.С. Лободи, Є.Д. Гопченка. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
56. Кушнір Д.В., Тучковенко Ю.С. Мінливість гідрологічних характеристик причорноморських лиманів в умовах регулювання водообміну з морем (на прикладі Тилігульського та Куяльницького лиманів). Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. 207 с.
57. Куяльницький лиман: реалії та перспективи рекреаційного використання: монографія / Буркинський Б.В., Бабов К.Д., Нікіпелова О.М. та ін.; Ін-т пробл. ринку та екон.-екол. дослідж. НАН України, ДУ «УкрНДІ мед. реабілітації та курортології МОЗ України». Одеса, 2019. 314 с.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2023

Стаття рекомендована до друку 15.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-03>
УДК 504.054:628.4.038

В. Л. БЕЗСОННИЙ, канд. техн. наук, доц.,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: bezsonny@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 6, м. Харків, Україна 61022

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПІДХОДИ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Мета. Аналіз з термодинамічних позицій причини виникнення глобальних екологічних проблем та можливості їх подолання.

Результати. Проаналізовано застосування законів термодинаміки щодо спроб вирішення екологічних проблем. Існування життя та біосфери в цілому визначається потоком енергії, інтенсивність якого на одиницю ваги живих істот значно перевищує питому інтенсивність трансформації енергії на Сонці. З другого закону термодинаміки робиться висновок про об'єктивність забруднення довкілля, оскільки ККД трансформації енергії завжди менше 100%, і становить 1-50%. Частина деградованої енергії, що залишилася, і є головною причиною забруднення навколишнього середовища. Виникнення багатьох глобальних екологічних проблем безпосередньо пов'язані з цією частиною енергії. Спостерігається безперервне експоненційне зростання як населення, так і енергоспоживання. Дається критичний огляд існування та розвитку глобальних екологічних проблем. Прогнозується розвиток зростання населення нинішньому столітті. Обговорюються можливі шляхи подолання глобальних екологічних проблем.

Висновки. Надано критичний огляд існування та розвитку глобальних екологічних проблем. Підтверджується висновок про необхідність розробки нової парадигми взаємодії людини з довкіллям.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: термодинаміка, екологічна проблема, енергія, клімат, біосфера

Як цитувати: Безсонний В. Л. Термодинамічні підходи в дослідженнях екологічних проблем. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 30 - 41. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-03>

In cites: Bezsonnyi, V. L. (2023). Thermodynamic approaches in the study of environmental problems. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 30 - 41. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-03> (in Ukrainian)

Вступ

В історії науки застосування термодинаміки і статистичної фізики, а також їх методів дослідження складних систем, особливо біологічних і екологічних не є новим напрямком в міждисциплінарних дослідженнях [1]. Ці галузі фізики привносять в екологічну науку нові методології, нові ідеї і нове розуміння [1, 2]. При своїй появі термодинаміка розглядалася як феноменологічна та експериментальна наука, яка намагається описати макроскопічні стани складних фізичних систем з мінімальними наборами спостережуваних макроскопічних змінних. І тільки з початку минулого століття природа термодинамічних процесів і властивостей

була усвідомлена і пояснена з точок зору кінетичної теорії і статистики, піонерами яких були роботи Гіббса і Больцмана. Застосування основних принципів термодинаміки до таких систем, як біологічні, екологічні, соціальні – викликало багато дискусій. Незважаючи на це, спроби пошуку нових застосувань термодинаміки в дослідженнях складних систем завжди привертають увагу багатьох дослідників у багатьох аспектах, від теорії до практики.

Виникнення глобальних екологічних проблем та сталість розвитку біосфери можуть аналізуватися та якісно інтерпретуватися з погляду основних законів термодина-

міки. Цей розділ фізики не обмежується вивченням термічних процесів тільки для опису та оптимізації роботи теплових машин, як це було на початковому етапі його становлення, а аналізує загальні закономірності трансформації енергії на різних рівнях організації матерії, включаючи живі системи. Термодинаміка необхідна для розуміння існування та функціонування живих клітин, клітинних популяцій, організмів, популяцій тварин, екосистем і біосфери загалом. Будь-яка з перелічених систем знаходиться в термодинамічній нерівновазі з навколишнім середовищем, і її існування з точки зору термодинаміки – малоймовірна подія. Необхідність потоку енергії через будь-яку організовану систему в біосфері, чи це окремих індивідів, популяція тварин чи екосистема, є основним висновком термодинаміки, який регламентує принципи та критерії існування таких систем [3]. Термодинаміка нерівноважних процесів є теоретичною

основою для дослідження відкритих систем, включаючи клітину, живі організми, їх популяції, екосистеми та біосферу загалом.

Такий біофізичний підхід до проблем екології є актуальним у зв'язку з необхідністю узагальнення накопичених до теперішнього часу експериментальних та теоретичних даних у галузі забруднення довкілля та розробки основних принципів та концепцій підтримки стабільності та рівноваги у біосфері. Очевидно, що для забезпечення сталості біосфери людині доведеться змінити деякі стандарти індивідуальної та соціальної поведінки, етику і навіть цілі економічного розвитку [4]. Саме тому екологія здатна об'єднати людей із різними політичними та релігійними поглядами, будучи своєрідним світоглядом та нормою поведінки людей.

Мета – аналіз з термодинамічних позицій причини виникнення глобальних екологічних проблем та можливості їх подолання.

Зв'язок термодинаміки з екологією та біологією

Життя з погляду термодинаміки – абсолютно неймовірна подія [1 – 3]. Справді, з термодинамічних позицій існування нерівноважних з навколишнім середовищем систем неможливе. Відповідно до другого закону термодинаміки у цій системі має зростати ентропія, тобто невизначеність та хаос, а не впорядкованість високоорганізованих структур у часі та просторі. Проте життя існує. Сучасні термодинамічні уявлення пояснюють існування життя необхідністю безперервного потоку енергії через живі системи, що використовується для підтримки сталої нерівноваги між живими організмами і довкіллям. Для живої матерії характерна величезна потужність енергетичних процесів. Навіть у спокої 1 г тіла людини трансформує високоякісну енергію в менш якісну (в основному тепло) у тисячі разів більше, ніж 1 г Сонця. Потужність енергетичних процесів на одиницю ваги у тисячі-мільйони разів перевищують аналогічну потужність енергетичних процесів, що відбуваються на Сонці. Отже, трансформація якісної енергії у менш якісну відбувається у живих об'єктах та екосистемах не тільки безперервно, але й з високою швидкістю.

Для ілюстрації необхідності безперервного потоку енергії можна навести такий приклад: без їжі людина може прожити 15-30 днів, без води – 5-10 днів, а без кисню, що бере участь у трансформації енергії у живих системах, – 5 хвилин [5]. Варто зауважити, що навіть за повного спокою серце людини перекачує за годину близько 250 літрів крові, за добу це становитиме 6 тон. А енергетичні витрати, пов'язані з механічною роботою серця та легень, становлять лише 10-15 % енергетичних витрат людини в умовах основного обміну (за повного спокою). При виконанні роботи середньої тяжкості ці цифри зростають ще вдвічі. Життя – це найважлива фізична робота, яка потребує великих енергетичних витрат.

Проаналізуємо закономірності трансформації енергії, загальні для живої та неживої природи та визначені першим та другим початком термодинаміки.

Суть першого закону термодинаміки зводиться до того, що енергія не виникає і не зникає знову, вона лише переходить із однієї форми до іншої. Фактично цей початок є законом збереження енергії. Природний напрямок трансформації енергії полягає у перетворенні високоякісної енергії на енергію

нижчої якості. Зворотний перехід можливий за витрати набагато більшої додаткової енергії. Застосування цього правила дає зрозуміння деяких явищ навколишньої природи, зокрема, що на продуктивність екосистем накладаються енергетичні обмеження. З першого закону термодинаміки випливає, що кількість енергії, що надходить в екосистему, дорівнює сумі енергії, що залишає цю систему, і енергії, що залишається в екосистемі. Головний висновок, що з цього закону і має значення для біосфери, полягає в необхідності рівності вхідної та вихідної енергії для стійкості біосфери. Отже, потік енергії, що надходить від Сонця, а також запасений у викопному паливі, що використовується людиною як додаткова енергія, повинен дорівнювати потоку деградованої енергії, що відводиться в космос.

Другий закон термодинаміки полягає в тому, що при будь-яких перетвореннях енергії якась частина її деградує в менш якісну енергію, в тому числі тепло, яке розсіюється в більш холодне навколишнє середовище. Це надзвичайно важливе положення, що визначає багато закономірностей потоків енергії в різних живих системах та біосфері в цілому. У цьому втрати часто перевищують 50%. Це означає, що ефективність трансформації енергії, або коефіцієнт корисної дії (ККД) більшості енергетичних перетворень менше 50%. В багатьох біологічних процесах ККД становить лише 1-10 %, інші 90-99% енергії втрачаються у вигляді деградованої енергії, що забруднює біосферу.

Принципи сталості біосфери

Багато авторів [2, 3, 5] аналізували принципи сталого функціонування природних екосистем з погляду екології та термодинаміки. Коротко ці положення можна підсумувати таким чином.

Перший принцип постулює необхідність використання ресурсів та позбавлення відходів без порушення циклічного круговороту біогенних елементів. Відомі численні приклади порушення цього. Наприклад [8], використання фосфатів і нітратів для підвищення врожайності призводить, в кінцевому рахунку, до збагачення та забруднення ними ґрунту та водойм. Людина створила свою власну екосистему, коли врожай разом із

Ситуація ускладнюється тим, що у відкритих системах одночасно з деградацією енергії до форм, які важко використовувати, відбувається деградація речовини, що забруднює біосферу [6, 7].

Об'єктивність забруднення довкілля впливає і з теоретичних уявлень термодинаміки. Відповідно до другого початку термодинаміки, ентропія в ізольованій системі (зокрема, у Сонячній системі) має зростати, тобто хаос і безлад у ній повинні збільшуватися. Водночас, живі системи – високоупорядковані утворення, які зменшують ентропію. Це протиріччя пояснюється лише тим, що ентропія (міра безладу і хаосу) у відкритій системі зменшується, а ентропія довкілля у цілому Сонячної системі зростає. Необхідність зростання ентропії довкілля і означає її деградацію. Отже, закони термодинаміки є об'єктивними доказами деградації та забруднення довкілля. Деградація означає поступове погіршення, зниження чи втрату позитивних якостей. Саме деградовані в процесі функціонування екосистем енергія та маса є головними об'єктивними причинами та джерелом забруднення навколишнього середовища. Існують і суб'єктивні причини, що посилюють забруднення та деградацію навколишнього середовища. Людство нераціонально використовує харчові та природні ресурси, виробляючи величезну кількість відходів та сміття, забруднюючи ґрунт, воду та повітря, а також неекономно споживаючи енергію та викидаючи у біосферу надлишки тепла.

використаними для його вирощування біогенними елементами перевозиться на великі відстані, а людські «відходи» скидаються у водойми. На відміну від кругообігу вуглецю, в якому є газоподібна фаза (CO_2), у фосфату такої газоподібної форми немає, тому його повернення з водного середовища в кругообіг ускладнено. Цілком очевидно, що така система нестала, оскільки родовища зрештою виснажуються. Це справедливо як для біогенних, так і техногенних елементів. За відсутності замкненого круговороту речовин відбувається виснаження їх ресурсів, і навіть забруднення ними довкілля.

Другий принцип. Екосистеми повинні існувати за рахунок сонячної енергії, що не забруднює біосферу [9]. Так і відбувається у

всіх природних екосистемах, крім людського суспільства. Приблизно 250 років тому, а найінтенсивніше останнє століття, люди почали використовувати невідновлюване викопне паливо – «сліди колишніх біосфер». Його спалювання призвело до численних проблем забруднення навколишнього середовища, включаючи зростання вмісту CO₂ в атмосфері, яке вже зараз впливає на кліматичні зміни.

Третій принцип. Чим більше біомаса популяцій, тим нижче має бути займаний нею трофічний рівень [10]. І знову людське населення порушує цей принцип. Розведення худоби та птиці призвело до того, що людина займає третій трофічний рівень. Щоб усі люди могли використовувати м'ясний раціон, треба вже зараз посівні площі розширити удесятеро. Це призвело б до подальшої ерозії ґрунту. Зростання чисельності населення змушує інтенсивно використовувати добрива, що також призводить до додаткових забруднень, по-перше, від змиву самих добрив у водоймища і, по-друге, за рахунок відходів, що утворюються при виробництві додаткової енергії, необхідної для їх виробництва, транспортування та застосування.

Четвертий принцип стійкості екосистем зводиться до необхідності різноманітності тваринного та рослинного світу [8], що забезпечує рівновагу екосистем через механізм «хижак-жертва», більшу ефективність використання потоків енергії, найбільш ефективний кругообіг маси біогенних речовин у біосфері тощо. Але задоволення потреб людства у їжі призводить до зменшення видового розмаїття біосфери.

Ще В.І. Вернадський відзначав величезну роль біосфери у формуванні умов життя Землі. Біота була і залишається найважливішим фактором формування довкілля

та його стабілізації. Біота сформувала гігантські відкладення гірських порід, кисневу атмосферу Землі, брала участь в утворенні океанів, а також обумовлює кругообіг багатьох біогенних речовин, включаючи воду. Ефективність випаровування води зеленими рослинами можна порівняти з ефективністю випаровування з поверхні океанів [11]. Біота відповідальна за формування ґрунту на поверхні Землі. Запаси та круговороти кисню, вуглецю, фосфору та інших біогенних елементів, а також багатьох інших речовин – заліза, марганцевих руд, фосфоритів, бокситів, карбонатних та крем'янистих порід – також пов'язані з діяльністю біоти.

Контроль біогенних елементів біотою здійснюється через фотосинтез органічної речовини з неорганічної та наступним розкладанням органічної речовини після відмирання на неорганічні компоненти. У разі стабільної біосфери швидкість синтезу органічних речовин має збігатися зі швидкістю їх деструкції редуцентами. Іншими словами, біосфера повинна мати здатність до авторегуляції, що забезпечить динамічну сталість різних показників біосфери та підтримку сталості навколишнього середовища. Вивчення природи та механізмів цих авторегуляцій є актуальною проблемою, яка нині практично не досліджується.

Для найбільш повної реалізації кругообігів біогенних елементів всі організми в біосфері характеризуються певною екологічною нішою, у межах якої об'єкт, вид, популяція виконують певне завдання з реалізації кругообігів біогенів, тобто підтримки їх стабільних концентрацій, а тим самим і зі стабілізації довкілля в цілому. Невелике відхилення у стані довкілля має компенсуватися життєдіяльністю біоти. Так було до порівняно недавнього часу.

Енергетичні проблеми людства

В історії людства можна назвати кілька етапів розвитку енергоспоживання [12]. Енергетичні потреби первісної людини близько 1 000 000 років тому становили близько 2000 ккал/день. Пізніше (100 000 років тому) людина навчилася полювати і почала використовувати вогонь для обігріву та приготування їжі, що збільшило споживання енергії у 2,5 рази (5000 ккал/день). Перехід до осілого способу життя та ведення сільськогосподарської діяльності близько 5000 років

тому збільшив споживання енергії людиною ще в 2,5 рази (12500 ккал/день). Пізніше людина починає використовувати енергію вітру та води для різних механізмів, вугілля для опалення та тварин для транспортних потреб, що до XIV в. н.е. ще подвоює кількість споживаної енергії (25 000 ккал/день). Перехід у 1875 р. до використання парових турбін потроєє це значення (75 000 ккал/день), і починається освоєння законсервованої сонячної енергії – вугілля, газу та

нафти. До 1970 р. людина споживала у 115 разів більше енергії (230 000 ккал/день), ніж первісна людина; до 2009 р. ця величина ще збільшилася вдвічі [13, 14].

Найбільший внесок у споживання енергії роблять розвинені країни, незважаючи на помітне зниження витрат енергії на одиницю валового національного продукту. Розвинені країни обганяють відстаючі країни не тільки за абсолютними показниками, а й на одиницю площі своєї території, що принципово важливо для оцінки впливу на довкілля, оскільки використовується людиною енергія, зрештою, використовується для руйнації довкілля. Коефіцієнт тиску на навколишнє середовище визначається використанням додаткової енергії на одиницю території. Якщо середньосвітовий тиск на природне середовище прийняти за одиницю, то для країн Західної Європи, США та Японії цей коефіцієнт в середньому дорівнює 5, для решти світу (без Антарктиди) - 0,6 [4, 8].

Ситуація у світовій енергетиці характеризується загостренням протиріч між багатьма країнами. З урахуванням

продовження економічного зростання азіатських країн, що розвиваються, швидкого збільшення там чисельності населення і високої енергоємності національних економік різко зростають потреби цих країн в енергоресурсах. Випереджаючими темпами зростає споживання енергії в Африці та Латинській Америці, і навіть у країнах Європейського союзу відновилося зростання енергоспоживання на душу населення. Зазначимо, що у 20% найбагатшого населення світу припадає 80% загальної суми споживання. У той же час, 60% світових запасів нафти та 40% запасів газу зосереджені на політично нестабільному Близькому Сході, і роль цих країн у нафтовидобутку лише зростає. Через обмежені можливості додаткового зростання виробництва збільшуються ризики, пов'язані з можливою дестабілізацією ринку та суспільства в цілому [8].

Використовуючи відкриті дані [13], оцінено динаміку зростання загального споживання енергії у світі (у терават-годинах) за період 1800-2021 рр. (Рис. 1). Видно, що з

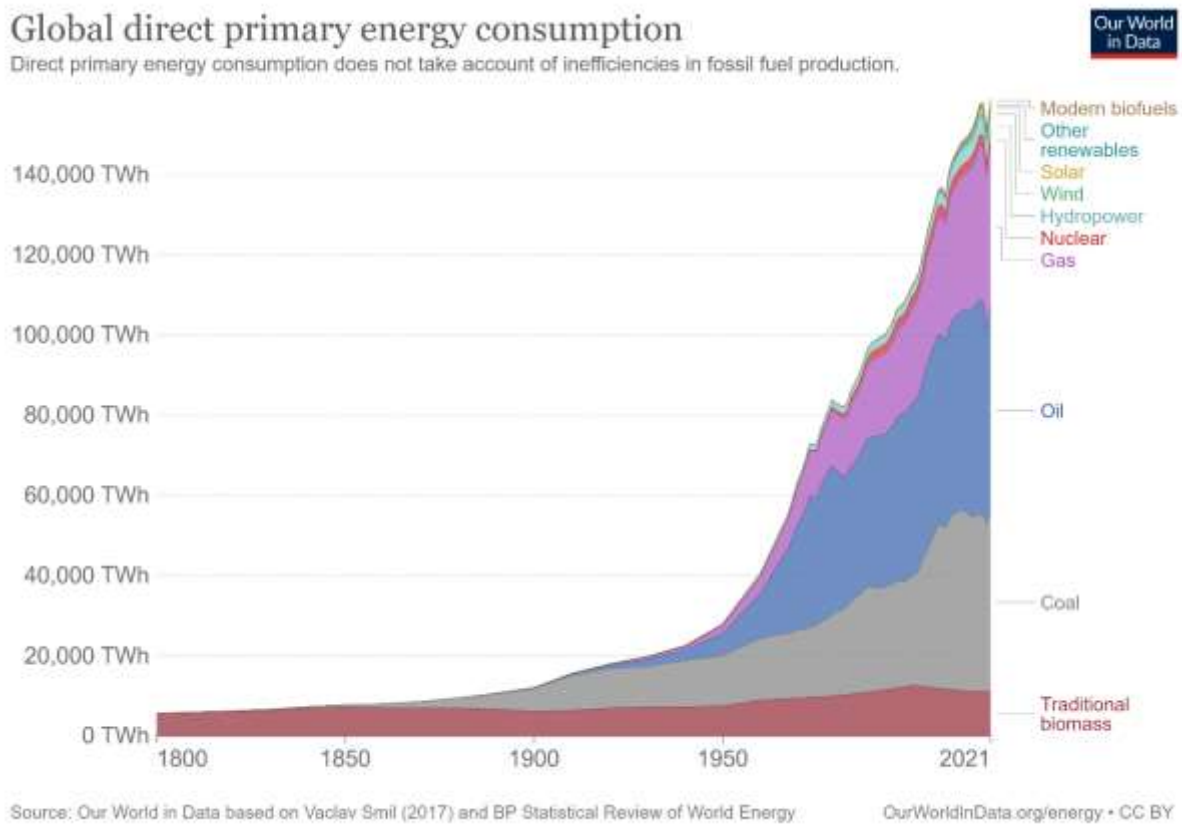


Рис. 1 – Динаміка зміни споживання енергії у світі за період 1800-2021 рр. Дані <https://ourworldindata.org/>

Fig. 1 – Dynamics of changes in energy consumption in the world for the period 1800-2021. Data <https://ourworldindata.org/>

часом відбувається постійне зростання енергоспоживання. До початку ери промислової революції (близько 1900 р.) це зростання було невелике, але починаючи з середини минулого століття використання енергії різко зросло. Оскільки населення планети продовжувало зростати експоненційно, цікавить оцінити споживану енергію, що припадає на одну людину. Вочевидь, що споживання енергії душу населення також зростає

експоненційно, причому швидкість зростання останні десятиліття сповільнилася. Більше того, останніми роками споживання енергії на душу населення залишається приблизно постійним. Це вказує на реальний розрив між темпами приросту чисельності населення та збільшення споживаної енергії, тому цікавим є аналіз динаміки зростання народонаселення.

Зростання населення планети

Реальністю сучасного світу є швидке зростання народонаселення планети, що призводить до дефіциту продуктів харчування, чистої питної води, нестачі енергії, забруднення повітря, води, ґрунту та продуктів харчування. Неприятливі наслідки швидкого зростання населення неминуче впливають на рослинний і тваринний світ Землі. Ряд екологів вважають, що перенаселення планети призвело до виникнення більшості глобальних екологічних проблем.

Багато авторів [15 – 21] використовували різні математичні моделі для опису та прогнозування зростання народонаселення. Один із цікавих прогнозів чисельності населення було дано англійським біологом Джуліаном Хакслі [19]. У 1964 р. на основі обчислень він зробив висновок, що до 2000 р. населення планети досягне цифри 6 млрд осіб. Автори роботи [24] з урахуванням запропонованих ними моделей продемонстрували загальні закономірності демографічних процесів людства. При цьому розглядається співвідношення між мікрорівневим хаосом та високодетермінованою динамікою на макрорівні. У роботі [21] зростання населення Землі було розглянуто на основі уявлень про розвиток людства як динамічної системи, що самоорганізується. Автором було запропоновано математичну модель для опису світового демографічного процесу, засновану на ідеях синергетики. Це моделювання дозволило описати зростання людства та зробити висновки про майбутнє, коли чисельність населення світу стабілізується на рівні 10-12 млрд осіб.

Як відомо, зростання кількісних характеристик багатьох глобальних проблем відбувається за експоненційним законом. Динаміка зміни чисельності населення N визначається виразом:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{0,693t/\tau}, \quad (1)$$

де N_0 - початкове значення населення чи іншого досліджуваного параметра,
 $N(t)$ – чисельність населення у момент часу t ,
 τ – час подвоєння населення.

Звідси час подвоєння популяції можна розрахувати виходячи з виразу:

$$\tau = 0,693 \cdot t / \ln[N(t)/N_0] \quad (2)$$

Позначимо через A частку приросту досліджуваного параметра впродовж року. Тоді:

$$A = e^{0,693/\tau} - 1, \quad (3)$$

Наведені формули дають змогу оцінювати основні параметри експоненційного зростання будь-якого показника, зокрема час подвоєння та щорічний відсоток приросту населення.

Проаналізуємо тенденції зростання населення світу. Етапи зростання чисельності населення на нашій планеті збігаються з етапами розвитку енергоспоживання: використання нового джерела енергії призводило до поліпшення якості життя і, відповідно, до збільшення чисельності населення (рис. 2). До 8 тисячоліття до н. чисельність населення Землі становила трохи більше 5 млн. Приблизно до цього часу люди навчилися приручати тварин, вирощувати та зберігати врожай. З цього моменту чисельність населення почала зростати швидше. У XVII та XVIII ст. чисельність населення земної кулі продовжувала зростати за експоненційним законом і збільшилася приблизно від 500 млн осіб до 1 млрд осіб. Це сталося, головним чином, завдяки збільшенню запасів їжі, а також покращенню систем транспорту та торгівлі, які сприяли ефективному розподілу цих запасів.

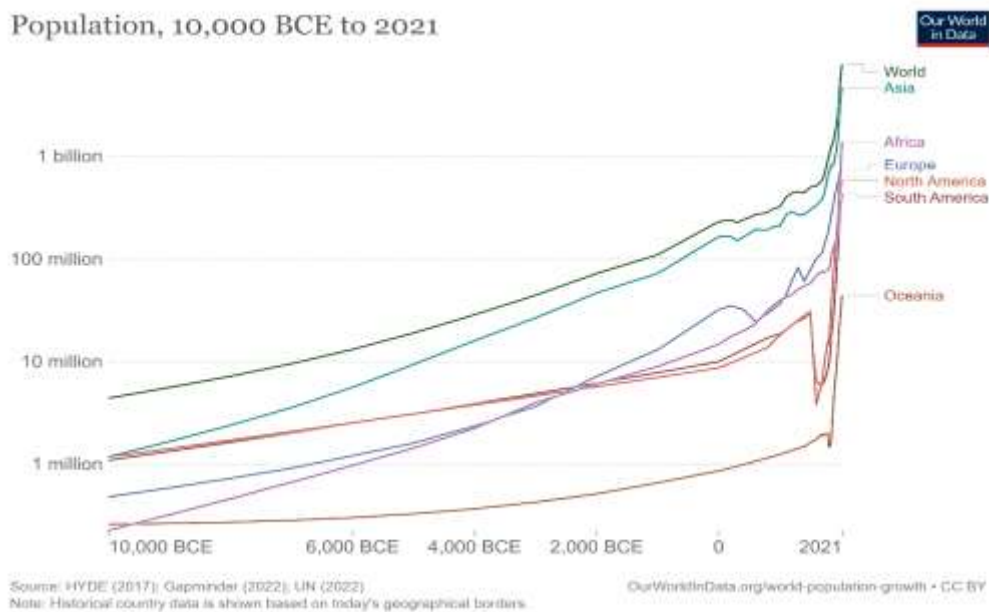


Рис. 2 – Зростання чисельності населення за період 10000 р. до н.е. – 2011 р. Дані <https://ourworldindata.org/>

Fig. 2 – Population growth for the period of 10,000 BC – 2011. Data <https://ourworldindata.org/>

Впродовж XVIII та XIX ст. приріст чисельності населення Землі становив 0,5% на рік. Тільки за 150 років, з 1750 по 1900 рр. населення Землі подвоїлося і досягло 1,6 млрд осіб. У 1930 р. у світі налічувалося 2 млрд осіб, а лише через 30 років, у 1960 р., - вже 3 млрд. За період із 1950 по 1970 р.р. щорічний приріст чисельності населення збільшився до 2% на рік, і кількість людей на земній кулі зросла майже вдвічі - з 2,5 млрд до 4,8 млрд. Після 1985 р. приріст кількості людей, що живуть на планеті, знизився. Нині населення всього світу становить 8 млрд. осіб.

«Право ухвалювати рішення щодо розмірів сім'ї є невід'ємним правом самої сім'ї» – стверджує Загальна декларація прав людини ООН. Останнім часом кілька країн визнали це становище неприйнятним. Так, у Бангладеш, Сінгапурі, Китаї, Індії уряди з метою обмеження чисельності населення почали застосовувати не лише заходи економічного тиску, а

й заохочувальні заходи. Уряди понад 30 країн законодавчо вжили заходів щодо обмеження народжуваності. На сьогодні 80% населення планети проживає у країнах, де фертильність продовжує знижуватися. Однак багато країн Африки вважають, що контроль над народжуваністю – це геноцид з боку білого населення по відношенню до чорного, тому для Африканського регіону характерні як найвища у світі народжуваність, так і найвища смертність у світі [22].

Зростання чисельності населення Землі та перенаселення нашої планети зумовили каскад взаємопов'язаних глобальних екологічних проблем — дефіцит енергетичних запасів, брак питної води та якісних харчових ресурсів, зміна клімату, парниковий ефект, зменшення товщини озонового шару, нестача запасів корисних копалин та ін. Всі ці проблеми впливають на сталий розвиток біосфери.

Зміна клімату та парниковий ефект

Відповідно до першого закону термодинаміки, кількості енергії, що входить у стаціонарну систему і що виходить з неї, повинні бути рівними. Відповідно до другого закону термодинаміки, енергія, що виходить, характеризується низькою якістю в

порівнянні з вхідною. Рівність вхідної та вихідної енергії зберігалася для нашої планети протягом мільйонів років, незважаючи на періоди, зледеніння і потепління. Завдяки маловивченим, але реально існуючим зворотним зв'язкам Земля щоразу поверталася до

стаціонарного стану. Екологи і кліматологи загалом згодні в тому, що в даний час потік енергії, що надходить на Землю від Сонця і Місяця (припливи і відливи), а також формується за рахунок викопного палива (включаючи атомну енергію), перевищує величину енергії, що відводиться [25]. Зайва енергія не може бути повністю видалена в космічний простір інфрачервоним випромінюванням через парникові гази. При підвищенні концентрації парникових газів збільшується непроникність атмосфери для інфрачервоних променів, що походять від поверхні планети, що призводить до зростання температури та зміни клімату.

Кліматичні та геохімічні дані [26], реконструйовані на основі аналізу проб льоду антарктичної станції «Схід», демонструють характерну тенденцію: протягом останніх 420 тис. років вміст вуглекислого газу в атмосфері помітно коливався. Коливання вмісту CO₂ відбувалися у значному діапазоні (від 180 до 300 мільйонних часток) і мали циклічний характер. Максимальний вміст CO₂ відповідав періодам розігріву

атмосфери, а мінімальний вміст – періодам зледеніння Землі. Це означає, що земна температура коливалася синхронно із вмістом вуглекислого газу атмосфери.

Аналіз величезного числа локальних вимірювань кліматичних параметрів за останні 100 років показує зв'язок між кількістю CO₂ у повітрі та потеплінням. Згідно з прогнозом Міжнародної комісії ООН з проблем клімату, середня температура нашої планети за цей час збільшилася на 0,8°C. До кінця XXI ст. глобальна середня температура може підвищитись на 2-4,5°C.

Більш докладно зростання CO₂ за останні століття представлено на рис. 3. Починаючи з 1960 р. дані про зростання CO₂ в атмосфері Землі фіксуються метеорологічною станцією Мауна Лоа, Гавайські острови [27]. Видно, що з 1750 (початок індустріальної епохи) по сьогодні спостерігається постійне прискорення підвищення CO₂ в атмосфері. У 1920 р. пройдено максимальне значення вуглекислого газу, що існувало за останні 420 тис. років. Це вказує на межу, з якою біосфера могла справлятися за рахунок

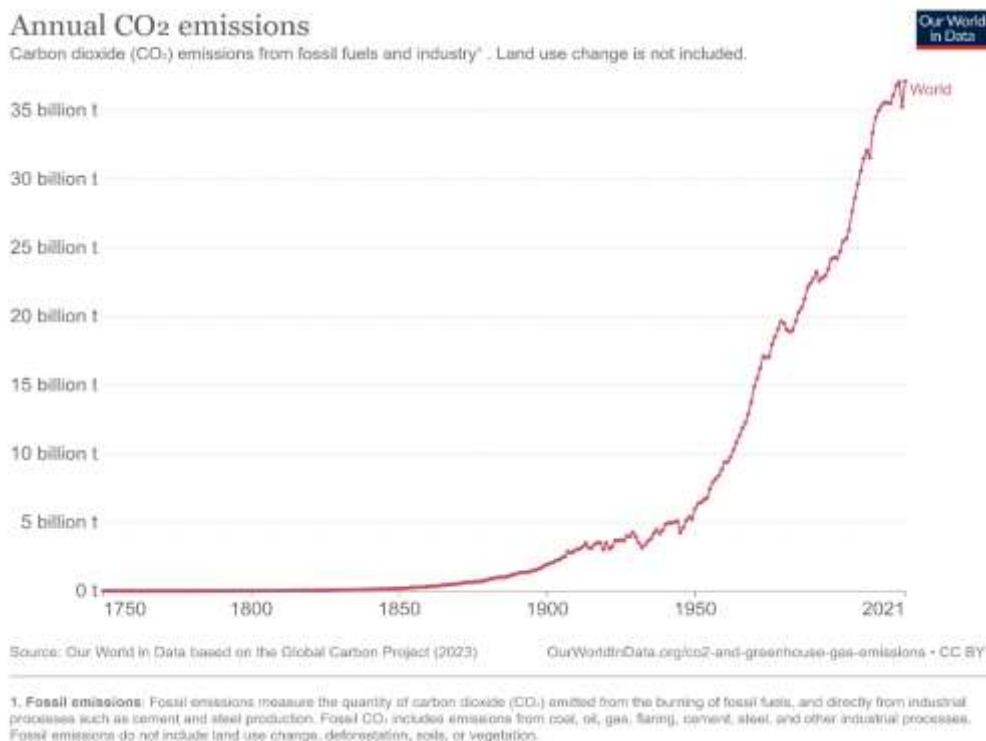


Рис. 3 – Зміна вмісту вуглекислого газу в атмосфері. Дані <https://ourworldindata.org/>

Fig. 3 – Change in the content of carbon dioxide in the atmosphere. Data from <https://ourworldindata.org/>

зворотних зав'язків, що контролюють вміст CO₂. У 1750 р. населення планети становило 0,8 млрд осіб, у 1920 р. - близько 2 млрд. Значить, величина населення земної кулі, при якій концентрація CO₂ не перевищувала б максимальних зафіксованих раніше значень, повинна становити близько 1,8 млрд людей (рис. 2).

Можливі два шляхи вирішення проблеми антропогенного навантаження:

зниження енергоспоживання за абсолютною величиною та доведення його до дозвольного рівня або скорочення населення Землі. Однак жодна держава у світі не розглядає ці конкретні шляхи вирішення глобальних проблем, що стоять перед людством. Слід зазначити, що більшість екологів розуміють необхідність такого рішення, проте їхні думки навіть не помічаються і дискутуються.

Висновки

Проаналізовано застосування законів термодинаміки щодо спроб вирішення екологічних проблем. Існування життя та біосфери в цілому визначається потоком енергії, інтенсивність якого на одиницю ваги живих істот значно перевищує питому інтенсивність трансформації енергії на Сонці. З другого закону термодинаміки слідує факт об'єктивності забруднення довкілля, оскільки ККД трансформації енергії завжди менше 100%, і становить 1-50%. Частина деградованої енергії, що залишилася, і є головною причиною забруднення навколишнього середовища. Виникнення багатьох глобальних екологічних проблем безпосередньо пов'язані з цією частиною енергії. Спостерігається безперервне експоненційне зростання як населення, так і енергоспоживання.

Частка споживання продукції біосфери великими тваринами завжди становила близько 1%. І тут біосфера була здатна відновлювати будь-які порушення і цим підтримувати стабільність довкілля. У роботі [10] показано, що і споживання цивілізації також має перевищувати 1% чистої первинної продукції глобальної біоти. Ця цифра отримана ним на базі незалежних одна від одної кількісних оцінок, заснованих на даних про глобальний кругообіг вуглецю і на законі дифузійного розповсюдження екскретів тварин, що пересуваються. Проте поріг споживання продукції біосфери

було перейдено на початку ХХ ст. в., і сьогодні споживання людиною продукції біосфери становить, за даними різних авторів, 5-10 % [28]. Можна вважати, що таке високе споживання і стало основою для дестабілізації навколишнього середовища. Також дестабілізація довкілля може бути обумовлена використанням людиною додаткової енергії викопного палива. Подальше підвищення використання додаткової енергії порушить стійкість біосфери. Розвинуті країни, використовують велику кількість енергетичних ресурсів, мають 80% світового багатства, але у яких проживає 20% світового населення («золотий» мільярд); частку країн (80% населення) залишається лише 20%. У перспективі це співвідношення може лише погіршуватись. США, маючи 5% населення Землі, споживають 40% світових ресурсів та дають 60% відходів. Це означає, що найрозвинутіші країни найбільше відповідальні за забруднення довкілля. Але і країни, що розвиваються, також прагнуть стати розвиненими країнами. Для цього потік енергії через ці країни має бути збільшений у десять разів, а взяти його ні звідки. Навіть якщо будуть винайдені нові невідновлювані штучні джерела енергії, це призведе до десятикратного підвищення рівня забруднення навколишнього середовища та подальшого підвищення нестабільності існування людської популяції.

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. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Sherstyuk M., Nekos A. Thermodynamic aspects of the systems approach in ecology. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2022. No 57. P. 268-281. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-20>
2. Мирончук Ю. А. Термодинамічні аспекти аналізу екологічних процесів. *Вісник ДААУ*. 1998. № 1. С. 60–68.
3. Ситник К., Багнюк В. Біосфера і клімат: минуле, сьогодні і майбутнє. *Вісник НАН України*. 2006. № 9. С. 3-20.
4. Кравченко К.О. До питання дослідження геоекологічних проблем урбанізаційних процесів у аспекті концепції стійкого розвитку. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. Вип. 38. С. 6-19. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-01>
5. Єремєєв В., Єфімов В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*. 2003. №2. С. 14—19.
6. Барабаш М., Гребенюк Н., Татарчук О. Зміна клімату при глобальному потеплінні. *Водне господарство України*. 1998. №3. С. 9—12.
7. Рудий Б. Критика еволюціонізму. К.: Четверта хвиля, 2003. 115 с.
8. Дідух Я. П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем. *Наукові записки НаУКМА*. 2014. Т. 158: Біологія та екологія. С. 54-60. URI <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/3542>
9. Ситник К., Багнюк В. Глобальне потепління: внесок атомної енергетики. *Вісник НАН України*. 2005. №6. С. 3—16.
10. Ситник К. Ноосфера: міфи і реальність. *Вісник НАН України*. 2003. №5. С. 45—53.
11. Lorinus Calange, Oeschger Hans. Climate change. Paleoperspectives: reducing uncertainties in global change? *AMBIO*. 1994. 23. №1. P. 30—36
12. Череватський Д. Залежність якості життя від енергоспоживання: міждержавні варіації. *Демографія та соціальна економіка*. 2021. 45(3), С. 144–157. <https://ojs.dse.org.ua/index.php/dse/article/view/28>
13. BP Statistical Review of World Energy <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
14. Cook E. The Flow of Energy in an Industrial Society. *Scientific American*. 1971225(3). P. 134–147. <http://www.jstor.org/stable/24923122>
15. Franklin D. Andrews J. Megachange: The World in 2050. *Published March 27-th, 2012 by Wiley*; 320 p. URL: http://homes.ieu.edu.tr/odikkaya/FA313_2013/Project1_Assignment/megachange.pdf
16. 2010 and 2020 World Population and Housing Census Programmes. *Statistical Commission*, Forty-sixth session 3-6 March 2015. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/CN.3/2015/6
17. Demographic statistics. Report of the Secretary-General. *Statistical Commission*. Forty-eighth session, 7-10 March 2017. <http://undocs.org/en/E/CN.3/2017/19>
18. Demographic Yearbook 2015. *Department of Economic and Social Affairs, United Nations*. New York, 2016. <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dybsets/2015.pdf>
19. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques/ *Boca Raton: Chapman & Hall/CRC*. 2001. 305 p.
20. Standard country or area codes for statistical use. *United Nations*. 2017. <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>
21. World Population Prospects. The 2015 Revision. Methodology of the United Nations Population Estimates and Projections. *United Nations*. New York. 2015. https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2015_Methodology.pdf
22. World Population Prospects. The 2015 Revision. Population Devison. *United Nations*. New York, 2015. <http://esa.un.org/unpd/wpp/DataSources/>
23. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Highlights. *United Nations*. New York. 2014. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>
24. Lacusic B., Lacusic D., Jancic R., Stevanovic D. Morphoanatomical differentiation of the Balcan populations of the species *Teucrium flavum* L. (Lamiaceae). *Flora*. 2006. Vol. 201. N 1. P. 108—119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.05.001>
25. Capman C.R. Impact of lethality and rises in today world: lessons for interpreting earth history. *Catastrophic events and mass extinctions: Impact and beyond* / Ed. C. Koeberl, K.G. Mac-Leod: Boulder, Colorado. Geol. Soc. Amer. P. 356—370. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2356-6.7>
26. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N.I., Barnola J.-M. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 1999. Vol. 399. P. 429–436. DOI: <https://doi.org/10.1038/20859>

27. Keeling R.F., Piper A.F. Bollenbacher and J.S. Walker. Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. *Carbon Dioxide Information Analysis Center*, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2009. DOI: <https://doi.org/10.3334/CDIAC/atg.035>

Стаття надійшла до редакції 19.05.2023

Стаття рекомендована до друку 20.06.2023

V. L. BEZSONNYI, PhD (Technical),
Associate Professor of the Department of Environmental Safety and Environmental Education
e-mail: bezsonny@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>
V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022

THERMODYNAMIC APPROACHES IN THE RESEARCH OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Purpose. Analysis from the thermodynamic point of view of the causes of global environmental problems and the possibilities of overcoming them.

Results. The application of the laws of thermodynamics to attempts to solve environmental problems is analyzed. The existence of life and the biosphere as a whole is determined by the flow of energy, the intensity of which per unit weight of living beings significantly exceeds the specific intensity of energy transformation in the Sun. From the second law of thermodynamics, a conclusion is made about the objectivity of environmental pollution, since the efficiency of energy transformation is always less than 100%, and is 1-50%. The remaining part of the degraded energy is the main cause of environmental pollution. The emergence of many global environmental problems is directly related to this part of energy. There is continuous exponential growth in both population and energy consumption. A critical overview of the existence and development of global environmental problems is given. The development of population growth is predicted for the current century.

Conclusions. Possible ways to overcome global environmental problems are discussed. The need to develop a new paradigm of human interaction with the environment is confirmed.

KEY WORDS: *thermodynamics, environmental problem, energy, climate, biosphere*

References

1. Bezsonnyi, V., Tretyakov, O., Sherstyuk, M., & Nekos, A. (2022). Thermodynamic aspects of the systems approach in ecology. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*; (57), 268-281. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-20>
2. Myronchuk, Yu. (1998). Thermodynamic aspects of the analysis of ecological processes. *Visnyk of DAAU*, (1), 60-68. (in Ukrainian).
3. Sytnyk, K., & Bagnyuk, V. (2006). Biosphere and climate: past, present and future. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, (9), 3-20. (in Ukrainian).
4. Kravchenko, K. O. (2022). To the question of research of geo-ecological problems of urbanization processes in the aspect of the concept of sustainable development. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, 38, 6-19. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-01>
5. Yermeev, V., & Yefimov, V. (2003). Regional aspects of global climate change. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, (2), 14-19. (in Ukrainian).
6. Barabash, M., Hrebenyuk, N., & Tatarchuk, O. (1998). Climate change under global warming. *Water management of Ukraine*, (3), 9-12. (in Ukrainian).
7. Rudyy, B. (2003). Critique of evolutionism. Kyiv: The Fourth Wave. (in Ukrainian).
8. Didukh, Ya.P. (2014). Assessment of stability and risk of loss of ecosystems. *Scientific notes of National University of Kyiv-Mohyla Academy*, 158, (Biology and ecology), 54-60. [In Ukrainian]
9. Sytnyk, K., & Bagnyuk, V. (2005). Global warming: the contribution of atomic energy. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, (6), 3-16. (in Ukrainian).
10. Sytnyk, K. (2003). Noosphere: myths and reality. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, (5), 45-53. (in Ukrainian).
11. Lorinus, Calange, Oeschger, Hans. (1994). Climate change. Paleoperspectives: reducing uncertainties in global change? *AMBIO*. 23, (1), 30-36.

12. Cherevatskyi, D. (2021). Quality of life dependence on energy consumption: intercountry variations. *Demography and Social Economy*, 45(3), 144–157. <https://ojs.dse.org.ua/index.php/dse/article/view/28>
13. BP Statistical Review of World Energy. Retrieved from <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
14. Cook, E. The Flow of Energy in an Industrial Society. *Scientific American*. 1971225(3), 134–147. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/24923122>
15. Franklin, D. & Andrews, J. (2012). Megachange: The World in 2050. *Published March 27-th, 2012 by Wiley*. Retrieved from http://homes.ieu.edu.tr/odikkaya/FA313_2013/Project1_Assignment/megachange.pdf
16. 2010 and 2020 World Population and Housing Census Programmes. (2015). *Statistical Commission*, Forty-sixth session 3-6 March 2015. Retrieved from http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/CN.3/2015/6
17. Demographic statistics. (2017). Report of the Secretary-General. *Statistical Commission*. Forty-eighth session, 7-10 March 2017. Retrieved from <http://undocs.org/en/E/CN.3/2017/19>
18. Demographic Yearbook 2015. (2016). *Department of Economic and Social Affairs, United Nations*. New York, Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dybsets/2015.pdf>
19. Golyandina N., Nekrutkin V., & Zhigljavsky A. (2001). Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. *Boca Raton: Chapman & Hall/CRC*.
20. Standard country or area codes for statistical use. *United Nations*. 2017. Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>
21. World Population Prospects. (2015). The 2015 Revision. Methodology of the United Nations Population Estimates and Projections. *United Nations*. New York. Retrieved from https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2015_Methodology.pdf
22. World Population Prospects. (2015). The 2015 Revision. Population Devision. *United Nations*. New York, Retrieved from <http://esa.un.org/unpd/wpp/DataSources/>
23. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Highlights. *United Nations*. New York. 2014. Retrieved from <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>
24. Lacusic B., Lacusic D., Jancic R., & Stevanovic D. (2006). Morphoanatomical differentiation of the Balcan populations of the species *Teucrium flavum* L. (Lamiaceae). *Flora*. 201(1), 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.05.001>
25. Capman, C.R. (2002). Impact of lethality and riscs in today world: lessons for interpreting earth history. In Koeberl C., Mac-Leod K.G. (Eds.). *Catastrophic events and mass extinctions: Impact and beyond*. Boulder, Colorado. Geol. Soc. Amer. P. 356—370. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2356-6.7>
26. Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.-M. et al. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399, 429–436. <https://doi.org/10.1038/20859>
27. Keeling, R.F., Piper, A.F. Bollenbacher, & Walker J.S. (2009). Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. *Carbon Dioxide Information Analysis Center*, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/atg.035>

The article was received by the editors 19.05.2023

The article is recommended for printing 20.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-04>
УДК: 504+378

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

Г. В. ТІТЕНКО¹, канд. геогр. наук, доц.,
директор Навчально-наукового інституту екології
-mail: titenko@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

Д. О. АЛЕКСАНДРОВА¹,
студентка Навчально-наукового інституту екології,
e-mail: darina222555@icloud.com

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

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КАТОВІЦЕ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Мета. Оцінка забезпеченості населення міста Катовіце (Польща) зеленою інфраструктурою на основі аналізу особливостей її формування та просторового розподілу по території урболандшафтів.

Методи. Історичний (дослідження історичного шляху становлення Катовіце як сучасного зеленого міста), математико-статистичні для розрахунку зеленого індексу забезпеченості населення зеленою інфраструктурою та методи систематизації та узагальнення.

Результати. Катовіце - місто в південній Польщі, що було сформовано в середині XIX століття в результаті розвитку вугільної промисловості в регіоні Сілезія зараз має площу 164,73 км² та населення 290 тисяч осіб. Для нівелювання негативних наслідків промислового виснаження урболандшафтів в місті запроваджено розбудову зеленої інфраструктури, яка наразі становить 42 % площі міста, що розподілена не рівномірно. Встановлено, що зелена інфраструктура має значний позитивний вплив на якість життя мешканців урбанізованих районів міста Катовіце. Серед районів виділяються Підляшшя – понад 300 м²/особу. Мурки та Падеревського-Муховець - понад 250 м²/особу. Шопеніце-Буровець, та Бринув - Ос. Згжебнська - понад 100 м²/особу та Домб, Зажече і Домбрувка Мала - від 50 до 100 м²/особу. Ці райони мають достатній рівень забезпеченості зеленою інфраструктурою населення за нормами ВООЗ (50 м²). Але райони Заводзе, Зеленьська і Ос. Тисенкляча (ЗІ менше 10 м²/особу) потребують вжиття заходів для підвищення забезпеченості населення зеленою інфраструктурою.

Висновки. На основі розрахунку Зеленого Індексу визначено райони, що відповідають нормам озеленення і райони, які потребують застосування новітніх технологій розбудови зеленої інфраструктури (встановлення вертикальних садів та озеленення дахів тощо).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: зелена інфраструктура, зелений індекс, урболандшафт, парк, заповідник, біорізноманіття, забруднення

Як цитувати: Максименко Н. В., Тітенко Г. В., Александрова Д. О. Особливості формування зеленої інфраструктури міста Катовіце: проблеми та перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 42 - 57. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-04>

In cites: Maksymenko, N. V., Titenko, G. V., & Aleksandrova, D. O. (2023). Features of the of the Katowice city green infrastructure: problems and prospects. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 42 - 57. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-04> (in Ukrainian)

Вступ

Зелена інфраструктура є необхідною складовою сучасного міського планування, особливо у великих індустріальних центрах,

якими є місто Катовіце в Польщі. Катовіце, розташоване у верхів'ї Сілезької вугільної копальні та має тривалу історію надмірного

© Максименко Н. В., Тітенко Г. В., Александрова Д. О., 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/)

антропогенного навантаження на природні комплекси міста. Проте, у зв'язку зі змінами, що відбулись в суспільстві та народно-господарському комплексі Польщі, змінилось і ставлення до розвитку міста. Також зі зростаючою кількістю населення з'явилась необхідність у збалансованому розвитку, який враховує потреби природи та громади. Впровадження зеленої інфраструктури стало одним із способів досягнення цієї мети.

Необхідність формування зеленої інфраструктури у місті Катовіце впливає з низки причин. По-перше, зелена інфраструктура сприяє покращенню якості життя міського населення. Вона забезпечує задоволення естетичних потреб, використовується для відпочинку, фізичної активності та рекреації [1]. Зелені зони і парки допомагають знижувати рівень стресу, покращувати психологічне самопочуття та сприяють здоров'ю мешканців, та покращують якість розумової працездатності населення. По-друге, зелена інфраструктура має велике значення для збереження біорізноманіття та екологічної стійкості міста [2]. Вона є структурним елементом зелених коридорів, які є ареалом помешкання та міграції різних видів рослинного і тваринного світу. Зелені насадження також допомагають покращувати якість повітря, зменшуючи концентрацію шкідливих речовин і викидів CO₂. Це особливо важливо для міста Катовіце, яке знаходиться в індустріальному регіоні з історією видобутку вугілля. Зелені насадження також знижують акустичне навантаження на людину, що доведено нашими попередніми дослідженнями [3, 4, с.31]. По-третє, зелена інфраструктура впливає на кліматичний комфорт міста та перерозподіл поверхневого стоку [5]. Вона допомагає зменшити ефект острова тепла, забезпечуючи тінь, охолоджуючий ефект та регулюючи мікроклімат [6, с.181; 7, с.168-169]. Крім того, зелена інфраструктура в місті Катовіце має важливий соціальний аспект. Вона сприяє створенню громадських просторів для спілкування, проведення культурних заходів, фестивалів та спортивних змагань.

Таким чином, зелена інфраструктура стає необхідним елементом розвитку міста Катовіце, сприяючи покращенню якості життя мешканців, збереженню біорізноманіття, покращенню екологічної стійкості, зниженню впливу кліматичних змін та створенню сприятливого соціального середовища.

Метою дослідження є оцінка забезпеченості населення міста Катовіце (Польща) зе-

леною інфраструктурою на основі аналізу особливостей її формування та просторового розподілу по території урболандшафтів.

Постановка проблеми. Місто Катовіце було сформовано в середині XIX століття в результаті розвитку вугільної промисловості в регіоні Сілезія. На території сучасного міста до цього часу існували окремі села та містечка, такі як Нікодем, Богуславіце, Дьєчіньце та інші [8]. У 1823 році в Катовіце було знайдено вугілля, що спричинило стрімкий розвиток вугільної промисловості в регіоні. У 1865 році було засновано першу вугільну шахту в Катовіцах, яка називалась «Гігант». Право міста йому було надано 11 вересня того ж року. З цього моменту почалося формування промислового центру в Катовіце. За часів найбільшого розквіту вугільної промисловості у Сілезії, Катовіце стали одним з найважливіших вугільних центрів Європи. В наступні десятиліття розвиток промисловості у місті призвів до значного приросту населення та розширення території міста. На території сучасного міста Катовіце було розташовано понад 50 кам'яновугільних шахт. До XX століття з них зберіглося 12, а сьогодні діють лише три. У 1922 році Катовіце стало адміністративним центром новоствореної Сілезької провінції, яка була приєднана до Польщі після Першої світової війни. Після Другої світової війни місто було зруйноване, але було відновлено та зберегло свій індустріальний характер. Катовіце стало важливим металургійним центром, що збільшило значення міста у господарському житті Польщі [8]. Зараз місто продовжує розвиватись як промисловий центр, зокрема, у вуглевидобувній та металургійній галузях, але також активно розвивається як культурний та науковий центр.

Стрімкий розвиток промисловості та видобувної галузі в Катовіце в 20 столітті погіршив екологічну ситуацію в регіоні. Забруднення повітря було настільки серйозним, що в Катовіце відбувався феномен «чорного снігу», коли весь білий сніг забруднювався вугільним пилом та сажею. Окрім того, забруднення водних ресурсів також було серйозною проблемою, оскільки виробництво та промислова діяльність в районі призводили до забруднення річок та озер [9].

Наприкінці 20 сторіччя у Катовіце було змінено вектор на покращення екологічної ситуації в місті, прийнято ряд нормативних актів та програм, що мали на меті зменшення

забруднення повітря, ґрунту та води, запроваджені більш сучасні технології та устаткування на промислових підприємствах, що дозволило зменшити викиди забруднюючих речовин. Розроблено та реалізовано плани щодо створення зеленої інфраструктури. Це включало в себе збереження та відновлення парків, садів та лісів, впровадження екологічних систем водопостачання, а також створення велосипедних та пішохідних маршрутів, розширення громадського транспорту та встановлення екологічних стандартів для нових будівель і інфраструктури [10]. Багато забруднених промислових майданчиків перет

ворено на парки та рекреаційні зони [11], де мешканці могли насолоджуватися природою і проводити свій вільний час (рис. 1).

Велика увага приділялася розширенню лісових масивів, що сприяло покращенню якості повітря та біорізноманіття в місті. Найбільш важливі зелені насадження у місті: Площа Свободи, Площа Анджея, Площа Короля Міаркі, Площа Ради Європи, Площа Грюнвальдського, Площа Юзефа Лондзіна, площа Августа Глондза, Площа Альфреда.

Уряд Катовице, в рамках Зеленого курсу впровадив новий закон про звільнення від сплати податку на нерухоме майно жит-



Рис. 1 – Ревіталізована територія колишньої вугільної шахти в центрі міста Катовице
Fig. 1 – The revitalized area of the former coal mine in the center of the city of Katowice

лових приміщень з озелененням дахом, вертикальним садом або з озелененням фасадом (Катовіце, 27 липня 2021 р. Пункт 5104 рішення № XXXVII / 827 / 21) [12, с. 81].

Історія формування зеленої інфраструктури в місті Катовіце є прикладом визначного зусилля управління та місцевих громадян, спрямованого на забезпечення сталого розвитку, поліпшення якості життя

Методи дослідження

Для оцінки ефективності системи збереження біорізноманіття шляхом створення та розвитку зеленої інфраструктури у місті Катовіце, проведено комплекс польових досліджень з експертною оцінкою стану насаджень та їх ролі у функціонуванні урбоекосистеми.

Визначення забезпеченості населення площею парків, садів, та інших об'єктів ЗІ проведено з використанням розрахунків загальноприйнятого індексу зелених насаджень як відношення площі зеленої зони до кількості людей, що мешкають в кожному районі. Для цього зібрано статистичні дані

Результати та обговорення

За даними статистичної звітності на 2021 рік, населення міста Катовіце становить близько 294 тисяч осіб. Загальна площа міста - близько 164 км². Місто має характерну промислову зону, але також має багато зелених зон та парків [14].

Катовіце адміністративно поділене на 22 райони, які об'єднання в п'ять груп (рис. 2):

1. Внутрішньоміські райони: Средмістя, Кошутка, Богучище, Ос. Падеревського-Муховець.
2. Північні райони: Залежне, Ос. Вітоса, Ос. Тисьонкляча, Домб, Вельновець-Юзефовець.
3. Західні райони: Лігота- Паневники, Бринув- Ос. Згжебньока, Зелена вулиця Галда-Бринув.
4. Східні райони: Заводзе, Домбрувка Мала, Шопеніце-Буровець, Янув-Нікішовець, Гішовець.
5. Південні райони: Мурки, Пйотровіце-Охоєць, Зажече, Костучна, Подляшша.

Катовіце має велику кількість зелених зон. Ці зони в місті можна класифікувати за різними критеріями, такими як їх призначення, розмір та екологічна цінність. Важли-

та збереження природних ресурсів. Це важливий етап в еволюції міста, який дозволив збалансувати промислову спадщину з екологічними та зеленими рішеннями. Саме аналізу досвіду впровадження зеленої інфраструктури в урболандшафти присвячена ця робота. Крім того, виявлено ряд проблемних аспектів та запропоновано шляхи їх вирішення.

про чисельність населення кожного району міста та площу присутніх на них окремих зелених ділянок. За допомогою програми супутникових знімків Google-Планета Земля розраховано площу кожного з лісів та парків, площі яких не містились у доступній статистичній інформації або в проектах Nature 2000.

Для візуалізації покрової реалізації дослідження використано картографічні методи та створено картографічні твори. Висновки за результатами розрахунків зроблені згідно Європейських норм щодо правил озеленення території міста [13].

во, що катовицькі ліси здебільшого утворюють компактний комплекс, що важливо для птахів і ссавців. Ліси в Катовіце займають 1,7 % усіх лісів у воєводстві, що робить Катовіце найбільш лісистим містом Сілезького воєводства та одним із найбільш лісистих міст у Польщі.

В Катовіце, зелені зони становлять 42 % (рис. 3.). Для порівняння, у Кракові зелені зони, тобто парки, галявини та ліси, становлять лише 10 % [10]. У рейтингу за кількістю озеленення Катовіце уступає лише двом польським містам: Сопот (Sopot) і Гданськ (Gdańsk). В першому лісові зони становлять 52 %, а в другому 44 %. Четверте місце посідає також Сілезьке місто Явожно (Jaworzno), розташоване приблизно за 25 кілометрів від Катовіце.

Катовицькі ліси мають переважно господарський характер, їх породний склад значною мірою залежить від діяльності людини. Але і в середині міста є багато зон наближених до природних. У лісових масивах Катовіце є кілька заповідних територій з правовим захистом [15]. Загалом, місто має диспропорцію в розподілі зелених зон, що разом з нерівномірною щільністю населення



Рис. 2 – Адміністративний поділ м. Катівіце

Fig. 2 – Administrative division of the city of Katowice

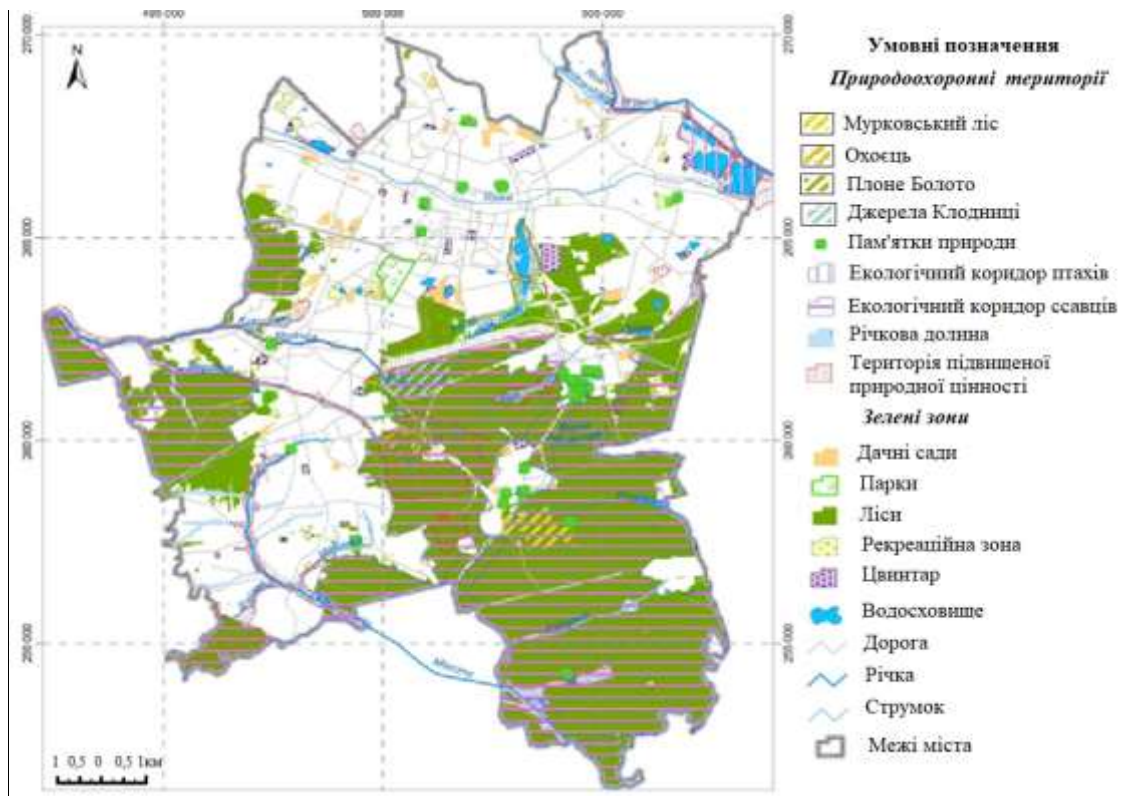


Рис. 3 – Природно-антропогенні комплекси м. Катівіце

Fig. 3 – Natural and anthropogenic complexes of Katowice

формує забезпеченість зеленою інфраструктурою жителів. Для об'єктивної оцінки співвідношення районів розраховано Зелений індекс (табл. 1).

Внутрішньоміські райони (рис. 2.).

Середмістя - найон м. Катовіце, що становить центр міста. Його площа - 3,81 км². Населення району становить 24441 осіб. Це найбільший урбанізований район міста із забудованістю понад 50 %. Майже вся територія району піддалась антропогенному впливу, здебільшого це пов'язано з видобувною діяльністю. У природній структурі Середмістя як місця компактної забудови основну роль відіграють зелені насадження у вигляді вуличних насаджень, озеленення дворів, скверів, цвинтарів та церковне озеленення. Ці території утворюють зелені острови різного розміру, що ускладнює контакт

між ними бар'єрами у вигляді компактної забудови. У Середмісті р. Рава служить екологічним коридором. Площа зелених насаджень рекреаційного призначення в Середмістя становить 17,7 га, зелені насадження займають 5,45 га району, районні парки 4,59 га, сквери і газони 13,11 га. Загальна площа зелених насаджень в районі складає 10,7 % від загальної площі району. Зелений індекс в Середмісті становить 16,70 м²/особу. Загальна оцінка забезпеченості ЗІ району є задовільною, але не переконливою з огляду на щільність компактної забудови району Середмістя.

Кошутка. Район Катовіце, розташований у північній частині міста, та повністю в басейні р. Вісла. Район має площу 1,38 км², з населенням 12431 осіб. Це найменший за територією і один з найбільш густонаселених

Таблиця 1

Оцінка районів міста за забезпеченістю зеленою інфраструктурою

Table 1

Assessment of the city's districts by provision of green infrastructure

Адміністративний район	Чисельність населення, осіб	Загальна площа району, км ²	Площа зеленої зони району, км ²	Відсоток від загальної площі району, %	Зелений індекс, м ² /особу
Середмістя	24441	3,81	0,4084	10,7	16,70
Кошутка	12431	1,38	0,2321	16,8	18,68
Богучіце	16538	2,78	0,4979	17,9	30,10
Падаревського-Муховець	12253	7,42	0,6551	6,8	53,46
Залежне	11569	3,39	0,2254	3,2	19,47
Ос. Вітоса	12401	3,49	0,2287	3,2	18,44
Ос. Тисенкляча	23501	1,88	0,2154	11,4	9,16
Домб	6914	1,86	0,4951	1,3	71,6
Вельновець- Юзефовець	15924	3,15	0,2006	2,9	12,59
Лігота-Паневники	28286	12,59	1,0866	11,5	38,41
Бринув, Ос. – Згжебньока	6384	4,08	0,8271	3,2	129,55
Зеленська Галда- Бринув	17207	6,54	0,2446	6,2	14,2
Заводзе	10835	4,00	0,0298	3,9	2,75
Домбрувка Мала	5411	3,68	0,3118	3,3	57,62
Шопеніце- Буровець	17139	8,47	1,85	6,6	107,94
Янув- Нікішовець	11496	8,65	0,2223	8,4	18,28
Гішовець	18475	12,03	0,5351	11,5	28,95
Мурки	5796	41,53	1,4578	40,7	251,51
Піотровіце-Охоець	22369	12,08	0,7949	11,2	35,53
Зажече	2851	5,08	0,2013	4,8	70
Костучна	11518	8,59	0,541	8,0	46,96
Підляшша	6645	8,28	2,2555	6,0	339,42

районів міста, з великою часткою людей непрацездатного віку. В районі Кошутка переважно житлова забудова з розвиненим сектором послуг. Діяльність людини, тривале містобудування та видобуток корисних копалин в районі призвела до зміни властивостей ґрунтів, та до майже повного зникнення природних елементів. На всій території району переважають антропогенні ґрунти. Найбільшою територією зелених насаджень є парк Альози Будньок (park Ałozju Brudniok) з площею у 4,5 га. Основну роль у природній структурі району відіграють зелені насадження у вигляді вуличних насаджень, озеленення дворів, площ і скверів. В районі відсутні форми охорони природи та природні пам'ятки. Загальна площа зелених насаджень становить 16,8 % від загальної площі району. Забезпеченість зеленою інфраструктурою на одну особу в районі становить 18,68 м².

Богучице. Район розташований у північній частині міста, на північному березі р. Рава. Чисельність населення становить 16538 осіб. Площа району - 2,78 км². Один з найменших районів міста, його функції переважно житлові та культурні. На всій території району переважають антропогенні ґрунти. Видобуток кам'яного вугілля в районі порушив природний стік підземних вод. У межах району, у східній частині розташовані 2 ставки, один з яких площею 2 га, що перебуває під опікою Польського рибальського товариства. Зелена інфраструктура району Богучице складається з вуличних насаджень, озеленення дворів, площ і скверів. "Богучий парк" (Park Bogucki)-найбільша територія зелених насаджень в районі рекреаційного значення, що складає 3,78 га та підпорядкована Міському управлінню зелені м. Катовіце. Близько 16 % площі в районі займають зелені насадження. Загальний показник ЗІ в районі становить 30,10 м² на особу, що є задовільним показником в межах урбанізованого району.

Падаревського-Муховець. Житловий масив, розташований на південний схід від Середмістя. Численність населення 12253 осіб. Площа району складає 7,42 км². Територія розташована у водозборі Потік лісний, що є частиною басейну р. Вісла та протікає на схід в долині під назвою "Долина трьох

ставків" (Dolina Trzech Stawów). На території району утворилися водосховища внаслідок видобутку корисних копалин. Долина є місцем зосередження спортивних та рекреаційних заходів та місцем проживання різних видів організмів, у тому числі трьох охоронюваних рослин і кількох видів земноводних. Площа долини складає 65,5 га. Загальний відсоток зеленої зони району порівняно є досить невеликим і становить лише 6,8 % від загальної площі, але ЗІ становить 53,46 м² на особу, завдяки пропорціональному співвідношенню площі району і чисельності населення району. Падаревського-Муховець один з найбільш забезпечених зеленою інфраструктурою районів м. Катовіце.

Комплекс північних районів (рис. 2).

Залежне - район розташований у північно-західній частині міста, на р. Рава і повністю в басейні р. Вісла. Це одна з найстаріших частин Катовіце. Район має площу 3,39 км² (2,05 % площі міста). Населення району становить 11569 осіб. Ґрунти району забруднені важкими металами (свинцем, кадмієм і цинком), спричиненими викидами забруднюючих речовин від промислового та вугільного спалювання. Промисловий розвиток супроводжувався деградацією природного середовища району, який досяг безпрецедентних масштабів. Через інтенсивну урбанізацію територія району Залежне характеризується відносно невеликою часткою зелених зон. Відсутні також природоохоронні території та пам'ятки природи. Сьогодні більшість територій району вкриті рудеральною рослинністю в антропогенних середовищах забудови та міських пустирів. Рослинність району висаджена та підтримувана у вигляді парків та міських газонів. У неупорядкованих зелених насадженнях переважно ростуть: клен, тополя, береза та липа. У північній частині район межує з колишнім екологічним об'єктом «Ставки на тисячоліття» (Stawy na Tysiącleciu), який є місцем проживання земноводних і водно-болотних птахів. Основними формами озеленення Залежне є: прибудинкові сади, упорядковані та неупорядковані зелені насадження. За насадження в районі відповідає Сілезьке окружне правління Польської земельної асоціації. Загальний відсоток зеленої зони в районі становить 3,2 %. ЗІ який припадає на особу

в цьому районі становить 19,47 м², що є досить низьким показником з точки зору забезпеченості зеленої інфраструктури.

Ос. Вітоса. Житловий масив, розташований у північно-західній частині міста. Район має площу 3,49 км² (2,11% від площі міста). Населення складає 12 401 осіб. В районі зустрічаються переважно антропогенні ґрунти, складені валунними глинами. Північна частина району розташована в западині р. Рава. У південній частині району розташовані Кохловицькі гори. Територія житлового масиву Ос. Вітоса повністю розташована в басейні р. Вісла. Район характеризується досить великою часткою зелених зон розташованих у західній частині району. Зелені насадження в районі розташовані переважно в південно-східній частині і знаходяться під керівництвом Сілезького окружного правління Польської земельної асоціації. Загальний відсоток зеленої зони району становить 3,2 %. ЗІ становить 18,44 м² на особу. Це досить низький показник з огляду забезпеченості зеленої інфраструктури.

Ос. Тисенкляча. Район розташований у північно-західній частині міста. Площа району становить 1,88 км² (1,14% від площі міста). Кількість жителів становить 23501 осіб. Територія району дуже пошкоджена внаслідок гірничої діяльності. Поверхня району сильно трансформована внаслідок діяльності людини, переважно у вигляді насипів та перекосів у результаті розвитку житлового будівництва, які значною мірою сприяли остаточному формуванню дільниці. В районі зустрічаються переважно антропогенні ґрунти, що забруднені важкими металами (свинцем, кадмієм і цинком). Територія Ос. Тисенкляча повністю розташована в басейні р. Вісли, у водозбірній зоні р. Рава. Територія району, незважаючи на високу густоту населення, характеризується значною часткою зелених насаджень, особливо завдяки сусідству двох великих зелених комплексів – в східній частині екологічного об'єкту Стави на Тисенкляці (Stawy na Tysiąclecie) площею 16 га, та лісовим комплексом (8,4 га) у південній та південно-західній частині. Основними формами зелених насаджень на території району є насадження приватного господарського характеру. Характерною ознакою району є відсутність насаджень у вигляді клумб. Зелений відсоток

від загальної площі району становить 11,4 %, а ЗІ на особу складає 9,16 м². Такий показник зумовлений маленькою територією району і великою урбанізацією району. Загальний показник не відповідає нормам з боку забезпеченості зеленою інфраструктурою району Ос. Тисенкляча.

Домб. Район розташований у північній частині міста, на річці Рава. Територія цього району складає всього 1,86 км². Численність населення в районі становить 6914 осіб. Ґрунти в районі зазнали сильного антропопопресування внаслідок розвитку населення. В результаті індустріалізації та урбанізації району частка зелених насаджень зменшилася, але все ще залишається досить великою. У західній частині Домб межує з обширним парковим комплексом «Парк Сласький» (Park Śląski) який знаходиться в адміністративних кордонах міста Хожув і має площу 535 га. В районі немає поверхневих форм охорони природи чи пам'яток природи. Але є декілька зон зелених насаджень і скверів загальною площею 14,5 га. Загальний відсоток зеленої площі становить 1,3 % від загальної площі району, що по співвідношенню до 6914 осіб проживаючих на цій території, становить 71,6 м² на особу, що свідчить про достатню забезпеченість зеленою інфраструктурою району Домб.

Вельновець-Юзефовець. Район розташований у північній частині міста, на Хожувських пагорбах. Сам район складається з двох основних історичних частин: Вельновець і Юзефовець. Площа складає 3,15 км². Численність населення складає 15924 осіб. Район є переважно житловим з високорозвинутою галуззю промисловості. В районі діяльність людини є домінуючим ґрунтоутворюючим фактором, внаслідок розвитку промислової діяльності, були значною мірою спустошені та деградовані більшість земельних ділянок. Територія району повністю розташована в басейні р. Вісла, у водозбірному басейні двох річок: р. Бриниця і Рава. Територія району значною мірою урбанізована, тому зелених насаджень мало. Насамперед у вигляді зелених насаджень, створених за участю людини (переважно присадибні сади, парки, кладовища, сквери та зони відпочинку). Незабудовані зелені території району: Ліс Альфреда (Lasek Alfreda), що складає 15,88 га, та околиці парку Вельновець (Park

Wełnowiecki) площею 4,18 га. У районі немає поверхневих форм охорони природи. Зелена площа в районі складає 2,9 %. ЗІ становить 12,59 м² на особу. Співвідношення площі району порівняно до відсотка зеленої зони та чисельності населення свідчить про недостатню забезпеченість зеленою інфраструктурою району Вельновець-Юзефовець.

Комплекс західних районів міста (рис. 2).

Лігота-Паневники - район розташований у західній частині міста, на річці Клодниця і повністю розташований у басейні р. Одра. Населення 28286 осіб (10,38% населення Катовіце). Площа району становить 12,59 км². Лігота-Паневники є багатофункціональним районом з переважно житловими і обслуговуючими функціями місцевого характеру, в районі розташовані підприємства різних галузей. Лігота-Паневники є другим за величиною районом Катовіце (після району Мурки) за площею, а також найбільш густонаселеним районом міста. У Катовіце, включно в районі Лігота-Паневники, переважають ґрунти, які більшою мірою зазнали антропогенного втручання і як наслідок втратили свої властивості. Район зберіг свої природні та напівприродні ландшафти, зокрема комплекс Паневницьких лісів, який характеризується високою природною та ландшафтною цінністю. Території з природними та ландшафтними цінностями важливі для охорони цінних видів рослин і тварин в районі Лігота-Паневники включають: потік Клокоцінець (Potok Kokociniec) площею 12,8 га, що з'єднується з екологічним коридором р.Клодниця; Долина Клодниці (Dolina Kłodnicy) з територією 54,5 га, західна частина долини має високі ландшафтні цінності та велику флористичну різноманітність; Старі Паневники (Stare Panewniki) -лісово-лугова місцевість площею 12,6 га, місцями заболочена, тут збереглися фрагменти торф'яно -лісових угруповань, в цій місцевості знаходиться чотири види охоронюваних рослин і кілька видів охоронюваних земноводних та птахів. В районі знаходяться також кілька зелених зон створених з інтеграційну та рекреаційною функцією загальною площею 18,31 га. Площа вуличних насаджень становить 10,45 га. Визначених поверхневих форм охорони природи в районі немає. В процен-

тному співвідношенні район має 11,5 % зеленої зони. Загальна забезпеченість ЗІ на особу становить 38,41 м², що є досить добрим показником розвиненості зеленої інфраструктури району Лігота-Паневники.

Бринув, Ос. – Згжебньока. Район розташований в центральній частині міста. Площа району 4,08 км². Населення району 6384 осіб. Межує з чотирма іншими районами: Середмістя, Ос. Район і Падеревського-Муховець і Зеленська Галда- Бринув. Розташований в басейні двох річок р. Вісла, р. Одра у водозбірній зоні р. Клодниця, яка протікає безпосередньо через район. В східній частині житлового масиву переважають житлові та рекреаційні функції, а також розвинені медичні, адміністративні та офісні функції. Ґрунти на території району піддалися сильному механічному впливу, що призвело до втрати своїх корисних властивостей. Розвиток промисловості і заселення району супроводжувалося прогресуючою деградацією природного середовища. Усі компоненти природного середовища зазнали перетворень. До складу зелених зон району входить парк Тадеуша Костюшко (Park im. Tadeusza Kościuszki), що повністю розташований в межах району (72 га), який входить до Міського управління зелені в Катовіце. Територію району доповнюють численні комплекси насаджених ділянок, загальною площею 10,7 га. Загальний відсоток зеленої зони району складає 3,2 %. ЗІ складає 129,55 м² на особу. Показник свідчить про дуже велику забезпеченість району зеленою інфраструктурою.

Зеленська Галда- Бринув. Район розташований у західній частині міста. Площа району складає 6,54 км² Численність населення складає 17207 осіб. Район має промисловий і житловий характер. Основним промисловим підприємством є кам'яновугільна шахта, яка діє з 1889 р. Житлова забудова району складається в основному з повоєнної забудови різної поверховості. Західна частина району Зеленська Галда-Бринув розташована у Верхньосілезькому басейні. Ґрунти в західній частині Зеленської Гальди-Бринової зазнали сильну антропопресію внаслідок розвитку поселень та промислової діяльності. Ґрунти забруднені важкими металами (свинцем, кадмієм і цинком), спричинені викидами забруднюючих речовин, особливо від промисло-

вого та вугільного спалювання. У західній частині зосереджені зелені зони у вигляді міських насаджень, які підпорядковуються Сілезькому окружному правлінню Польської асоціації земельних ділянок. Загальна площа насаджень становить 24,46 га. Загальний відсоток від площі району складає 6,2%. ЗІ складає 14,2 м² на особу. З огляду на демографію району, його зелений та промисловий потенціал, загальна оцінка становить незадовільний показник забезпеченості зеленою інфраструктурою району.

Східні райони міста (рис.2).

Заводзе. Район розташований у центральній-східній частині міста. Площа району займає 4 км². Населення району 13406 осіб. Район багатофункціональний, із сильно розвиненим промисловим сектором, також має добре розвинений сектор вищої освіти. Територія району розташована у Верхньосілезькому басейні. Діяльність людини спричинила зміни властивостей ґрунтів, а багаторічна забудова призвела до формування антропогенних ґрунтів на території району. Основну роль у природній структурі району відіграють зелені зони у вигляді вуличних насаджень, озеленення дворів, цвинтарів, площ і скверів. Ці території утворюють зелені островці різного розміру, контакт між ними ускладнює компактна забудова району. Площа рекреаційних зелених насаджень на території міської одиниці Заводзе становить 1,49 га, сімейних присадибних ділянок і парків тут немає, сквери та газони в районі займають 1,49 га. Проблема району, пов'язана із зеленими зонами які є критично малими для площі в 4 км², а промислові та житлові забудови, займають більшу частину площі району. Мало дитячих майданчиків, розвинених зелених насаджень і відкритих спортивних майданчиків. В районі один з найменших показників зелених зон, що становить 3,9 % від загальної площі району, тому ЗІ складає всього 2,75 м² на особу. Це критично низький показник забезпеченості зеленою інфраструктурою.

Домбрувка Мала. Район розташований у північно-східній частині міста. Район розташований на р. Бриниця. Район має промислово-житловий характер. Населення району 5411 осіб. Площа складає 3,68 км². Домбрувка Мала розташована повністю розташована в басейні р. Вісла, у водозбірному басейні двох річок: р. Бриниця (півні-

чна частина району) і р. Рава (південна частина). Територія району характеризується невеликою різноманітністю рельєфу поверхні, через високий антропопресинг території, ґрунти були сильно перетворені та сформувалися антропогенні ґрунти. На території району розташований об'єкт підвищеної природної цінності- долина Бриниці площею 25,0 га. В районі налічується три зони зелених насаджень, які контролюються окружним правлінням Польської асоціації і займають площу в 6,18 га. Загальна зелена зона району складає 3,3 % від всієї площі району. Завдяки невеликій чисельності мешканців району, ЗІ становить 57,62 м² на особу, що є показником добре забезпеченої зеленої інфраструктури району Домбрувка Мала.

Шопеніце- Буровець. Район розташований у східній частині міста. Населення району близько 17139 осіб. Територія складає 8,47 км². Район розташований в долині річки Рава, на межі з містом Сосновець. Район має переважно промисловий характер. Територія Шопеніце-Буровець є однією з найбільш сильно трансформованих територій у Катовіце, особливо в результаті важкої промисловості, яка призводить до високого забруднення ґрунтів (особливо важкими металами) і води, а також рослинного і тваринного світу. Район сильно трансформований і деградований та складається в основному з пустирів (55 га) і постіндустріальних територій (110 га) В районі знаходиться одна цінна природна ділянка, створена на місці колишніх піщаних кар'єрів, які з часом були заповнені водою, це природно-ландшафтний комплекс Шопеніце- Борки (Szopienice-Borki) площею 157 га, територія має велику природно-ландшафтну цінність і є місцем появи охоронюваних видів рослин і тварин. Урбанізована територія району є місцем озеленення зелених зон, загальна площа яких перевищує 28 га, зелені зони району підпорядковуються Катовіцькому обласному відділу Сілезького окружного правління. Загальна зелена зона у відсотках складає 6,6 % від загальної території району. ЗІ складає 107,94 м² на особу. Беручи до уваги кількість проживаючих осіб, загальну площу району та промисловий характер, район Шопеніце-Буровець є одним з самим високим показником

забезпеченості зеленою інфраструктурою районів м. Катовіце.

Янув-Нікішовець. Район розташований у східній частині міста, на кордоні з м. Мисловице та примикає до великої лісової території. Район має диверсифіковану функціональну і просторову структуру, де переважають житлові та промислові функції, але також з розвиненою сервісною та туристичною базою. Північна частина району зазнала сильного антропогенного тиску, тому ґрунти цієї території віднесені до антропогенних. Район характеризується значною часткою зелених зон. Ліси в районі Янув-Нікішовець перебувають під управлінням Державних лісів і адмініструються Інспекцією лісового господарства, ліси в основному зосереджені в північній, західній і південній частинах району. На території району знаходяться два зелені об'єкти: Парк Болина (Park Bolina) з площею в 4,71 га, та сквер Емілія та Георга Цільманів (Skwer Emilia i Georga Zillmannów). Присадибні ділянки в районі знаходяться під юрисдикцією Сілезького окружного правління Польської асоціації земельних ділянок, загальна площа яких 12,81 га. Загальна площа зелених зон міста складає 8,4 % від площі району. ЗІ на особу в районі складає 18,28 м². Незважаючи на територіальне положення району, доступ до зелених зон є досить розтягнутий по відношенню до забудованої частини району. Зелена інфраструктура цього району є не досить забезпеченою у порівнянні з подібними показниками (площа району та численність населення) інших районів міста.

Гішовець. Район розташований у східній частині міста, на р. Боліна. Район переважно житловий і промисловий, має площу 12,03 км² (7,30 % площі міста). Населення району складає 18475 осіб. Рельєф району, як результат господарської діяльності людини, зазнав сильних трансформацій, головним чином через використання сировини, розвиток промисловості та будівництво комунікаційної інфраструктури. Найбільшою деградованою та спустошеною територією є породний відвал після гірничих робіт, площею 12 га. Територія району охоплює фрагмент Мурковських лісів, які є величезним лісовим комплексом. Частина лісів, що на кордоні з районом Пітровіце-Охоєць, знаходиться під охороною. В урбанізованій частині

району розташовано понад 30 природних пам'яток, переважно в паркових зонах. Зелені території району складають 44,82 га, присадибні ділянки в районі за які відповідає Сілезьке окружне правління Польської асоціації земельних ділянок, складає 8,68 га. Загальна площа зелених зон в районі складає 11,49 %. ЗІ на кожну особу в районі складає 28,95 м². З огляду на значну кількість мешканців, район Гішовець є середньо забезпеченим зеленою інфраструктурою.

Комплекс південних районів (рис.2).

Мурки. Район розташований у південній частині міста, на плато Мурчек і відділений від центру міста та інших сусідніх населених пунктів широкою смугою навколишніх лісових масивів. Район носить переважно житловий характер. Мурцький район є найбільший за площею районом в місті, його площа 41,53 км² (25,2% площі Катовіце). Проживаючих осіб в районі 5796. Діяльність людини, пов'язана із заселенням, видобутком і переробкою мінеральних ресурсів, особливо кам'яного вугілля, вплинула на місцевість. Значна частина території району зайнята неглибокими виробками, які залишили післявиробні пустоти та просідання. Більша частина Мурчека розташована в басейні Вісли. З точки зору живої природи, район Мурки характеризується найбільшою часткою лісистості в Катовіце, вони віднесені до категорії пошкоджених внаслідок промислової діяльності, тому були включені до категорії захисних лісів. Район включає: Мурковський ліс з ознаками природного комплексу (141,56 га) та екологічний об'єкт "Плоне Болото" (Plone Bagno) площею 4,22 га. Загальний відсоток зеленої зони району складає 40,07%. ЗІ складає 251,51 м² на особу. Загальний показник забезпеченості району Мурки, є найвищим показником в м. Катовіце. Район дуже добре забезпечений зеленою інфраструктурою.

Пітровіце-Охоєць. Район розташований у південній частині міста на р. Слепотка. Населення району складає 22369 осіб. Площа району складає 12,08 км². Піотровіце-Охоєць є багатофункціональним районом, окрім житлової функції, є діяльність, пов'язана з освітою, охороною здоров'я, послугами та торгівлею, вищою освітою та промисловістю. Території Піотровіце-Охойці розташовані на Сілезькій височині.

Ґрунти в районі здебільшого втрачали своє споживче значення внаслідок їх механічного перетворення. Розвиток компактної забудови призвів до майже повного зникнення природних елементів. На території району розташований природний заповідник «Охоєць» площею 25,79 га. Також частково в районі розташований природно-ландшафтний комплекс «Żródła Kłodniczy» загальною площею 100,4 га, та частина парку Задоле (Park Zadole) загальною площею 7,76 га. Загальне значення зеленої зони в районі складає 11,2 %. ЗІ складає 35,53 м² на особу. Загальна оцінка забезпеченості зеленої інфраструктури є задовільною в умовах урбанізованого району.

Зажече. Район розташований у південно-західній частині міста на р. Млечна. Межує з районами: Пітровіце-Охоєць, Костучна і Підлісся. В районі спостерігається явище субурбанізації, яке пов'язане з постійним збільшенням кількості мешканців та його розширенням новими житловими будинками, переважно односімейними. Площа Жарчеча становить 5,08 км² (3,08 % площі міста). Чисельність населення району складає 2851 осіб. Зажече розташоване на Сілезькій височині. Ґрунти в районі значною мірою втрачали своє споживче значення внаслідок їх механічного перетворення. Найважливішим екологічним коридором в районі є р. Млечна, який з'єднує окремі лісові комплекси. В районі немає парків чи інших великих зелених насаджень. Завдяки сусідству лісистих районів (Пітровіце-Охоєць та Підлісся) і малій населеності району при досить великій загальній площі, загальний показник Зажече складає 4,8 % від площі району, а ЗІ складає 70 м² на особу, що є добрим показником забезпеченості зеленою інфраструктурою району.

Костучна. Район розташований у південній частині міста. виконує житлову функцію, поряд з якою розвинута сервісна та комерційна діяльність, промислова функція району пов'язана з територіями навколо колишньої шахти «Мурцький», де працюють підприємства різних галузей економіки. Костучна є одним із найбільших районів Катовіце – займає 8,59 км² (5,21% площі міста) Населення району складає 11518 мешканців (4,23 % населення Катовіце). Костучна розташована на Сілезькій височині і майже вся

площа району розташовані в басейні р. Вісла. Діяльність людини призвела до зміни властивостей ґрунтів, тривале містобудування призвело до створення в районі антропогенних ґрунтів. Однією з територій підвищеної природної цінності в районі є буковий ліс, що лежить між районами Мурки та Костучна. Це лісові угруповання з цінними віковими деревами бука на площі 54,1 га. В районі немає парків чи інших великих зелених насаджень. Загальний відсоток зеленої зони складає 8,0 % від загальної площі району. ЗІ складає 46,96 м² на особу в районі. Це відносно невеликий показник забезпеченості зеленої інфраструктури району Костучна.

Підляшся. Район розташований у південно-західній частині міста, на р. Млечна. Площа району становить 8,28 км² (5,03 % площі міста), населення складає 6645 осіб (2,44 % населення Катовіце). Підляшся розташоване на Сілезькій височині, та повністю в басейні р. Вісла. В районі розташована долина р. Млечна яка є найважливішим екологічним коридором у м. Катовіце, з охоронюваними видами рослин. Площа долини займає 224,5 га. Поверхневих форм охорони природи та пам'яток природи в районі немає, єдиною названою територією впорядкованих зелених насаджень є сквер Болеслава Голецького (1,05га). Відсоток зеленої площі району складає 6,0% від загальної. ЗІ складає 339,42 м² на особу, це найвищий показник забезпеченості зеленої інфраструктури в м. Катовіце.

Узагальнене порівняння зеленого індексу показане на рис. 4. Серед районів виділяються Підляшся – понад 300 м²/особу. Друга група районів – такі, де зелений індекс складає понад 250 м²/особу. Це: Мурки та Падеревського-Муховець. Третя група має понад 100 м²/ос. Це Шопеніце-Буровець, та Бринув - Ос. Згжебнська. Четверта група районів, що мають ЗІ від 50 до 100 м²/особу – це Домб, Зажече і Домбрувка Мала. Всі ці райони мають достатній рівень забезпеченості зеленою інфраструктурою населення, оскільки Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я (ВООЗ) нормою вважається 50 м² міських зелених насаджень на одного жителя.

Решта районів Катовіце мають індекс від 10 до 50 м²/особу. Всі ці райони відносно добре забезпечені зеленою інфраструктурою.

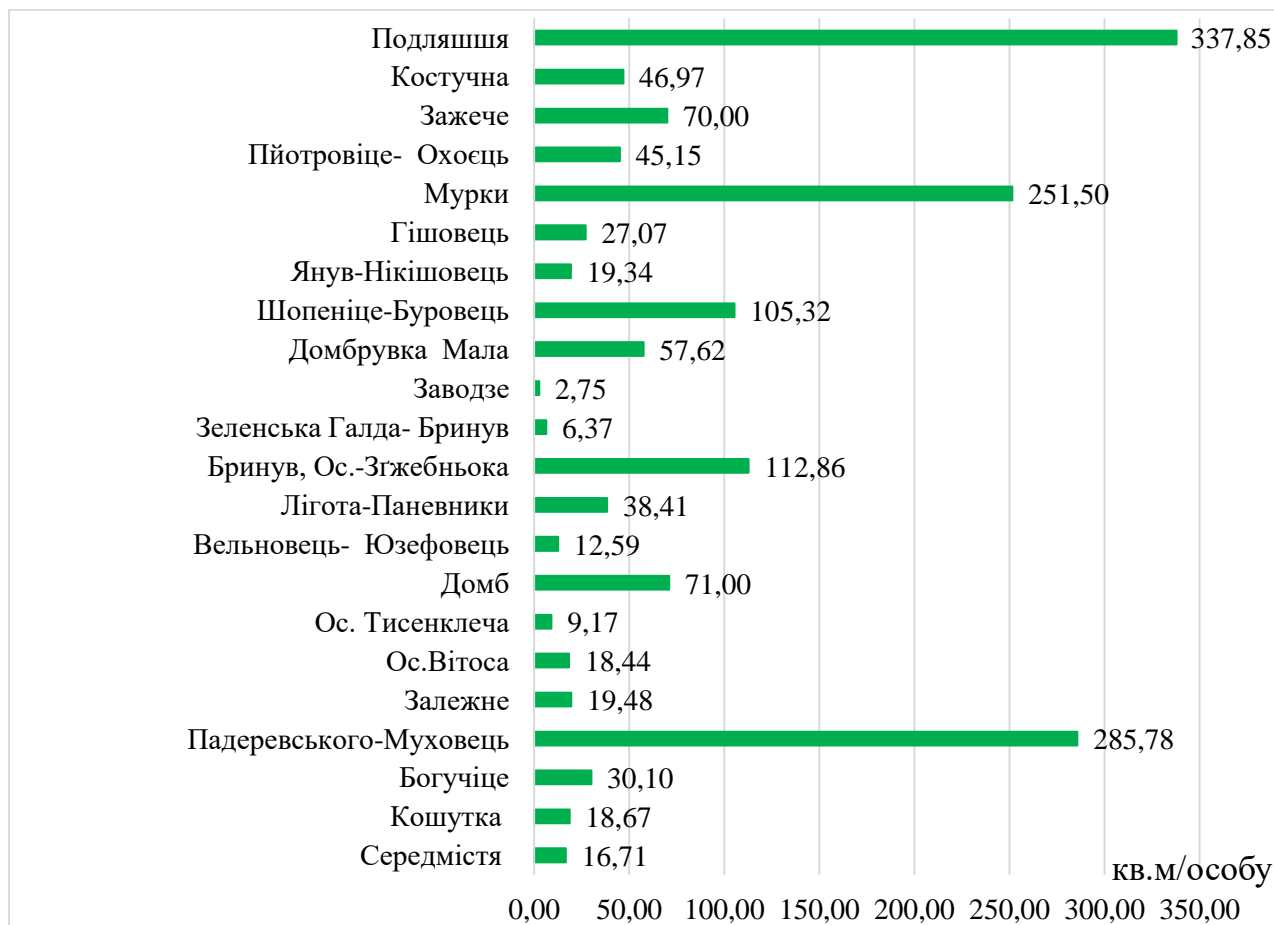


Рис. 4 – Зелений індекс районів м. Катовіце

Fig. 4 – Green index of Katowice districts

Але є 3 райони, де ЗІ менше 10 м²/особу, що є критично низьким показником. Це Заводзе, Зеленська і Ос. Тисенклуча. Саме для цих районів нами розроблені рекомендації з покращення забезпеченості зеленими насадженнями населення.

Перш за все потрібна розробка та впровадження стратегій зеленого планування. Це включає аналіз потреб та можливостей районів міста з урахуванням природних ресурсів, географічного положення та особливостей

місцевого населення. Наступним етапом є створення нових зелених просторів та відновлення існуючих. Це може бути реалізовано шляхом озеленення площ, парків, вулиць, а також встановлення вертикальних садів та озеленення дахів будівель. Застосування нових технологій у догляді за рослинами та автоматизація систем зрошення. Одним із головних аспектів покращення зеленої інфраструктури є збільшення розумного використання земельних ресурсів.

Висновки.

Для нівелювання негативних наслідків промислового виснаження урболандшафтів міста Катовіце вжито такі заходи:

- створено парки та зелені зони.
- колишні промислові майданчики було перетворено на парки та рекреаційні зони.
- велика увага приділялася розширенню лісових масивів.

- впроваджені ініціативи з просування екологічних видів транспорту. Мережа велосипедних доріжок була розширена, що сприяло зменшенню використання автомобілів та зменшенню викидів шкідливих речовин.
- встановлені екологічні стандарти для нових будівель і інфраструктури.

Енергоефективність, використання відновлювальних джерел енергії, зелені покрівлі, системи збору та повторного використання води стали важливими критеріями при будівництві нових споруд.

Зараз зелена інфраструктура має значний вплив на якість життя мешканців міста Катовіце. Завдяки наявності зелених зон і елементів у місті фіксується:

- покращення якості повітря;
- поліпшення фізичного та психічного здоров'я;
- зменшення ефекту острова спеки;
- збільшення естетичної привабливості міста;
- покращення якості життя урбанізованих районів;

– зменшення шуму та забруднення.

Загалом, місто має диспропорцію в розподілі зелених зон, що разом з нерівномірною щільністю населення формує забезпеченість зеленою інфраструктурою жителів. Для об'єктивної оцінки співвідношення районів розраховано Зелений індекс, як відношення площі зеленої зони в районі до чисельності населення району. Встановлено, що 8 районів перевищують норми ВООЗ щодо забезпеченості населення зеленою інфраструктурою. Але 3 райони мають критично низькі показники – менше 10 м²/особу. Для них рекомендовано реалізувати комплекс заходів щодо розширення площі зеленої інфраструктури.

Список використаної літератури

1. Maksymenko N., Shpakivska I., Burchenko S., Utkina K. Green Infrastructure in Lviv - example of park zones / *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. Slovak University of Agriculture in Nitra. 25, 2022(1): 37–43. DOI: <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>
2. Максименко, Н. В., Гололобова, О. О., Коваль, І. М., & Калиновський, О. І. (2021). Моніторинг стану зелених насаджень Шевченківського району м. Харків (на прикладі гірकोкаштану (*Aesculus Hippocastanum* L.)). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 36, 56-71. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-05>
3. Maksymenko N., Sonko S., Skryhan H., Burchenko S., Gladkiy A. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution. *IV International Scientific Congress «Society of Ambient Intelligence – 2021» (ISCSAI 2021)*. Kryvyi Rih, Ukraine, April 12–16, 2021. Vol. 100. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
4. Capra C. F. The Smart City and its citizens: Governance and citizen participation in Amsterdam Smart City. *Int. J. E-Plan. Res.* 2016. №5. P. 20–38.
5. Maksymenko, N., Burchenko, S., Utkina, K., & Buhakova, M. Influence of green infrastructure objects for quality of surface runoff (on the example of green roofs in Kharkiv). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology.* 2021.N 55. P. 274-284. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>
6. Eskelinen T. Interpreting the Sustainable Development Goals through the Perspectives of Utopia and Governance. *Forum Dev. Stud.* 2021. №48. Pp. 179–197. DOI: <https://doi.org/10.1080/08039410.2020.1867889>
7. Paszkowski Z. W. Ideal Future City in Relation to Urban Tendencies in Poland. *Technical Transactions. Architecture.* 2014. Pp. 159–177.
8. Biuletyn Informacji Publicznej. Urząd Miasta Katowice: веб-сайт. URL: <https://bip.katowice.eu/Strony/default.aspx?menu=562&menu=562> (дата звернення: 02.05.2023).
9. Industrial Legacy: веб-сайт. URL: <https://urbantransitions.org/portfolio/katowice-poland/> (дата звернення: 04.05.2023).
10. Is Katowice Better Than Kraków? 9 Reasons Why Katowice Is a Great City For Living (And Exploring): веб-сайт. URL: <https://wellcome-home.com/blog/is-katowice-better-than-krakow-9-reasons-why-katowice-is-a-great-city-for-living-and-exploring/> (дата звернення: 06.05.2023).
11. Музеї замість шахт. Як Катовіце у Польщі перетворили на зелене туристичне місто: веб-сайт. URL: <https://www.rbc.ua/rus/travel/muzei-shaht-katovitse-polshe-prevratili-zelenyy-661783105.html> (дата звернення: 05.05.2023).
12. Planning «the Future of the City» or Imagining «the City of the Future»? In Search of Sustainable Urban Utopianism in Katowice: веб-сайт. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11572> (дата звернення: 05.05.2023).
13. Проект Закону України "Про зелені насадження міст та інших населених пунктів". URL: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc41?Pf3511=55455>

14. Aleksandrova D.O., Maksymenko N. V., Cherkashyna N. I. Distribution of Green Infrastructure by districts of the city of Katowice (Polland). *Ecology is a priority: зб. тез Всеукраїнської студентської англomовної конференції* (Харків, 19 квітня 2023). Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023., Р. 7-9. URL: <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2023/04/ecology-is-a-a-priority-zbirka-2023-final.pdf>
15. Grossi G., Pianezzi, D. Smart cities: Utopia or neoliberal ideology. *Cities*. 2017. № 69. Pp. 79–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.012>

Стаття надійшла до редакції 14.05.2023

Стаття рекомендована до друку 18.06.2023

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>

G. V. TITENKO¹, PhD (Geography), Associate Professor,
Head of Karazin Institute of Environmental Sciences
e-mail: titenko@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

D. O. ALEKSANDROVA.
Student of Karazin Institute of Environmental Sciences
e-mail: darina222555@icloud.com

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University,*
4, Svobody Square Kharkiv, 61022, Ukraine

FEATURES OF THE FORMATION OF THE KATOWICE CITY GREEN INFRASTRUCTURE: PROBLEMS AND PROSPECTS

Purpose. To assess the provision of green infrastructure in the city of Katowice (Poland) based on the analysis of the peculiarities of its formation and spatial distribution on the territory of urban landscapes.

Methods: Historical (study of the historical path of the formation of Katowice as a modern green city), mathematical and statistical for calculating the green index of the provision of the population with green infrastructure and methods of systematization and generalization.

Results. Katowice is a city in southern Poland, which was formed in the middle of the 19th century as a result of the development of the coal industry in the Silesian region. It now has an area of 164.73 km² and a population of 290 thousand people. In order to level the negative consequences of the industrial depletion of urban landscapes in the city, the development of green infrastructure has been introduced, which currently makes up 42% of the city's area, which is not evenly distributed. It has been established that green infrastructure has a significant positive impact on the quality of life of residents of urbanized areas of the city of Katowice. Among the districts, Podlasie stands out - more than 300 m²/person. Murky and Paderevsky-Mukhovets - more than 250 m²/person. Shopenice-Burovets, and Brynow - Os. Zgrzebnska - more than 100 m²/person and Domb, Zarzeche and Dombrovka Mala - from 50 to 100 m²/person. These areas have a sufficient level of provision of green infrastructure for the population according to WHO norms (50 m²). But Zavodze, Zelenska and Os districts. Tysenklech (ZI less than 10 m²/person) need to take measures to increase the provision of green infrastructure to the population.

Conclusions. On the basis of the calculation of the Green Index, areas that meet greening standards and areas that require the use of the latest green infrastructure development technologies (installation of vertical gardens and greening of roofs, etc.) are determined.

KEY WORDS: *green infrastructure, green index, urban landscape, park, nature reserve, biodiversity, pollution*

References

1. Maksymenko, N., Shpakivska, I., Burchenko, S., & Utkina, K. (2022). Green Infrastructure in Lviv - example of park zones. *Acta Horticulturae et Regioteecturae*. Slovak University of Agriculture in Nitra. 25, (1): 37–43. <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0005>
2. Maksymenko, N. V., Gololobova, O. O., Koval, I. M., & Kalynovskyi, O. I. (2021). Monitoring of the Condition of Green Plantations in Shevchenkivskiy District of Kharkiv (on The Example of Bittle Chestnut

- (Aesculus Hippocastanum L.). *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 36, 56-71. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-05>
3. Maksymenko, N., Sonko, S., Skryhan, H., Burchenko, S., & Gladkiy, A. (2021). Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution. *Proceedings of the IV International Scientific Congress: Society of Ambient Intelligence – 2021 (ISCSAI 2021)*. (Kryvyi Rih, Ukraine, 2021, April 12–16.). 100. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
 4. Capra, C. F. (2016). The Smart City and its citizens: Governance and citizen participation in Amsterdam Smart City. *Int. J. E-Plan. Res.*, (5), 20–38.
 5. Maksymenko, N., Burchenko, S., Utkina, K., & Buhakova, M. (2021). Influence of green infrastructure objects for quality of surface runoff (on the example of green roofs in Kharkiv). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (55), 274-284. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>
 6. Eskelinen, T. (2021). Interpreting the Sustainable Development Goals through the Perspectives of Utopia and Governance. *Forum Dev. Stud.* (48), 179–197. <https://doi.org/10.1080/08039410.2020.1867889>
 7. Paszkowski, Z. W. (2014). Ideal Future City in Relation to Urban Tendencies in Poland. *Technical Transactions. Architecture*. 159–177.
 8. Biuletyn Informacji Publicznej. Urząd Miasta Katowice. (2023, May 02). Retrieved from <https://bip.katowice.eu/Strony/default.aspx?menu=562&menu=562>
 9. Industrial Legacy. (2023, May 04).: Retrieved from <https://urbantransitions.org/portfolio/katowice-poland/>
 10. Is Katowice Better Than Kraków? 9 Reasons Why Katowice Is a Great City For Living (And Exploring)/ (2023, May 06). Retrieved from <https://wellcome-home.com/blog/is-katowice-better-than-krakow-9reasons-why-katowice-is-a-great-city-for-living-and-exploring/>
 11. Museums instead of mines. How Katowice in Poland was turned into a green tourism city: website. (2023, May 05). Retrieved from <https://www.rbc.ua/rus/travel/muzei-shaht-katovitse-polshe-prevratili-zelenyy-661783105.html>
 12. Planning «the Future of the City» or Imagining «the City of the Future»? In Search of Sustainable Urban Utopianism in Katowice. (2023, May 05). Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11572>
 13. Draft Law of Ukraine "On green spaces of cities and other settlements". Retrieved from <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc41?Pf3511=55455>
 14. Aleksandrova, D.O., Maksymenko, N. V., & Cherkashyna, N. I. (2023). Distribution of Green Infrastructure by districts of the city of Katowice (Polland). *Ecology is a priority: theses of the All-Ukrainian English-speaking student conference* (Kharkiv, April 19, 2023). Kharkiv: V. N. Karazin KhNU, P. 7-9. Retrieved from <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2023/04/ecology-is-a-a-priority-zbirka-2023-final.pdf>
 15. Grossi, G., & Pianezzi, D. (2017). Smart cities: Utopia or neoliberal ideology. *Cities*, (69), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.012>

The article was received by the editors 14.05.2023

The article is recommended for printing 18.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-05>

УДК 712.4

О. О. ГОЛОЛОБОВА¹, канд. с.-г. наук, доц.,
доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи,
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

О. В. НЕВЕЧЕРЯ¹,
студентка Навчально-наукового інституту екології,
e-mail: olha.nevecherya@student.karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1343-817X>

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

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ ОЗЕЛЕНЕННЯ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТ СТУДЕНТСЬКОГО ПАРКУ

Актуальність. На сьогоднішній день студентські парки є невід'ємною частиною студентського життя. Проте, багато існуючих парків мають недоліки та проблеми, які не дозволяють їм повністю задовольняти потреби та інтереси студентської громади.

Мета. Розробка дизайн-проекту студентського парку з урахуванням сучасних екологічних трендів озеленення, потреб та інтересам студентської громади/

Методи. Опитування користувачів парку, експертна оцінка, територіальний аналіз, моделювання та візуалізація за допомогою програми Realtime Landscaping Architect.

Результати. Розроблено детальний проект ландшафтного дизайну студентського парку біля гуртожитку. Беручи до уваги базові потреби студентів доцільним є створення двох основних функціональних зон майбутнього парку: спортивної зони та зони відпочинку. Ландшафтний дизайн студентського парку розроблено та візуалізовано як 3D-модель ландшафту у реальному часі. Парк розроблено у регулярному стилі, де всі елементи суворо геометрично розташовані на ділянці, усі форми чіткі та симетричні. В дизайні майбутнього парку запропоновано багато рослинних композицій з квітучих багаторічних рослин

Висновки. Ландшафтний дизайн студентського парку є важливим елементом студентського життя, оскільки він сприяє забезпеченню здорового та комфортного середовища для навчання та активного дозвілля, здоровому способу життя та формуванню екологічної свідомості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ландшафтний дизайн, зона відпочинку, рослинні композиції, елементи ландшафтного дизайну

Як цитувати: Гололобова О. О., Невечеря О. В. Впровадження сучасних екологічних трендів озеленення в дизайн-проект студентського парку. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 58 - 70. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-05>

In cites: Gololobova, O. O., & Nevecherya, O. V. (2023). Implementation of modern environmental greening trends for the student park design project. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 58 - 70. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-05> (in Ukrainian)

© Гололобова О. О., Невечеря 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/)

Вступ

На сьогоднішній день студентські парки є невід'ємною частиною студентського життя. Студентські парки є важливими місцями відпочинку, спілкування та активної роботи для студентської громади. Вони створюють атмосферне середовище, забезпечують можливість проведення різноманітних заходів та сприяють зміцненню колективу.

В сучасному світі студентський парк – це не просто місце для прогулянок та відпочинку, а простір, де студенти можуть знайти спільноту та заняття, які підтримають їх здоров'я та благополуччя. Однак, незважаючи на значення студентських парків, багато з них потребують реконструкції та покращення, аби задовольнити потреби користувачів.

Один з важливих аспектів дизайну цих парків – це їх функціональність, а саме забезпечення необхідних умов для відпочинку, навчання, спорту та інших активностей студентів. З цією метою часто використовуються елементи пейзажної архітектури, такі як майданчики для спорту, лавки, барбекю, альтанки, зони для пікніків та інше [1]. Окрім цього, дизайн студентських парків повинен відповідати естетичним вимогам та створювати приємну атмосферу для прогулянок та відпочинку. Це можна досягти за допомогою добре продуманої композиції рослинності, водних елементів та інших природних об'єктів, а також з використанням елементів мистецтва [2]. Важливим аспектом дизайну студентських парків є також їх екологічна придатність та сталість. Це вимагає забезпечення належного догляду за рослинністю, а також використання екологічно чистих матеріалів та технологій [1].

Огляд сучасних успішних проєктів показує, що вони базуються на комплексному підході, що враховує різні аспекти їх функціональності, естетичної привабливості та екологічної придатності [3]. Важливо також враховувати особливості конкретного університету [4,5,6,7,8].

Спеціалізовані журнали, що висвітлюють питання проєктування та управління зеленими зонами у містах, приділяють увагу й проєктуванню студентських парків, зокрема такі авторитетні видання як:

1. Landscape Architecture Magazine – це журнал, що присвячений ландшафтному дизайну, публікує статті, інтерв'ю та проєкти, пов'язані з дизайном простору та природними елементами, що його оточують [9].

2. Journal of Environmental Psychology – журнал, що фокусується на психологічних аспектах, пов'язаних з природними елементами, охоплює теми, пов'язані з екологією та поведінкою людей у відкритому просторі [10].

3. International Journal of Sustainable Built Environment – цей журнал публікує статті, що стосуються сталого розвитку та дизайну простору, зосереджується на збереженні природних ресурсів та екологічності стійкості у міських середовищах [11].

4. Journal of Park and Recreation Administration – журнал, що присвячений адмініструванню та управлінню парками та рекреаційними областями, включаючи студентські парки. Він охоплює теми, пов'язані з плануванням, дизайном, управлінням та оцінкою парків та рекреаційних зон [12].

5. Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership – журнал охоплює теми, пов'язані з управлінням, дизайном та використанням зовнішніх розважальних зон у вищих навчальних закладах [13].

Багато корисної інформації щодо основних етапів створення проєктів з ландшафтної архітектури містять такі інтернет-ресурси як ArchDaily [14], Landscape Institute [15], та World Landscape Architecture [16].

Звернення до сучасних джерел з тематики дизайну студентських парків дає змогу досліджувати нові підходи та ідеї в розробці зелених зон для студентів, використовуючи найкращі практики та інновації, щоб створити комфортне та привабливе середовище для навчання та відпочинку [10].

Метою роботи є розробка дизайн-проєкту студентського парку з урахуванням сучасних екологічних трендів озеленення, який відповідатиме потребам та інтересам студентської громади, забезпечуватиме комфортні умови для відпочинку та активного дозвілля, сприятиме здоровому способу життя та формуванню екологічної свідомості.

Матеріали та методи досліджень

Використано територію гуртожитку №1 Таврійського національного університету по вулиці Галицька, 8, Подільського району міста Києва.

Дослідження проводилось за допомогою опитування користувачів майбутнього парку, експертної оцінки, територіального аналізу, комп'ютерного моделювання території студентського парку та візуалізації проекту майбутнього парку.

Для створення студентського парку спочатку потрібно вивчити потреби та інтереси студентської громади, визначити де буде розміщений парк та виділити основні зони [18].

Потреби студентів студентського парку можуть бути різними, але наступні є досить поширеними:

1. Потреба у відпочинку та розвагах: студенти можуть відвідувати студентський парк для того, щоб розважитися та відпочити після навчального дня.

2. Потреба у спортивних заняттях: юнаки й дівчата можуть відвідувати студентський парк для того, щоб займатися спортом, включаючи фітнес, баскетбол, волейбол, футбол тощо.

3. Потреба у прогулянках та спілкуванні: студенти можуть відвідувати студентський парк для того, щоб погуляти, насолодитися природою та зустрітися з друзями.

4. Потреба у навчальних та культурних подіях: молодь може відвідувати студентський парк для того, щоб взяти участь в навчальних та культурних заходах, таких як лекції, виставки, концерти тощо.

Враховуючи вищезазначені потреби, було обрано місце розташування майбутнього парку – територію гуртожитку №1 Таврійського національного університету. Локація майбутнього парку має площу 3118,65 кв.м², яка буде достатня для розміщення всіх елементів ландшафтного дизайну парку, а саме доріжок, композицій декоративних рослин, лав, спортивного майданчику, представлена на рис. 1.

Розташування студентського парку саме в цьому місці забезпечить зручний доступ до парку для студентів, які проживають в гуртожитках. Багатофункціональність парку надає широкий спектр місць для відпочинку, де кожен відвідувач знайде для себе простір.



Рис. 1 – Обрана локація території майбутнього парку

Fig. 1 – The location of the territory of the future park has been selected

Результати дослідження

Беручи до уваги базові потреби студентів доцільним є створення двох основних функціональних зон майбутнього парку: спортивної зони та зони відпочинку.

Зоною спорту став спортивний майданчик з різними тренажерами для занять спортом, полем для гри в баскетбол та тенісним столом. Спортивні майданчики та тренажери в студентському парку є корисними для підтримання фізичного здоров'я та підвищення енергії студентів та інших відвідувачів. В іншій зоні розміщено достатня кількість лав, квітників, дерев та декоративних кущів для комфортного відпочинку.

Ландшафтний дизайн студентського парку розроблено та візуалізовано за допомогою програми Realtime Landscaping

Architect, яка дозволяє створювати 3D-моделі ландшафту та відображати їх у реальному часі. Парк був створений у регулярному стилі, де всі елементи суворо геометрично розташовані на ділянці, усі форми чіткі та симетричні. Кожна рослина, кущ і барвисті клумби посаджені за певною схемою, яка підкреслює загальну структуру парку [17]. Доріжки прямі та рівні, а живі огорожі набувають певних геометричних форм. Територія оформлена в лаконічному та простому напрямку, що видно на рис. 2 та рис. 3. В дизайні майбутнього парку запропоновано багато рослинних композицій з квітучих багаторічних рослин, що повністю відповідає побажанням студентів мати затишний та квітучий парк з високою естетичною привабливістю на протязі всього року.



Рис. 2 – Ландшафтний план студентського парку

Fig. 2 – Landscape plan of the student park



чРис. 3 – Ландшафтний проект студентського парку

Fig. 3 – Landscape project of the student park

Асортиментна відомість рослин представлена в таблиці 1.

По обидва боки гуртожитка висаджено гостролисті клени, а на розі нього – спірею сіру Грефшейм. Біля входу в гуртожиток розміщена стоянка для велосипедів, це видно на рис. 4.

Перед входом у гуртожиток розміщені лави, за ними посаджено рожеву спірею Бумальда, така ж спірея ще посаджена вздовж доріжки що йде перпендикулярно до гуртожитку та виходить на вулицю, як показано

на рис. 5. Між цими красивоквітучими декоративними чагарниками висаджено дві сосни звичайні.

Від гуртожитку запланована покорова доріжка, яка веде до виходу та має розгалудження посередені до зони відпочинку в одну сторону та до спортивного майданчика в іншу.

На рис. 5 видно, що зона відпочинку є головним елементом цього парку.



Рис. 4 – Вхід до гуртожитку

Fig. 4 – Entrance to the hostel

Таблиця 1

Асортиментна відомість рослинного матеріалу, запропонованого
для озеленення студентського парку

Table 1

Assortment list of plant material proposed for landscaping the student park



















№	Українська назва	Латинська назва	Необхідна кількість
	Ірга Ламарка	<i>Amelanchier lamareckii</i>	6
	Барбарис	<i>Berberis</i>	4
	Барбарис Тунберга	<i>Berberis thunbergii</i>	6
	Бересклет крилатий	<i>Euonymus alatus</i>	2
	Декоративна яблуня	<i>Malus</i>	1
	Кизильник блискучий	<i>Cotoneaster lucidus</i>	2
	Клен гостролистий Друммонда	<i>Acer platanoides Drummondii</i>	4
	Лаванда	<i>Lavandula</i>	30
	Липа дрібнолиста	<i>Tilia cordata</i>	5
	Самшит вічнозелений	<i>Buxus sempervirens</i>	93
	Сосна звичайна	<i>Pinus sylvestris</i>	4
	Ялиця бальзамиста	<i>Abies balsamea</i>	1
	Спірея рожева Бумальда	<i>Spiraea x bumalda</i>	2
	Спірея жовта Голден Принцесс	<i>Spiraea japonica 'Golden Princess'</i>	44
	Спірея сіра Грефшейм	<i>Spiraea cinerea Grefsheim</i>	2
	Троянда Ред Леонардо да Вінчі	Red Leonardo da Vinci	60
	Туя Брабант	<i>Thuja occidentalis Brabant</i>	8
	Шавлія дібровна Карадонна	<i>Salvia nemorosa 'Caradonna'</i>	120



Рис. 5 – Зона відпочинку

Fig. 5 – Rest area

По центру посаджена декоративна яблуня Роял Бьюті. Довкола неї у вигляді певної композиції розроблена сучасна зона лав, затінена живою огорежею з кущів піроканти. Обрамлені вони по дві сторони модульним квітником у вигляді півкіл. Живий бордюр складається з кущів спіреї Голден Принцесс та лаванди. Посередені рослинна композиція, у вигляді шахової схеми, що складається з троянд Ред Леонардо да Вінчі та шавлії Карадонна. Вона оточена кущами самшиту, вистрежених у формі шару, що видно на рис. 5.

Можна також рекомендувати сорти «Cordula» й «Tornado» які завдяки безперервному рясному квітненню, стійкості до абіотичних й біотичних факторів є високо декоративними універсальними сортами для створення клумб, бордюрів [19].

На рис. 6 вздовж паркану висаджені липи, під ними кущі ірги та кизильнику, які закривають зону відпочинку від вітру, пилу і шуму з вулиці [20]. Навпроти зони відпочинку, вздовж спортивного майданчика доцільно висадити барбарис Тунберга, а біля баскетбольного поля висаджені в ряд



Рис. 6 – Композиція, що закриває парк від вулиці

Fig. 6 – A composition that closes the park from the street

туї Брабант. Між гуртожитком та зоною активного відпочинку варто посадити дві сосни звичайні та ялицю, які створюють легку тінь для лавок, що розміщені перед ними видно на рис. 7.

На Новий рік студенти можуть прикрасити ялицю та вона стане гарним новорічним деревом, як показано на рис. 8.

На спортивному майданчику є достатня кількість тренажерів та тенісний стіл, також є лави для відпочинку по обом сторонам.

Стильні рослинні композиції висаджені у всіх зонах, створюють сучасний, і в той же час затишний дизайн парку.

Велике значення у формуванні середовища будь-якого ландшафтного об'єкта має декоративне акцентне освітлення елементів



Рис. 7 – Спортивний майданчик

Fig. 7 – Sports ground



Рис. 8 – Новорічна локація

Fig. 8 – New Year location

ландшафтного дизайну [21]. Освітлення цього студентського парку створене за допомогою застосування певних композиційних прийомів формування світло-кольорового середовища локальних елементів (рис. 9 і рис. 10).

Канву освітлення всього парку складають вуличні ліхтарні стовпи, розміщені у шаховому порядку. А за допомогою світлових

акцентів у вигляді прожекторів з направленим побічним світлом та ґрунтових світильників підсвічено рослинні композиції, щоб зацентувати увагу відвідувача, це продемонстровано на рис. 11 та рис. 12 [21].

Рослинні групи – композиція з дерев, чагарників, квітів – є основними елементами формування парку, а їхнє підсвічування



Рис. 9 – Візуалізація освітлювальних приладів
Fig. 9 – Visualization of lighting devices



Рис. 10 – Декоративне освітлення парку
Fig. 10 – Decorative lighting of the park



Рис. 11 – Світлові акценти (прожектори)
Fig. 11 – Light accents (spotlights)



Рис. 12 – Світлові акценти (грунтові світильники)
Fig. 12 – Light accents (floor lamps)

позитивно впливає на психіку людини. М'яке світло листя, оригінальний силует чагарнику діють заспокійливо, відволікають від марнот. Освітлення рослинних груп забезпечує візуальний комфорт.

Фінансова підтримка створення студентського парку можлива за допомогою таких складових:

1. Гранти від університету: звернутись до відділу студентських справ або фонду розвитку університету та подати заявку на отримання гранту на створення та підтримку студентського парку.

2. Краудфандинг: запустити кампанію збору коштів на платформах краудфандингу. На компанії можна пропонувати нагороди для тих, хто пожертвує, наприклад, відображення їх імені на дошці засновників парку та інше.

3. Спонсорські внески: звернутись до компаній та підприємств у місті з пропозицією спонсорства студентського парку. За внески можна пропонувати різноманітні нагороди для спонсорів, наприклад, назву парку за їх назвою, безкоштовну рекламу, та інше.

4. Організація благодійних заходів: організувати благодійні заходи, такі як концерти,

ярмарки та інші події, щоб зібрати кошти на студентський парк. Відвідувачі заходів можуть пожертвувати гроші на підтримку парку.

5. Фонди місцевої влади: звернутись до місцевої влади з проханням виділити фінансування на створення та підтримку студентського парку. У випадку успіху можна отримати фінансування з бюджету міста або району.

6. Залучення інвесторів: пошук інвесторів може бути проведений за допомогою презентацій та пропозицій, які містять інформацію про проект та його потенційну прибутковість. Інвестори можуть вкладати гроші в обмін на частки в проекті або на інші умови.

Проект ландшафтної дизайну студентського парку біля гуртожитку включає в себе

різноманітні елементи, що відповідають вимогам сучасного ландшафтного дизайну міського середовища та потребам і побажанням студентів, жителів міста загалом. Також розглянуто можливі варіанти фінансування майбутнього парку, основні аспекти, що стосуються організації та оздоблення паркової зони; проаналізовано основні функції студентського парку, зокрема, його роль у забезпеченні зручних та комфортних умов для студентів під час навчання та відпочинку, стимулювання фізичного та психічного здоров'я, сприяння розвитку творчих здібностей та інших важливих аспектів студентського життя [22].

Висновки

З'ясовано, що такий проект має великий потенціал у поліпшенні якості студентського життя та навчання. Організована та естетично оформлена паркова зона може стати місцем зустрічей, творчої співпраці та відпочинку для студентів, сприяючи створенню сприятливого соціального середовища.

В процесі розробки проекту враховано різноманітні аспекти, такі як зручність розташування об'єктів, використання природних матеріалів, розміщення рослин та створення комфортних зон для активного відпочинку та взаємодії. Такий підхід сприяє не лише естетичному задоволенню, але й фізичному й психологічному благополуччю студентів.

Застосування ландшафтного дизайну у студентському парку також має позитивний вплив на екологічний аспект. Врахування природних факторів, використання стійких до місцевих кліматичних умов рослин та принципів енергоефективності сприяють збереженню природних ресурсів та створенню екологічно чистого середовища для студентів.

Ландшафтний дизайн студентського парку є не лише естетичним елементом, але й важливим фактором для покращення якості студентського життя, стимулювання творчості та сприяння позитивній соціальній взаємодії. Такий проект може мати довготривалий позитивний вплив на студентську спільноту, сприяти розвитку самовираження, здорового способу життя та збереженню навколишнього середовища. Ландшафтний дизайн студентського парку може стати символом ідентичності та гордості для студентів, створюючи привабливу та відмінну візуальну ауру в університетському середовищі.

Ландшафтний дизайн студентського парку може мати позитивний вплив на залучення нових студентів та підвищення рейтингу університету. Студенти, які мають можливість насолоджуватись красою та функціональністю парку, можуть бути більш схильні обирати цей університет для навчання. Також цей парк може стати місцем проведення культурних заходів, спортивних змагань та інших подій, що привертають увагу молоді.

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. Low S. (2013). Public space and diversity: Distributive, procedural and interactional justice for parks. In G. Young, & D. Stevenson (eds.). The Ashgate research companion to planning and culture. Surrey: Ashgate Publishing, 295-310.
2. Kabisch N., Haase D. (2013) Green spaces of European cities revisited for 1990–2006, Landscape and Urban Planning Vol. 22, Issue 2-4, P. 243–254 (in English).
3. Byrne J., Wolch J., Zhang J. (2009). Planning for environmental justice in an urban national park? Journal of Environmental Planning and Management, 52(3), 365–392.
4. Студентський парк Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. URL: <https://guide.in.ua/business/658118/парк-імені-олеся-гончара>
5. Студентський парк Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. URL: <https://findandfollow.com.ua/tsentr/cherkasy-siti-tur/park-skver-b-hmelnytskogo>
6. Студентський парк Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського. URL: https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/67530_park-kievskogo-politehnicheskogo-instituta.htm
7. Студентський парк Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. URL: <https://findandfollow.com.ua/tsentr/cherkasy-siti-tur/park-skver-b-hmelnytskogo>
8. Студентський парк Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського. URL: https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/67530_park-kievskogo-politehnicheskogo-instituta.htm
9. Journal Landscape Architecture Magazine. URL: <https://landscapearchitecturemagazine.org> (in English)
10. Journal of Environmental Psychology. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-environmental-psychology> (in English)
11. International Journal of Sustainable Built Environment. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-sustainable-built-environment/vol/5/issue/2> (in English)
12. Journal of Park and Recreation Administration. URL: <https://js.sagamorepub.com/index.php/jpra> (in English)
13. Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership. URL: <https://js.sagamorepub.com/index.php/jorel> (in English)
14. Broadcasting Architecture Worldwide. URL : <https://www.archdaily.com> (in English)
15. Landscape Institute. URL: <https://www.landscapeinstitute.org/> (in English)
16. World Landscape Architecture. URL: <https://worldlandscapearchitect.com/?v=3a1ed7090bfa> (in English)
17. Гнатюк Л. Р., Косик О. І., Бутмерчук Є. Ю. Особливості розвитку садово-паркових об'єктів міста-держави Ватикан. Теорія та практика дизайну. Дизайн архітектурного середовища. 2019. Вип. 18. С. 58–67.
18. Потанчук І.В. Бичковська Л.С. Ландшафтний урбанізм як один з перспективних напрямів містобудівних перетворень. Містобудування територіальне планування. КНУБА, 2020. Вип. 72. С. 223–232.
19. Гололобова О. О., Дорогань В. В., Сирова А. В. Сучасні підходи до екологізації міського середовища (на прикладі Шевченківського району м. Харкова). Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2019. Вип. 32. С. 42–57. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2019_32_6
20. Штепа К.О. Зелені насадження як невід'ємна складова заходів з організації безпеки міського середовища. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. КНУБА, 2011. Вип. 28. С. 275–284.
21. Крижановська Н.Я., Дубинський В.П. Навчальний посібник «Світлоколіоровий дизайн сучасного міста». Харків, ХНАМГ, 2010. – 187 с
22. Новік Г.В., Могила В.В. Засоби формування світло-коліорового середовища. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Садово-паркове господарство. К.: НАУ, 2021. Вип. 23. С.141-149.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2023

Стаття рекомендована до друку 18.06.2023

O. O. GOLOLOBOVA¹, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

O. V. NEVECHERYA¹,

Student of Karazin Institute of Environmental Sciences
e-mail: olha.nevecheria@student.karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1343-817X>

¹V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Square Kharkiv, 61022, Ukraine

IMPLEMENTATION OF MODERN ENVIRONMENTAL GREENING TRENDS IN THE DESIGN PROJECT OF THE STUDENT PARK

Today, student parks are an integral part of student life. However, many existing parks have shortcomings and problems that do not allow them to fully satisfy the needs and interests of the student community.

Purpose. Development of a design project of a student park taking into account modern ecological trends in landscaping, the needs and interests of the student community

Methods. Park user surveys, peer review, spatial analysis, modeling and visualization with Realtime Landscaping Architect.

Results. A detailed landscape design project of the student park near the dormitory has been developed. Taking into account the basic needs of students, it is advisable to create two main functional areas of the future park: a sports area and a recreation area. The landscape design of the student park is designed and visualized as a real-time 3D landscape model. The park is designed in a regular style, where all elements are strictly geometrically located on the site, all shapes are clear and symmetrical. In the design of the future park, many plant compositions from flowering perennials are proposed

Conclusions. The landscape design of the student park is an important element of student life, as it contributes to the provision of a healthy and comfortable environment for learning and active leisure, a healthy lifestyle and the formation of environmental awareness.

KEYWORDS: *landscape design, recreation area, plant compositions, elements of landscape design*

References

1. Low, S. (2013). Public space and diversity: Distributive, procedural and interactional justice for parks. In G. Young, & D. Stevenson (Eds.). *The Ashgate research companion to planning and culture*. Surrey: Ashgate Publishing, 295–310. (in English).
2. Kabisch, N., & Haase, D. (2013). Green spaces of European cities revisited for 1990–2006, *Landscape and Urban Planning*, 22(2–4), 243–254.
3. Byrne, J., Wolch, J., & Zhang, J. (2009). Planning for environmental justice in an urban national park *Journal of Environmental Planning and Management*, 52(3), 365–392.
4. Student Park of Oles Honchar Dnipro National University. Retrieved from <https://guide.in.ua/business/658118/park-imeni-olesya-gonchara> (In Ukrainian).
5. Student Park of Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky. Retrieved from <https://findandfollow.com.ua/tsentr/cherkasy-siti-tur/park-skver-b-hmelnytskogo> (In Ukrainian)
6. Student Park of Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky. Retrieved from https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/67530_park-kievskogo-politehnicheskogo-instituta.htm (In Ukrainian)
7. Student Park of Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky. Retrieved from <https://findandfollow.com.ua/tsentr/cherkasy-siti-tur/park-skver-b-hmelnytskogo> (In Ukrainian)
8. Student Park of Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky. Retrieved from https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/67530_park-kievskogo-politehnicheskogo-instituta.htm (In Ukrainian)
9. Журнал Landscape Architecture Magazine. Retrieved from <https://landscapearchitecturemagazine.org>
10. Journal of Environmental Psychology. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-environmental-psychology>
11. International Journal of Sustainable Built Environment. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-sustainable-built-environment/vol/5/issue/2>
12. Journal of Park and Recreation Administration. Retrieved from <https://js.sagamorepub.com/index.php/jpra> (in English)

13. Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership. Retrieved from <https://js.sagamorepub.com/index.php/jorel>
14. Broadcasting Architecture Worldwide. Retrieved from <https://www.archdaily.com>
15. Landscape Institute. Retrieved from <https://www.landscapeinstitute.org/>
16. World Landscape Architecture. Retrieved from <https://worldlandscapearchitect.com/?v=3a1ed7090bfa>
17. Hnatiuk, L. R., Kosyk, O. I., & Butmerchuk E. Yu. (2019). Peculiarities of development of landscape gardening objects of the city-state of Vatican. Theory and practice of design. *Design of architectural environment*, 18, 58–67. (In Ukrainian)
18. Potanchuk, I. V., & Bychkovska, L. S. (2020). Landscape urbanism as one of the promising directions of urban transformations. Urban planning, territorial planning. KNUBA. Vol. 72. 223–232. (In Ukrainian)
19. Gololobova, O. O., Dorogan, V. V., & Syrova A. V. (2019). Modern approaches to ecologization of urban environment (on the example of Shevchenkivskyi district of Kharkiv). *Man and environment. Problems of neoecology*. (32), 42–57. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-32-04> (In Ukrainian).
20. Shtepa, K. O. (2011). Green spaces as an integral part of measures to organize the safety of the urban environment. *Modern problems of architecture and urban planning*. KNUBA. 28, 275–284. (In Ukrainian)
21. Kryzhanovskaya, N. Ya., & Doubinsky, V.P. (2010). Light-color design of the modern city. Kharkiv. KhNAMG. (In Ukrainian)
22. Novik, G. V., & Mogila, V. V. (2021). Means of forming a light-color environment. Theory and practice of design: coll. Sciences. Works. Landscape gardening. Kyiv: NAU. 23, 141–149. (In Ukrainian)

The article was received by the editors 14.05.2023

The article is recommended for printing 18.06.2023

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-06>

УДК (UDC) 528.94,654.165

А. Б. АЧАСОВ, д-р с.-г. наук, проф.,

в.о. завідувача кафедри екології та менеджменту довкілля

e-mail: achasov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5009-7184>

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, Харків, 61000, Україна*

О. Ю. СЕЛІВЕРСТОВ,

аспірант кафедри екології та менеджменту довкілля

e-mail: oleg.seliverstov@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8477-274X>

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, Харків, 61000, Україна*

Д. В. ДЯДІН, канд. техн. наук, доц.,

завідувач кафедри інженерної екології міст

e-mail: dmdyadin@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3421-3592>

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна*

А. О. СЕДОВ,

старший викладач кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

e-mail: shakhmet1985@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0604-4015>

Державний біотехнологічний університет,

вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ НАСЛІДКІВ БОЙОВИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Актуальність. У зв'язку із повномасштабною російською військовою агресією надзвичайної актуальності набули питання чіткої просторової фіксації порушення природних комплексів та їх компонентів. Наслідки потрапляння снарядів та ракет, пожеж, які виникли внаслідок обстрілів, воєнної фортифікаційної діяльності тощо призвели до безпосереднього порушення ландшафтів, а також їх хімічного забруднення. Це, в свою чергу, вкрай негативно впливає на стан довкілля та призводить до опосередкованих впливів. Погіршується якість питної води та продукції рослинництва, знижується родючість ґрунтів, зменшується біорізноманіття території.

Мета. Можливості фіксації та моніторингу пошкоджень земельних ресурсів на засадах використання вільних космічних знімків та вільного геоінформаційного програмного забезпечення.

Методи. За інформаційну основу взято космічні знімки апарату Planet Scope. Перегляд, завантаження та аналіз знімків відбувався у вільній геоінформаційній системі (ГІС) QGIS 3.12

Результати. Дослідження проводились на території Роганської селищної об'єднаної територіальної громади (СОТГ), яка розташована у Харківському районі Харківської області. За методикою проведення моніторингу природних та сільськогосподарських угідь за даними космічних знімків дешифрування показано, що за 2022 рік в результаті обстрілів території Роганської СОТГ утворились 916 вирв. Створено набір карт стосовно вибухової небезпеки та хімічного забруднення території Роганської СОТГ, проведено дешифрування космічних знімків території Роганської СОТГ в різні періоди часу. За моніторингом сільськогосподарських угідь зафіксовано сліди бомботрубації. Сформовано карти результатів фіксації наслідків бомботрубації, теплову карту щільності вир, карту гідрологічного аналізу території, що можуть бути забруднені внаслідок бомботрубації

© Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Дядін Д. В., Сєдов А. О., 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/)

Висновки. Опрацьовано методику проведення моніторингу природних та сільськогосподарських угідь за даними космічної зйомки. Створений набір карт стосовно вибухової небезпеки та хімічного забруднення території Роганської СОТГ може бути використаний для планування подальших досліджень стану довкілля та раціоналізації господарської діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дистанційне зондування, ГІС, бомботурбація, наслідки бойових дій

Як цитувати: Ачасов А. Б., Селіверстов О. Ю., Дядін Д. В., Сєдов А. О. Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 71 - 82. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-06>

In cites: Achasov, A. B., Seliverstov, O. Yu., Diadin, D. V., & Siedov, A. O. (2023). Remote monitoring of the consequences of hostilities on the territory of the Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 71 - 82. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-06> (in Ukrainian)

Вступ

У зв'язку із повномасштабною російською військовою агресією надзвичайної актуальності набули питання чіткої просторової фіксації порушення природних комплексів та їх компонентів. Наслідки потраплянь снарядів та ракет, пожеж, які виникли внаслідок обстрілів, воєнної фортифікаційної діяльності тощо призвели до безпосереднього порушення ландшафтів, а також їх хімічного забруднення. Це, в свою чергу, вкрай негативно впливає на стан довкілля та призводить до опосередкованих впливів. Погіршується якість питної води та продукції рослинництва, знижується родючість ґрунтів, зменшується біорізноманіття територій.

У сучасних умовах важко, а в деяких регіонах зовсім неможливо, провести інвентаризацію та налаштувати систему моніторингу вказаних порушень традиційними польовими методами. Разом з тим значну частку подібної роботи можливо провести зараз на основі використання вільних космічних знімків та геоінформаційних технологій у камеральних умовах [1, 2]. Звісно мова йде лише про первинний блок робіт – фіксацію та класифікацію наслідків бойових дій, надалі будуть необхідні традиційні польові та лабораторні дослідження. Але моделювання просторової ситуації пошкодження природних угідь Харківської області у вигляді відповідної бази геоданих і набору цифрових карт дозволить вирішити низку термінових питань, що пов'язаних як з прямою небезпекою життя мешканців постраждалих районів, так і з віддаленими екологічними впливами на їх стан здоров'я.

Зокрема за статистикою німецьких фахівців з розмінування частка снарядів, що не розірвалися, складає, як правило, 10-20% від кількості запущених снарядів, а для касетних боєприпасів цифри ще вищі – 30-50% [3, 4]. Відповідно створення карт, на яких будуть зафіксовані вирви, що утворились внаслідок бомботурбації дозволить знизити ризик для мешканців даної території. Огляд літератури підтверджує наші первинні висновки про те, що така фіксація можлива навіть за космічними знітками з роздільною здатністю 10 м, які зараз є у відкритому доступі [5, 6]. Отже, поєднання можливостей дистанційного зондування та геоінформаційних технологій дозволить кластеризувати постраждалі території за ступенем ймовірної вибухової небезпеки [7].

Формування бази геоданих щодо фіксації вирв дозволить виділяти зони вірогідного хімічного забруднення ґрунтів, яке утворюється після вибухів снарядів та ракет [5]. Подальше польове обстеження ґрунтового покриву буде значно ефективніше за наявності вказаних геоданих через можливість оптимізації схеми відбору зразків. Подальшим розвитком використання такої бази геоданих може бути гідрологічний аналіз території з метою встановлення руху поверхневого стоку у ландшафті. За його результатами можливо створення прогнозних карт переміщення хімічних забруднень, контакту їх з водними об'єктами й т. ін.

Мета – можливості фіксації та моніторингу пошкоджень земельних ресурсів на засадах використання вільних космічних знімків та вільного геоінформаційного програмного забезпечення.

Матеріали та методи

Дослідження проводились на території Роганської селищної об'єднаної територіальної громади (СОТГ), яка розташована у Харківському районі Харківської області (рис. 1).

Загальна площа Роганської СОТГ – 77,07 км², чисельність населення станом на 2016 рік 16 023 осіб [8]. Адміністративний центр – смт Рогань. Рельєф на території



Рис. 1 – Географічне положення Роганської СОТГ
Fig.1 – Geographical location of the Rohanska (SATC)

громади спокійний, ґрунти здебільшого представлені чорноземами звичайними легкосуглинковими на лесі. По території громади тече річка Роганка, яка відноситься до басейну Сіверського Дінця. Ліси в основному листяні, місцями хвойні або змішані, велика кількість полезахисних лісових смуг, насаджень повздовж доріг.

Основним виробничим ресурсом Роганської СОТГ є земельні угіддя. Землі сільськогосподарського призначення займають 65 % площі території громади, що визначає основний напрям економічної діяльності громади – виробництво сільськогосподарської продукції [8].

Відповідно, наявність інформації про масштаби пошкоджень земельних угідь у наслідок бойових дій протягом 2022 року є критично важливою для нормального життя та розвитку Роганської СОТГ.

За інформаційну основу взято космічні знімки апарату Planet Score [9]. Проект Planet являє собою сузір'я малих супутників, кожен з яких важить 4,7 кг та має розміри 10*10*30 см. Насьогодні на орбіті налічується вже понад 200 таких апаратів. Камери супутників мають просторову роздільну здатність 3-4 м у чотирьох спектральних каналах (RGB+Nir) [10]. Частота зйомки певної території поверхні Землі становить один раз на добу.

Перегляд, завантаження та аналіз знімків відбувався у вільній геоінформаційній

системі (ГІС) QGIS 3.12 з використанням додатку QGIS Plugin 2.0. Основні методичні аспекти підготовчої роботи зі знімками Planet полягали у наступному:

- У головному вікні ГІС обиралась територія досліджень.
- У додатку QGIS Plugin 2.0 вказувався часовий інтервал спостережень (24.02.2022 – 20.10.2022).
- Встановлювалась фільтрація знімків за рівнем хмарності – не більше 5%.
- Після цього відібрані знімки передивлялись у головному вікні QGIS.

Найпростішим способом отримання корисної інформації з космічних знімків є візуальне дешифрування. Візуальне дешифрування є найстарішим видом дешифрування, яке виникло одночасно з першими випадками підйому людини у повітря. Його суть полягає у ідентифікації на аерокосмічних зображеннях об'єктів реального світу за їх характерними особливостями без використання будь-якого спеціального обладнання або програмного забезпечення.

При візуальному дешифруванні використовуються геометричні, оптичні і структурні характеристики об'єктів (прямі дешифрувальні ознаки), а також різноманітні взаємозв'язки та взаємозалежності між ними (непрямі дешифрувальні ознаки).

Для контролю результатів дешифрування використовувались архівні космічні

знімки високої роздільної здатності з сервісу BingMaps [11].

Для зручності виконання роботи вся територія розділена на трапеції, що відповідали номенклатурі топографічних карт масштабу 1:10000 (рис. 2).

Дешифрування виконувалось послідовно по трапеціях (на рис. 2 – бузковий колір). Після повного обстеження трапеції ставилась мітка (на рис. 2 – червона цифра 1), що дозволяло запобігати плутанині у роботі та не перевіряти одну й ту ж саму територію двічі.



Рис. 2 – Контури Роганської СОТГ (знімок сервісу BingMaps)
Fig. 2 – The contours of the Rohanska SATC (image by BingMaps)

Результати та обговорення

Дешифрування знімків супутників Planet проводилось поетапно за часовим принципом. Розглядались послідовно усі знімки починаючи з 24.02.2022 з кроком в 1 тиждень. Якщо на знімку були помітні об'єкти, подібні до наслідків бомботурбації, то ретельно досліджувались усі знімки близькі за часом. Дана схема була нечіткою через відсутність безхмарних знімків на певні періоди. Зокрема погодні умови вересня практично унеможливили проведення дис

танційного аналізу території Роганської СОТГ через брак достатньої кількості валідних зображень.

Перші прояви артилерійських і ракетних обстрілів відмічені на знімках 15 березня 2022 року (рис. 3).

Основними дешифрувальними ознаками вивр від потрапляння ракет і снарядів є:

- 1) колоподібна форма різного розміру;
- 2) чорний колір ґрунту на контрастному тлі снігу;

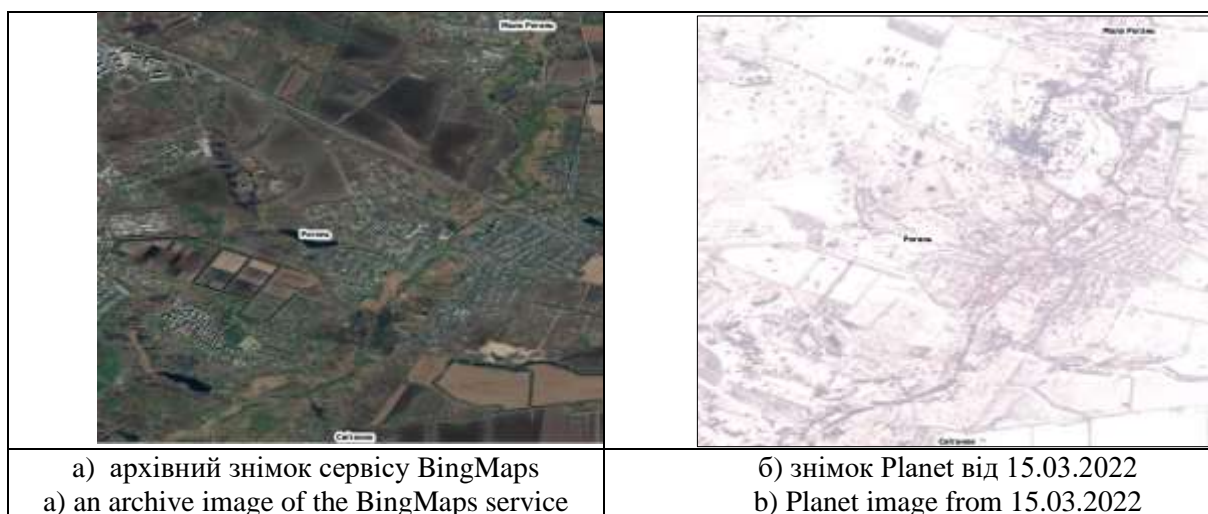


Рис. 3 – Прояви наслідків бомботурбації на космічних знімках
Fig.3 – Manifestations of the effects of bombing on satellite images

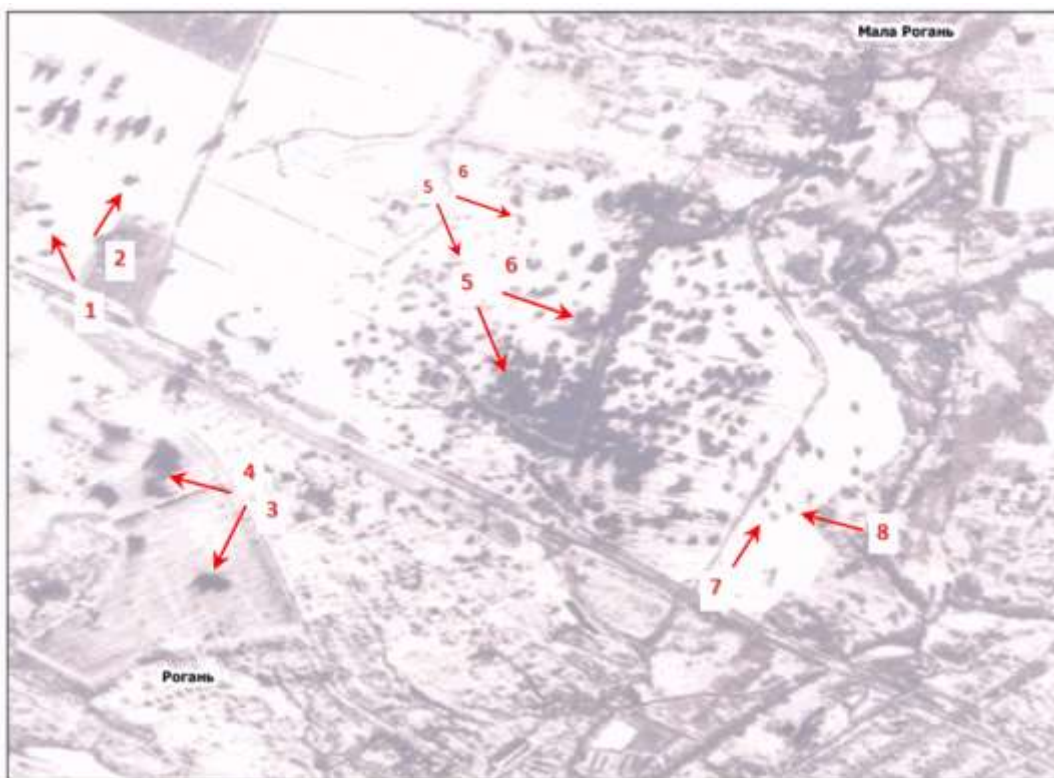


Рис. 4 – Прояви дешифрувальних ознак вирв. Знімок Planet від 15.03.2022
Fig. 4 – Manifestations of decipherable signs of sinkholes. Planet image from 15.03.2022



Рис. 5 – Прояви дешифрувальних ознак вирв. Знімок Planet від 21.03.2022
Fig. 5 – Manifestations of decipherable signs of sinkholes. Planet image from 21.03.2022

- 3) структура розташування об'єктів – як правило вирви мають груповий характер розташування.

На рис. 4. чітко простежуються наслідки бомботурбації. Цьому дуже сприяє наявність суцільного снігового покриву на території дослідження. Аналіз більш пізніх за датами знімків показав, що поступове сходження снігу призводить до погіршення якості процесу дешифрування (рис.5).

Ґрунти території дослідження переважно відносяться до чорноземів, які згідно назві мають темно-сірий природний колір, а весняна підвищена вологість ґрунту робить його ще біль темним і унеможливає фіксацію вирв. Так, вирви 3 і 4, що чітко видні на рис. 3 вже не помітні на рис. 4.

Проводити детальний аналіз знімків не маючи додаткових польових даних складно, тому відмітимо основні загальні аспекти. Як бачимо мітки 1 і 2 характеризують поодинокі вирви й відрізняються від міток 7 і 8 розміром. Найімовірніше це прояв дії різного типу або калібру боєприпасів, але є ймовірність впливу фактору часу. Альbedo вирви значно нижче ніж снігу, тому з часом вона починає більш нагріватись від сонячних променів і «підтаювати», утворюючи ефект розширення.



а) Знімок Sentinel-2
а) Image Sentinel-2



б) Архівний знімок сервісу BingMaps
b) Archive image of the BingMaps service

Рис. 6 – Перевірка результатів дешифрування
Fig. 6 – Checking the decryption results

Всі вирви фіксувались у QGIS шляхом створення точкових векторних об'єктів.

Проведений аналіз наявних знімків Planet за період з кінця лютого до листопада

Мітки 3 і 4 мають значно більший розмір і менш колоподібну форму. Припускаємо, що це обумовлено об'єднанням в єдину чорну ділянку декількох близько розташованих вирв під впливом зазначеного раніше «ефекту розширення».

Подібну ситуацію характеризують і мітки 5 та 6. Вказані мітки позначають ділянки з вкрай високою частотою потрапляння боєприпасів. Сюди ж ймовірно додається й ефект танення снігу під впливом важкої бойової техніки, яка могла бути тут розташована. Адже ці ділянки розташовані біля дороги й на знімку можна побачити наслідки руху механізованої техніки на прилеглих до дороги полях.

Постійно виконувалась перевірка результатів дешифрування шляхом порівняння з високоточними архівними знімками сервісу Bing. Це дозволяло уникнути похибок, так званих «хибних друзів» дешифрувальника. Продемонструємо це на прикладі наших попередніх обстежень території Харківської області на основі даних зйомки супутниками Sentinel. На рис. 6а спостерігаються начебто чіткі ознаки вирв. Але перегляд цієї місцевості у сервісі Bing Maps довів, що це ознаки звичайних природних об'єктів – двох степових блюдець та маленької лісосмуги.

2022 року показав, що на території Роганської СОТГ зафіксовано 916 проявів бомботурбації (рис. 7). Левова частка вирв відноситься до періоду 15-21 березня 2022

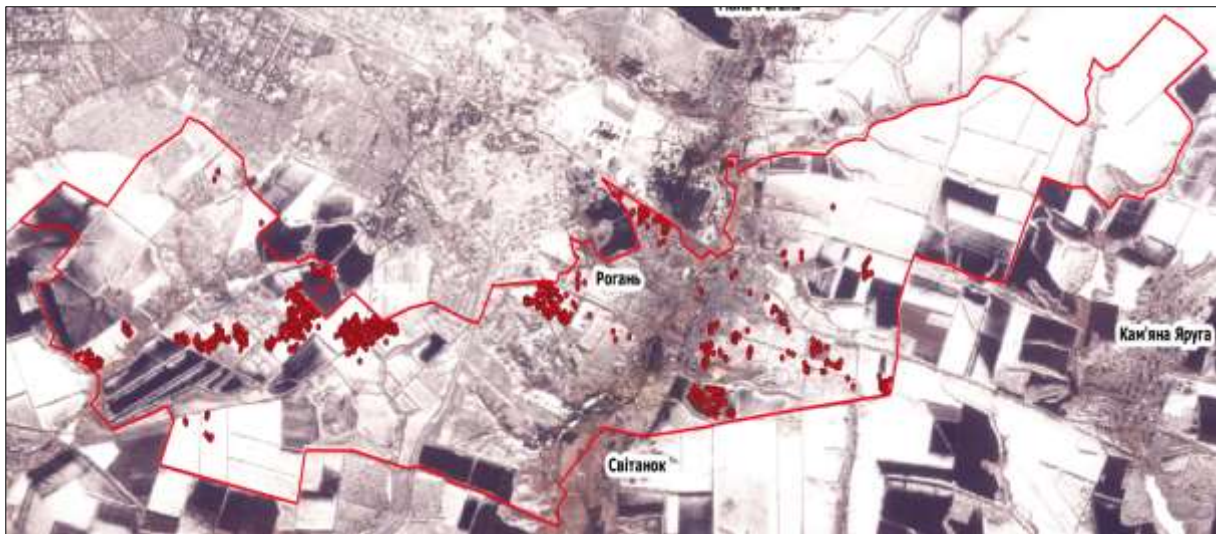


Рис. 7 – Загальні результати фіксації наслідків бомботурбації
Fig. 7 – General results of recording the consequences of the bombing

року, що збігається з хронологією та географією бойових дій у Харківській області.

Як бачимо (рис.7) найбільш постраждала центральна та західна частина Роганської СОГТ.

Можна сказати впевнено, що в ході досліджень у силу об'єктивних обставин були зафіксовані далеко не всі наслідки бомботурбації. Основними причинами цього є:

1) Відсутність валідних знімків на деякі періоди часу.

2) Складність дешифрування селітебної території. Наявність дрібних антропогенних об'єктів (будинки, городи, дерева й т.п.), що створювало величезні труднощі при дешифруванні.

3) Неможливість фіксації вивр навесні без наявності снігового покриву.

Тим не менш, створена за результатами дешифрування база геоданих має дуже велике значення для раціоналізації використання природних ресурсів Роганської СОГТ у воєнний та післявоєнний час.

На рис. 8 представлена теплова карта щільності вивр на території дослідження, яка побудована на основі отриманої бази геоданих. Насиченість червоного кольору вказує на вибухову небезпечність певних ділянок внаслідок можливої наявності боєприпасів, що не вибухнули. За свідцтвами очевидців такі боєприпаси можуть занурюватись у ґрунт, що робить їх ще більш небезпечними для мирних жителів.

Більшість постраждалих територій є сільськогосподарськими угіддями, відповідно фермери бажають активно використовувати їх, через що підвищується ризик нещасних випадків. Створена карта показує зони, які в першу чергу потребують обстеження саперами. Це особливо важливо, враховуючи той факт, що зараз 470 тисяч гектарів сільськогосподарських угідь України вважаються забрудненими вибухонебезпечними предметами [12], а процес повного розмінування триватиме десятки років.

Крім того кожний вибух несе з собою хімічне забруднення ґрунту переважно важкими металами та енергетичними сполуками [5, 13]. Потрапляючи до ґрунту ці речовини можуть переміщуватись внаслідок дії водних потоків. Наслідками цього можуть бути забруднення відкритих водойм, джерел, підземних вод. Забруднювачі можуть потрапляти до організму людини також й через продукцію рослинництва, яка вирощується на забруднених територіях та через вживання продукції тваринництва, що утримуються на цих територіях [14].

Застосування геоінформаційних технологій дозволяє створювати цифрові моделі місцевості, автоматично визначати напрями руху водних потоків (рис. 9) та відповідно виділяти ймовірно забруднені території (рис. 10).

Стислий алгоритм досліджень такий:

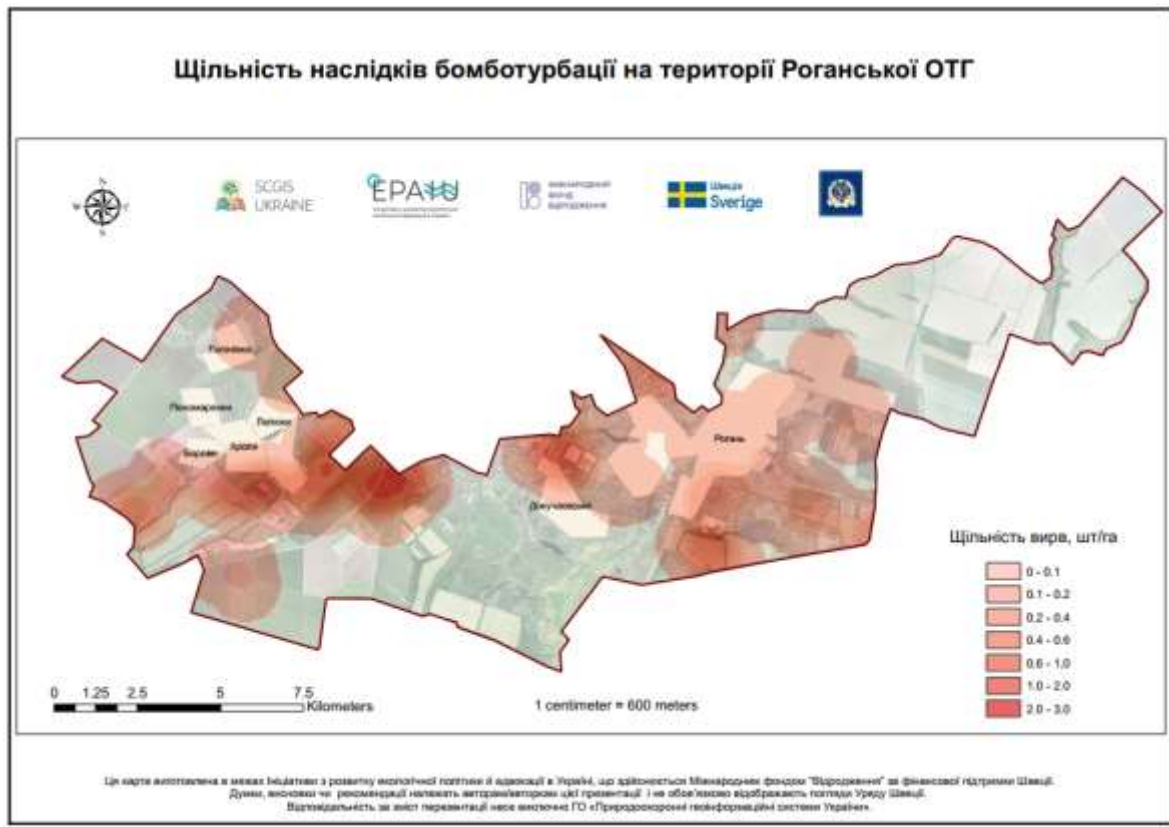


Рис. 8 – Теплова карта щільності вирв
Fig. 8 – Heat map of sinkhole density

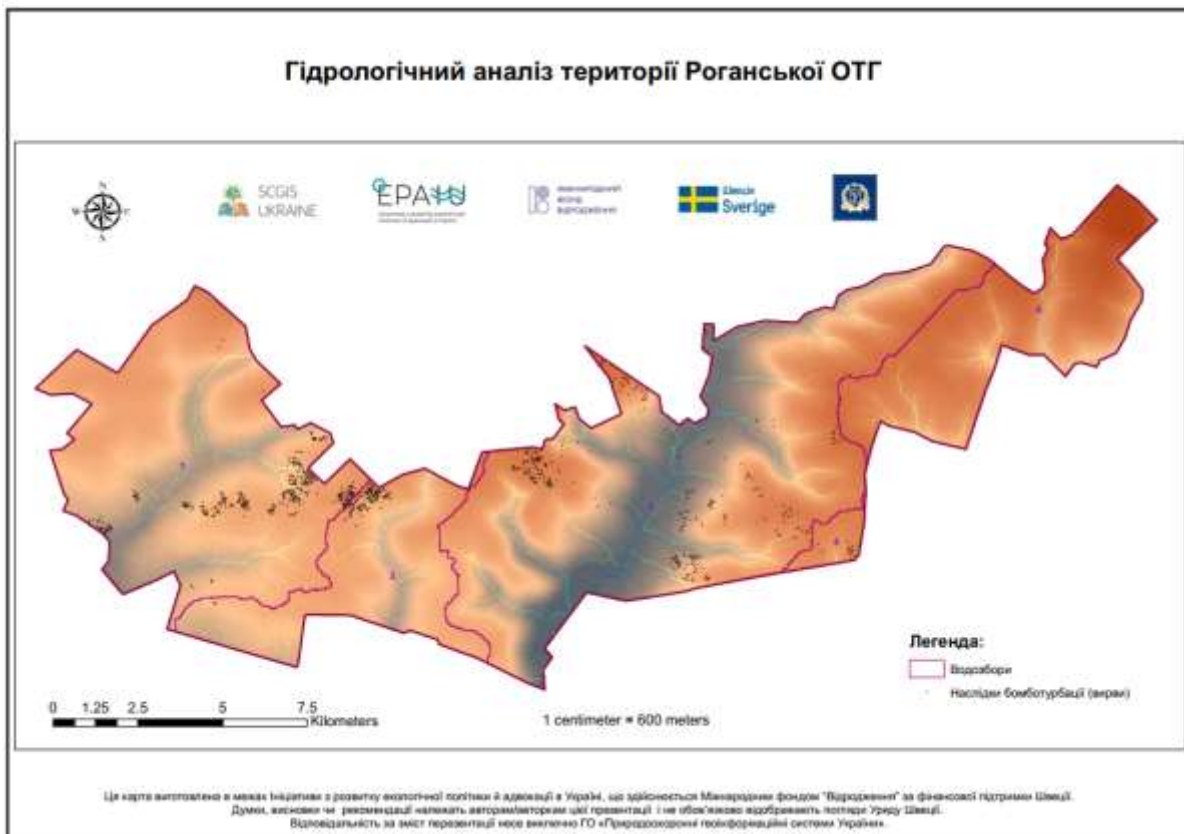


Рис. 9 – Результати гідрологічного аналізу території
Fig. 9 – Results of the hydrological analysis of the territory

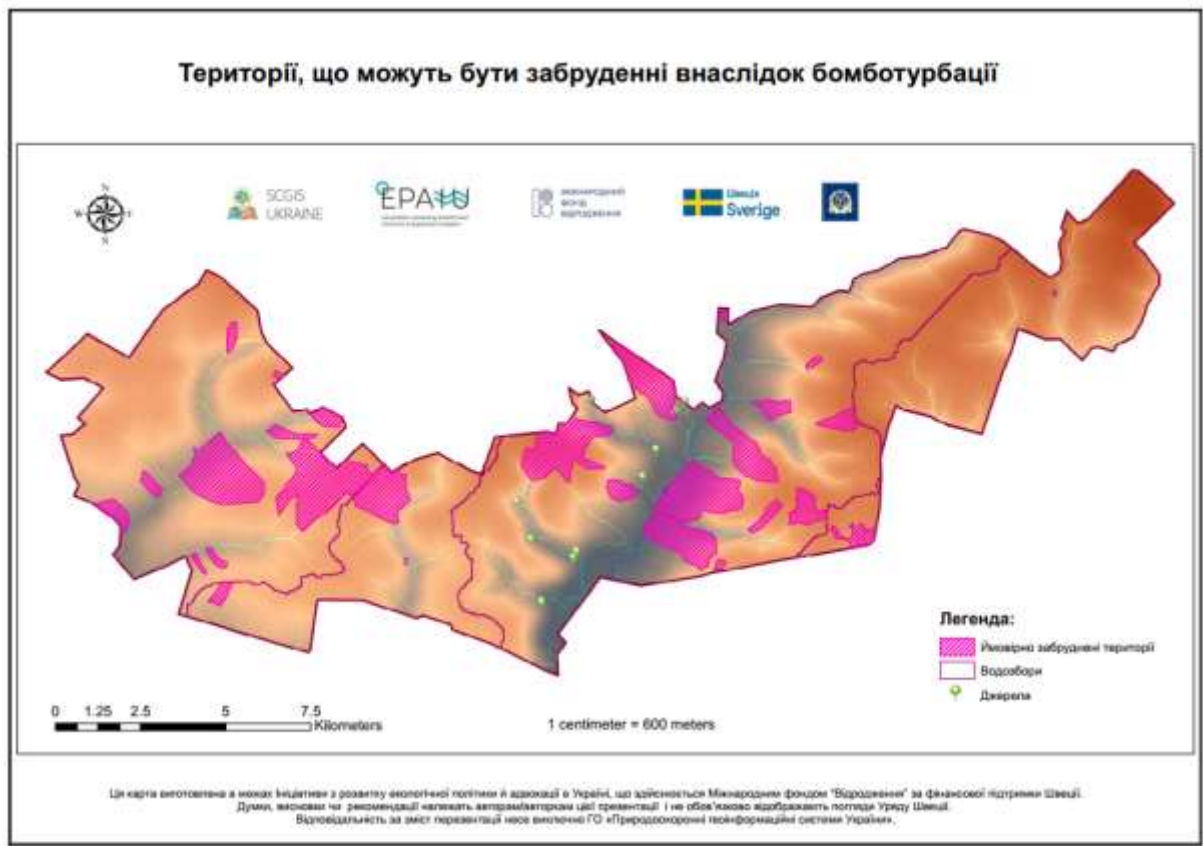


Рис. 10 – Території, що можуть бути забруднені внаслідок бомботурбації
Fig. 10 – Areas that may be contaminated as a result of bombing

1) Формування векторного шару ізогіс за паперовими топографічними картами масштабу 1: 10000.

2) Побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР) шляхом інтерполяції отриманих ізогіси.

3) Проведення гідрологічного аналізу отриманої ЦМР з визначенням мережі тальвегів та вододілів.

4) Накладання шару вирв на ЦМР і структуру тальвегів і визначення територій, які можуть бути забруднені в першу чергу внаслідок руху поверхневого стоку.

Усі розроблені картографічні матеріали передані керівництву Роганської СОТГ і

надалі можуть бути використані для планування господарських дій на території громади та надання конкретних рекомендацій фермерам щодо використання їх земель [15].

Подальшим етапом досліджень має бути проведення польового обстеження території з метою встановлення фактичного рівня забруднення території обстеження. Створена база геоданих дозволить зробити цей процес ефективнішим, шляхом визначення оптимальної мережі відбору проб, а застосування геоінформаційних технологій дозволить створити надійні карти фактичного забруднення території.

Висновки

Методи дистанційного зондування Землі в поєднанні з геоінформаційними технологіями показали свою високу ефективність при дослідженні наслідків бойових дій. Дешифрування вільних космічних знімків, які зроблені супутниками Planet за 2022 рік виявило 916 вирв, що утворились в результаті

обстрілів території Роганської СОТГ. Специфіка досліджень дозволяла проводити моніторинг в першу чергу сільськогосподарських угідь.

Опрацьовано методику проведення моніторингу природних та сільськогосподарських угідь за даними космічної зйомки.

Враховуючи той факт, що масовані активні бойові дії на досліджуваній території відбувались лише у період 15-21 березня 2022 року можна припустити наскільки значними будуть пошкодження земельних угідь в інших районах Харківщини, де бойові дії були більш тривалими.

За отриманими результатами створено набір карт стосовно вибухової небезпеки та хімічного забруднення території Роганської СОТГ, які можуть бути використані для планування подальших досліджень стану довкілля та раціоналізації господарської діяльності.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що робота виконувалась в рамках проекту «Фіксація шкоди, завданої природним комплексам Харківської області внаслідок війни», за підтримки Екологічної ініціативи Міжнародного фонду відродження (ЕРАІУ) за фінансування Швеції та науково-дослідницьких робіт № БФ/32-2023 «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Математичні науки та природничі науки» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна» і № 1-43-22 «Стратегія й інноваційні технології переробки органічних відходів тваринництва в контексті забезпечення нейтральної деградації земель: від лінійної до циркулярної економіки». Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Bennett, M. M., Van Den Hoek, J., Zhao, B., Prishchepov, A. V. Improving satellite monitoring of armed conflicts. *Earth's Future*, 2022. Vol. 10. N 9. DOI: <https://doi.org/10.1029/2022EF002904>
2. Gorsevski, V., Kasischke, E., Dempewolf, J., Loboda, T., Grossmann, F., Analysis of the Impacts of armed conflict on the Eastern Afromontane forest region on the South Sudan – Uganda border using multitemporal Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2012. Vol. 118. P. 10-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.023>
3. Вінкельманн К. Гуманітарне розмінування та очищення сільськогосподарських земель від вибухонебезпечних предметів. Приклади з Німеччини, перспективи для України. *Круглий стіл*. 2022. URL: <https://www.openforest.org.ua/215905/>
4. Lin, E., Rongjun Qin, R., Edgerton, J., Kong, D. Crater detection from commercial satellite imagery to estimate unexploded ordnance in Cambodian agricultural land. *PLOS ONE*, 2020. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0229826>
5. Hupy, Joseph P., Schaetzl, Randall J. Introducing "Bombturbation," a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science*, 2006. Vol.171(11), P. 823-836, DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19>
6. Mendez, F., Valánszki, I. Remote Sensing Tendencies in the Assessment of Areas Damaged by Armed Conflicts. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*, 2020. Vol. IX. P. 223-234.
7. Frank D. W. Witmer. Remote sensing of violent conflict: eyes from above. *International Journal of Remote Sensing*, 2015. Vol. 36. N:9. P. 2326-2352. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2015.1035412>
8. Роганська селищна військова адміністрація. *Офіційний сайт*. URL: <https://roganska-gromada.gov.ua/>
9. Planet Labs Inc. *Planet Imagery Product Specifications*, 2019. URL: <https://assets.planet.com/docs/combined-imagery-product-spec-april-2019.pdf>
10. Planet Labs Inc. Planet Labs Inc. *Planet Imagery Product Specifications*, 2022. URL: https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf
11. Bing Maps, *Web Map Service*. URL: <https://www.bing.com/maps/>
12. Таранова Є. Розмінування та відновлення землі. Як Україна очищує деокуповані території та скільки для цього потрібно грошей та часу. *Delo.ua*, 2023. URL: <https://delo.ua/agro/rozminuvannya-ta-vidnovlennya-zemli-yak-ukrayina-ocishhuje-deokupovani-teritoriyi-ta-skilki-dlya-cyogo-potribno-grosei-ta-casu-416191/>
13. Angurets O., Khazan P., Kolesnikova K., Kushch M., Černochova M., Havránek M. Ukraine, damage to the environment, environmental consequences of war. *Electronically published popular science*. 2023. P. 27-38.

14. Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2003. P. 6-23.
15. Achasov A., Seliverstov O., Diadin D., Siedov A. Remote monitoring of the consequences of hostilities on the territory of Rohan united territorial community. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2023.: матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції (27-28 квітня 2023 року)*. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2023. С. 93-94.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2023

Стаття рекомендована до друку 10.06.2023

A. B. ACHASOV, DSc (Agriculture), Professor

Acting Head of the Department of Ecology and Environmental Management

e-mail: achasov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2446-3707>

V. N. Karazin Kharkiv National University,

4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

O. Yu. SELIVERSTOV,

Graduate Student of the Department of Ecology and Environmental Management

e-mail: oleg.seliverstov@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8477-274X>

V. N. Karazin Kharkiv National University,

4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

D. V. DIADIN, PhD (Technical), Associate Professor,

Head of the Department of Urban Ecology

e-mail: dmdyadin@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3421-3592>

O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,

Marshala Bazhanova St., 17, Kharkiv, 61002, Ukraine

A. O. SIEDOV,

Senior Lecture of the Department of Land Resources Management, Geodesy and Cadastre

e-mail: shakhmet1985@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0604-4015>

State Biotechnological University,

Alchevskikh St., 44, Kharkiv, 61002, Ukraine

REMOTE MONITORING OF THE CONSEQUENCES OF HOSTILITIES ON THE TERRITORY OF THE KHARKIV REGION

With connection with the full-scale Russian military aggression, the issue of clear spatial fixation of violations of natural complexes and their components has become extremely urgent. The consequences of projectiles and rockets, fires that arose as a result of shelling, military fortification activities, etc. led to the direct disturbance of landscapes, as well as their chemical pollution. This, in turn, has an extremely negative impact on the state of the environment and leads to indirect impacts. The quality of drinking water and crop production is deteriorating, soil fertility is decreasing, and the biodiversity of the territories is decreasing.

Purpose. The possibilities of fixing and monitoring damage to land resources based on the use of free space images and free geoinformation software.

Methods. Space images of the Planet Scope apparatus were taken as the information basis. Viewing, uploading and analysis of images took place in the free geographic information system (GIS) QGIS 3.12

Results. The research was conducted on the territory of Rohan settlement united territorial community (SOTG), which is located in the Kharkiv district of the Kharkiv region. According to the method of monitoring natural and agricultural land, deciphering data from space images shows that in 2022, 916 explosions were formed as a result of shelling of the territory of Rohansk SOTG. A set of maps related to the explosive danger and chemical contamination of the territory of the Rohansk SOTG was created, the decoding of space images of the territory of the Rogansk SOTG in different periods of time was carried out. Following the monitoring of agricultural lands, traces of bomb-trubbing were recorded. Maps of the results of recording the effects of bombing, a thermal map of the density of eddies, a map of the hydrological analysis of the territory that may be polluted as a result of bombing have been created.

Conclusions. The methodology for monitoring natural and agricultural lands based on space survey data was developed. The created set of maps related to the explosive danger and chemical pollution of the

territory of Rohansk SOTG can be used for planning further studies of the state of the environment and rationalization of economic activity.

KEY WORDS: *remote sensing, GIS, bombing, consequences of hostilities*

References

1. Bennett, M. M., Van Den Hoek, J., Zhao, B., & Prishchepov, A. V. (2022). Improving satellite monitoring of armed conflicts. *Earth's Future*, 10(9). <https://doi.org/10.1029/2022EF002904>
2. Gorsevski, V., Kasischke, E., Dempewolf, J., Loboda, T., & Grossmann, F. (2012). Analysis of the Impacts of armed conflict on the Eastern Afromontane forest region on the South Sudan – Uganda border using multitemporal Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.023>
3. Winkelmann, K. (2022). Humanitarian demining and clearing of agricultural lands from explosive-safe objects. Examples from Germany, prospects for Ukraine. *Round Table*. Retrieved from <https://www.openfor-est.org.ua/215905/>. (in Ukrainian).
4. Lin, E., Rongjun Qin, R., Edgerton, J., Kong, D. (2020). Crater detection from commercial satellite imagery to estimate unexploded ordnance in Cambodian agricultural land. *PLOS ONE*. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0229826>
5. Hupy, Joseph P., Schaetzl, Randall J. Introducing "Bombturbation," a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science*, 2006. Vol.171(11), P. 823-836. <http://dx.doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19>
6. Mendez, F., & Valánszki, I. (2020). Remote Sensing Tendencies in the Assessment of Areas Damaged by Armed Conflicts. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*, IX, 223-234.
7. Witmer, F. D. W. (2015). Remote sensing of violent conflict: eyes from above. *International Journal of Remote Sensing*, 36(9), 2326-2352. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2015.1035412>
8. Rohan village military administration. *Official site*. Retrieved from <https://roganska-gromada.gov.ua/> (in Ukrainian).
9. Planet Labs Inc. (2019). *Planet Imagery Product Specifications*, Retrieved from <https://assets.planet.com/docs/combined-imagery-product-spec-april-2019.pdf>
10. Planet Labs Inc. (2022). *Planet Imagery Product Specifications*, Retrieved from https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf
11. Bing Maps, *Web Map Service*. Retrieved from <https://www.bing.com/maps/>
12. Taranova, Ye. (2023). Demining and restoration of land. How Ukraine cleans the de-occupied territories and how much money and time is needed for this. *Delo.ua*, Retrieved from <https://delo.ua/agro/rozminuvannya-ta-vidnovlennya-zemli-yak-ukrayina-ocishhuje-deokupovani-teritoriyi-ta-skilki-dlya-cyogo-potribno-grosei-ta-casu-416191/> (in Ukrainian).
13. Angurets, O., Khazan, P., Kolesnikova, K., Kushch, M., Černochova, M., Havránek, M. (2023). Ukraine, damage to the environment, environmental consequences of war. *Electronically published popular science*, 27-38.
14. Impact of the war on agricultural enterprises. Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares. (2003). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 6-23.
15. Achasov, A., Seliverstov, O., Diadin, D., & Siedov, A. (2023). Remote monitoring of the consequences of hostilities on the territory of Rohan united territorial community. Proceedings of the XXV International Scientific and Practical Conference: Ecology, environmental protection and balanced nature use: education - science - production – 2023. Kharkiv, 2023, April 27-28 (pp. 93-94). Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University. (in Ukrainian).

The article was received by the editors 16.05.2023

The article is recommended for printing 10.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07>

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

І. В. ЖИТНЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент
доцент кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
e-mail: zhitn@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3029-7281>
Національний університет харчових технологій
Вул. Володимирська, 68, Київ, 01601

ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ БУРОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Мета. Визначення оптимальної комбінації та витрат коагулянтів і флокулянтів при очищенні бурових стічних вод з подальшим визначення гострої летальної токсичності отриманої освітленої рідкої фази.

Методи. Первинне освітлення рідкої фази відходів буріння проводилося методом хімічної коагуляції з використанням у якості коагулянту органічних коагулянтів «Magnafloc» та «ECOFLOC». У разі недостатності ступеню очистки бурових стічних вод методом коагуляції застосовувався додатковий спосіб очищення флокулянтами Zetag 8180 та камеддю целюлозною. Після процесу очищення виконували токсикологічний аналіз бурових стічних вод за методикою біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

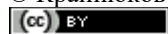
Результати. Проведено низку дослідів щодо визначення оптимальної витрати коагулянтів та флокулянта для очищення бурових стічних вод. Визначено, що найбільш ефективно очищення відбувається при первинному освітленні рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням органічного коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянтом Zetag 8180 у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³, відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у вищезначених концентраціях, в очищених бурових стічних водах визначено 2 рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична). Встановлено, що найбільш ефективно очищення відбувається при первинному освітленні рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням коагулянту «ECOFLOC» та флокулянтом - камеддю целюлозною у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³, відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у вищезначених концентраціях, у очищених бурових стічних водах визначено 2 рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична).

Висновки. Загалом слід зазначити, що такі стічні води потребують більш ретельної доочистки, в разі можливого скиду до водних об'єктів, і їх використання можливе лише у повторних технологічних процесах буріння. Результати біотестування необхідно використовувати для скринінгу високотоксичних екологічно небезпечних хімічних речовин та контролю токсичності різних категорій стічних вод на всіх стадіях їх утворення та на скидах у водні об'єкти як інтегральний показник при контролі їх якості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: коагуляція, флокуляція, гостра летальна токсичність, метод біотестування, очищення, екологічний стан, підземні води, забруднення води

Як цитувати: Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Житнецький І. В. Токсикологічна оцінка якості очищення бурових стічних вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 83 - 90. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07>

© Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Житнецький І. В., 2023



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

In cites: Krainiukov, O. M., Kryvytska, I. A., & Zhytnetskyi, I. V. (2023). Toxicological assessment of drilling wastewater treatment quality. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 83 - 90. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07> (in Ukrainian)

Вступ

Світова галузь видобутку нафти та газу відіграє життєво важливу та динамічну роль у глобальній енергетичній системі. Будь-яка діяльність при проведенні бурових робіт з видобутку нафти та газу може призвести до утворення значної кількості відходів. Бурові розчини та шлам вважаються небезпечними відходами, дуже складними та важкими для поводження через низку домішок. У будь-якому проєкті з розробки нафти та газу, буріння може призвести до утворення значної кількості відходів і через наявність багатьох забруднюючих речовин [1] вважається надзвичайно складним для знешкодження. Впровадження стратегії утилізації відходів [2] є складним процесом, який впливає як на процес створення її вартості, і включає кілька складових, на які безпосередньо впливають технічні аспекти, які необхі-

дно враховувати при прийнятті управлінських рішень щодо поводження з відходами буріння.

На початку розвитку нафтової та газової промисловості, згідно з [3] відходи буріння утилізувалися безпосередньо на полігони, що спричиняло забруднення навколишнього середовища на місці захоронення. У роботі [3] зазначено, що Рамкова директива щодо відходів (РВД) визначила відходи буріння як небезпечні хімічні речовини, що потребує додаткової уваги до остаточної утилізації. У роботі [4] зазначено, що відходи буріння не можна вивозити на полігони до обробки, що обумовлено надлишковим вмістом у них важких металів, нафтопродуктів та інших токсичних хімічних з'єднань, які можуть забруднювати різні компоненти навколишнього середовища.

Методи

Існує велика кількість різних підходів щодо технології очищення та знешкодження бурових шламів та стічних вод [5-10]. В даному дослідженні наведено один із методів очищення бурових стічних вод, який базується на використанні різних хімічних реагентів.

Для проведення робіт з очищення використовували установку по зневодненню та фільтруванню відходів, яка складалася з послідовно розташованих блоків (вузлів): установка для механічного розділення твердої та рідкої фракцій та/або приймальна установка типу Geotube для зневоднення (відстоювання), блок коагуляції і флокуляції, блок (ємності) доочистки до 40 м³, блок (ємності) фільтрування (освітленої води) до 40 м³. Ємності та обладнання розміщували на ділянці, яка відведена і використовувалася для буріння свердловини.

При бурінні свердловин на кожен 1 м свердловини утворюється до 2 м³ відпрацьованого бурового розчину. Блок коагуляції і флокуляції (надалі – БКФ) використовувався для видалення твердої фази з бурових розчинів шляхом дозованого введення хімічних коагулянтів та/або флокулянтів. БКФ забезпечував очищення бурових розчинів до

потрібної концентрації з метою повторного їх використання при бурінні свердловини.

Первинне освітлення рідкої фази відходів буріння проводилося методом хімічної коагуляції з використанням у якості коагулянту органічних коагулянтів «Magnafloc» та «ECOFLOC» та/або алюмінію сірчанокислового у порошковій або як рідину.

При використанні органічних коагулянтів «Magnafloc», «ECOFLOC» та алюмінію сірчанокислового у рідкій формі відбувалося попереднє приготування робочого розчину з концентрацією коагулянту 0.1 - 0,01 г/л в ємності об'ємом 1 - 2 м³ Коагулянт поступово подавався в трубопровід за допомогою насоса. Залежно від показників бурових стічних вод, концентрація коагулянта змінювалась від 1 до 10%. Кількість коагулянту та води в ємності визначались щодобово з розрахунку добової витрати робочого розчину. При цьому термін використання готового розчину не повинен перевищувати 24 години.

Час відстоювання освітленої рідини після обробки коагулянтом становило 36-40 годин. Освітлена рідка фаза не повинна містити механічних домішок. Контроль за приготуванням розчину здійснювали візуально.

У разі недостатності ступеню очистки бурових стічних вод методом коагуляції застосовувався додатковий спосіб очищення флокулянтами Zetag 8180 та камеддю целюлозною. При цьому способі очищення, у буровий розчин, на 85-95% очищений від зважених у розчині часток додався флокулянт, який сорбував на своїй поверхні органічні та неорганічні сполуки.

Для механічного розділення твердої та рідкої фракції в установці відбувалося розділення на тверду та рідку фракцію (у разі використання установки типу Geotube, відбувається процес фільтрації рідкої фази через

фільтруючі стінки установки Geotube). Надалі вода поступала в ємності, де додатково подавався флокулянт. В ємності, протягом 30-40 хвилин відбувався процес утворення пластівців та випадіння їх у осад, у поверхневому шарі залишалася освітлена вода, яка переливалася в другу ємність та надалі відбиралася на аналіз. При позитивних токсикологічних та хімічних результатах аналізу (таблиця) вода поверталася до технологічного процесу буріння. Пластівці осаджуються на дно ємності у вигляді осаду, який в подальшому відкачується та направляється на полігон.

Таблиця

Фізико-хімічні показники води для повторного використання при приготуванні бурового розчину на водній основі

Table

Physico-chemical indicators of water for reuse in the preparation of water-based drilling mud

Найменування секції / Тип бурового розчину	Густина, кг/м ³	pH	Вміст іонів Cl, мг/дм ³	Вміст іонів Ca ²⁺ і Mg ²⁺ , мг/дм ³
Кондуктор / Глинистий	< 1040	6-11	<1000	<400
Проміжна колона / Полімер-глинистий	<1040	6-11	<1000	<400
Проміжна колона / Полімер-глинистий частково мінералізований	<1080	6-11	<20000	<400
Проміжна колона / Мінералізований NaCl	<1150	6-11	<150000	<800
Проміжна колона/ Хлоркалісвий p=1140-1350 кг/м ³	<1060(1140 кг/м ³) <1150(1350 кг/м ³)	6-11	<10000 (1140 кг/м ³) <15000 (1350 кг/м ³)	<800
Проміжна колона / Хлоркалісвий НТНР p> 1350	<1100	6-11	<50000	<800

При використанні коагулянтів і флокулянтів установку доповнювали камерою утворення пластівців і ін.

В досліді встановлено, що витрата і вид флокулянта залежать від питомої поверхні часток дисперсної фази, розчинених у воді домішок, умов перемішування, температури та pH середовища. Тонко дисперсні нерозчинні забруднювачі відстоювали з попередньою коагуляцією за допомогою хімічних реагентів (коагулянтів, флокулянтів), що утворюють в воді пластівці. Саме вони захоплюють при осадженні або сорбують нерозчинені тонко дисперсні забруднювачі

які потрапляють разом з ними в осад. Введення у стічні води коагулянтів вимагало подальшого доведення pH до значення, що забезпечує повноту гідролізу солі і випадання гідроксиду. Для цього в потік з зворотними водами додавали допоміжні комплекти (кальцинована сода), для стабілізації pH середовища.

Токсикологічний аналіз очищених бурових стічних вод проводили за методикою біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [11,12].

Результати та обговорення.

Невід'ємними складовими компонентами відходів буріння є бурові стічні води, відпрацьований буровий розчин та розчин

для випробування. Технічне водопостачання бурових майданчиків переважно організовується з розташованих поблизу водних

об'єктів або спеціально пробурених на воду свердловин [13].

Застосовані у процесі буріння свердловин екологічно шкідливі хімреагенти з відпрацьованими буровими розчинами, буровими стічними водами та буровим шламом, в багатьох випадках, складаються в негідроізольованих бурових амбарах і несуть небезпеку як джерело потенційної екологічної небезпеки – забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод [14].

При цьому бурові стічні води складають більше половини загального обсягу відходів, що утворюються при спорудженнях нафтогазових свердловин. При дотриманні технології спорудження свердловин, бурові стічні води не повинні потрапляти у природні водні об'єкти і за умов очищення та повторного використання їх можливий негативний вплив на компоненти навколишнього середовища буде зведено до мінімуму. Але задля достовірного підтвердження мінімізації шкідливого впливу очищених бурових стічних вод необхідно проводити їх токсикологічний аналіз. Така інтегральна оцінка дозволить оцінювати якість очищення бурових стічних вод та визначати найбільш ефективні комбінації застосування коагулянтів та флокулянтів.

В процесі експериментального дослідження було проведено низку дослідів з визначення оптимальної витрати коагулянтів та флокулянта для очищення бурових стічних вод з подальшим визначення гострої летальної токсичності отриманої освітленої рідкої фази бурових вод.

Спершу було випробувано комбінації коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180. Концентрації коагулянту варіювались від 0,2 до 1,6 г/дм³ та флокулянта – 0,2 – 1,6 кг/м³. Після процесу очищення було визначено рівні гострої летальної токсичності (рис. 1).

Проведені дослідження показали, що найбільш ефективно очищення відбувається при первинному освітлення рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням органічного коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянтом Zetag 8180 у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³ відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у досліджених концентраціях, в очищених бурових стічних водах

було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична). В інших використаних комбінаціях хімічних реагентів, було визначено з 3-го по 5-й рівні гострої летальної токсичності, що може свідчити про незадовільний рівень очищення стічних вод та неприпустимість їх потрапляння (скиду) до поверхневих водних об'єктів та підземних вод.

Експериментальні дослідження проведено задля виявлення найбільш ефективної комбінації коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної. Концентрації коагулянту варіювались від 0,3 до 1,6 г/дм³ та флокулянта – 0,3 – 1,6 кг/м³. Після процесу очищення було визначено рівні гострої летальної токсичності (рис. 2).

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільшу ефективність має очищення, що відбувається при первинному освітлення рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням коагулянту «ECOFLOC» та флокулянтом – камеддю целюлозною у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³ відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у досліджених концентраціях, у очищених бурових стічних водах було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична), що збігається з результатами отриманими в експерименті з органічним коагулянтом «Magnafloc» та флокулянтом Zetag 8180. Інші використані комбінації хімічних реагентів не очищали стічні води до 2-го рівня гострої летальної токсичності, а в більшості випадків рівень токсичності був навіть вищим за попередній експеримент. Кількість випадків із визначеним 5 рівнем токсичності було у 1,5 рази більшим за попередньо використану комбінацію коагулянта «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180. Результати біотестування можуть служити сигнальною інформацією про небезпеку стічних вод для водних біоценозів, яка використовується разом з даними щодо їх компонентного складу, що саме й забезпечує зворотній зв'язок між суб'єктом та об'єктом забруднення.

Загалом слід зазначити, що такі стічні води потребують більш ретельної доочищення, в разі можливого скиду до водних об'єктів, а їх використання можливе лише у повторних технологічних процесах буріння.

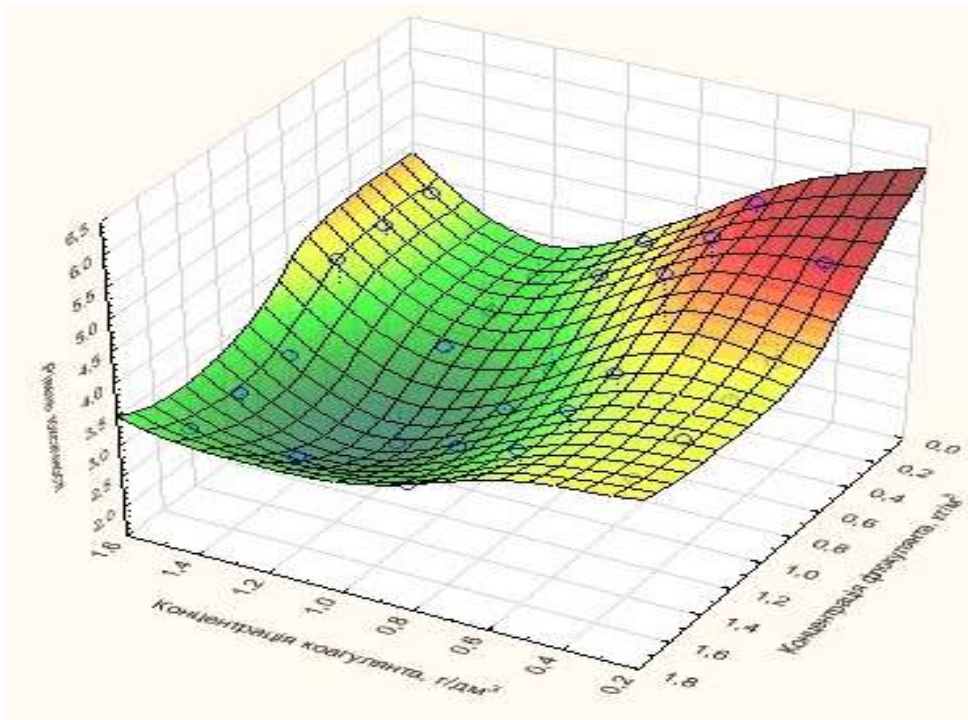


Рис. 1 – Вплив різних концентрацій коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180 на рівні гострої летальної токсичності
Fig. 1 – The effect of different concentrations of «Magnafloc» coagulant and Zetag 8180 flocculant on the level of acute lethal toxicity

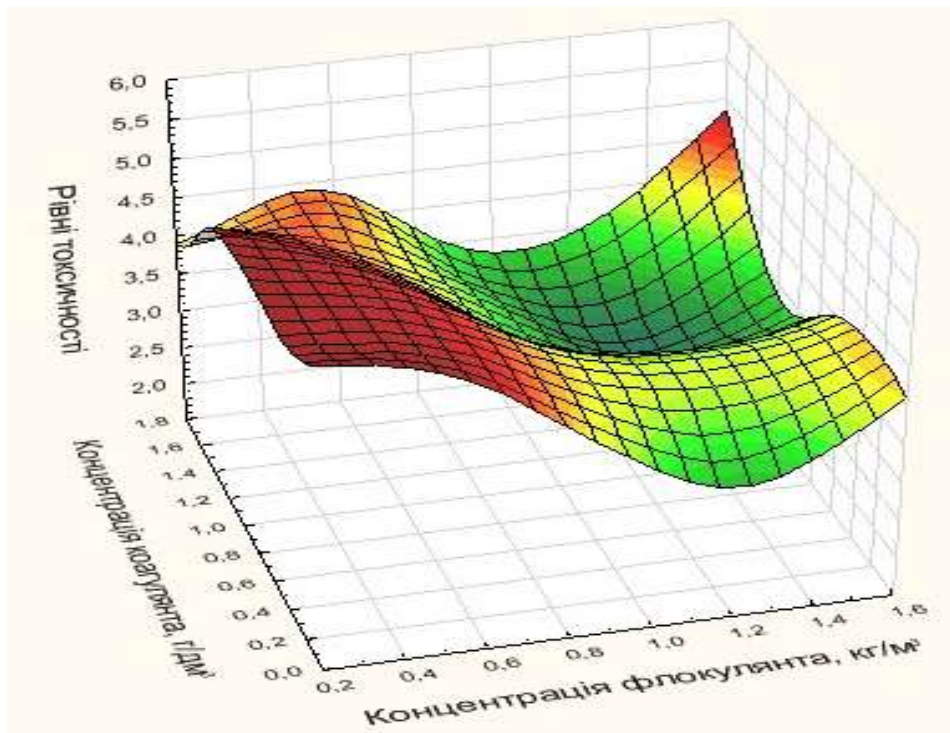


Рис. 2 – Вплив різних концентрацій коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної на рівні гострої летальної токсичності
Fig. 2 – The influence of different concentrations of the coagulant «ECOFLOC» and flocculant cellulose gum on the level of acute lethal toxicity

Висновки

В результаті проведеної серії експериментів з визначення оптимального набору коагулянтів та флокулянтів та їх ефективних концентрацій, встановлено, що при використанні коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянта Zetag 8180 найбільш ефективними концентраціями реагентів є 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³ відповідно, а при використанні коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної – 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³, відповідно. При таких комбінаціях хімічних реагентів та їх концентрацій було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична), що є найменшим з усіх інших експе-

риментів по визначенню токсичності. Отриманні результати свідчать про практично ідентичну ефективність застосування коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180 і коагулянту «ECOFLOC» з флокулянтом камедь целюлозна при експериментально визначених співвідношеннях цих хімічних реагентів.

Результати біотестування можна використовувати для скринінгу високотоксичних екологічно небезпечних хімічних речовин та контролю токсичності різних категорій стічних вод на всіх стадіях їх утворення та як інтегральний показник при контролі їх якості на скидах у водні об'єкти.

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. Leonard, S. A., Stegemann, J. A. Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings, *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 174. N 1–3. 2010. P. 463-472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.075>
2. Pantelitsa, L., Voukkali, I., Zorpas, A., Pedreño, Jose N., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, J., Vardopoulos, I., Doula M. Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of The Total Environment*. Vol. 753. 2021. 141974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>
3. Sadiq, R., Husain, T. A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environmental Modelling & Software*. Vol. 20. N 1. 2005. P. 33-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.12.007>
4. Njuguna, J., Siddique, S., Kwroffie, L. Bakah, S., Addae-Afoakwa, K., Ekeh-Adegbotolu, U., Oluyemi, G. The fate of waste drilling fluids from oil & gas industry activities in the exploration and production operations. *Waste Management*. Vol. 139. 2022. P. 362-380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.025>
5. Крайнюков О. М., Кривицька І. А. Технологія локального очищення рідкої фракції бурового шלאму від специфічних забруднюючих речовин. *Інтернаука*. 2023. №3. С. 90-92. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8617>
6. Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Крайнюков О. О. Оцінка ефективності використання сучасних технологій детоксикації бурового шלאму. *Інтернаука*. 2020. №16. С. 9-11.
7. Khanpour R., Sheikhi-Kouhsar M.R., Esmailzadeh F., Mowla D. Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*. Vol. 88. 2014. P 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.01.004>
8. Elnenay M., Nassef E., Farouk G., Abdel Magid M. Treatment of drilling fluids wastewater by electrocoagulation. *Egyptian Journal of Petroleum*, Vol. 26. N 1. 2017. P. 203-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.03.005>
9. Laine B. Pereira, Cristina M.S. Sad, Mayara da Silva, Rayane R.B. Corona, Lacerda V. Oil recovery from water-based drilling fluid waste, *Fuel*, Vol. 237, 2019, pp. 335-343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.007>
10. Guo, B., Zhang, S., Xu, X., Gao, B., Li, Q., Yue, Q. An enhanced coagulation using ferric chloride and polyferric chloride coagulant assisted by polyamidine: Performance and mechanisms. *Chinese Chemical Letters*. 2023. 108379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2023.108379>
11. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). Київ : Держспоживстандарт України, 2004.

12. Крайнюкова, А. М., Крайнюков, О. М., & Кривицька, І. А. Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2021. № 24. С.103-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>
13. Ablicieva I.Y. Assessment of environmental safety of solid phase of drilling sludge after centrifusion separation. *Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»*. 2020. Vol. 8(2/2020). P. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300735>
14. Адаменко Я.О., Кундельська Т.В., Николик М.М. Оцінка впливів освоєння нафтогазоконденсатних родовищ на навколишнє середовище. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2005. №3(16). С.53-58.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2023

Стаття рекомендована до друку 15.06.2023

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

Professor and Department of Environmental Safety of 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, Ukraine

I.A. KRYVYTSKA, PhD (Biology),

Associate Professor and Department of Environmental Safety of 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, Ukraine

I. V. ZHYTNETSKYI, PhD (Engineering Sciences),

Associate Professor and Department of Machines and Apparatuses for Food and Pharmaceutical Productions

e-mail: zhitn@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3029-7281>

National University of Food Technologies

68, Volodymyrska Str., Kyiv, 01601, Ukraine

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DRILLING WASTEWATER TREATMENT QUALITY

Purpose. To determine the optimal combination and consumption of coagulants and flocculants in the treatment of drilling wastewater, followed by determination of the acute lethal toxicity of the obtained illuminated liquid phase.

Methods. Primary clarification of the liquid phase of drilling waste was carried out by the method of chemical coagulation using the organic coagulants "Magnafloc" and "ECOFLOC" as a coagulant. In case of insufficient degree of purification of drilling wastewater by coagulation method, an additional method of purification with Zetag 8180 flocculants and cellulose gum was used. After the cleaning process, a toxicological analysis of drilling wastewater was carried out using the biotesting method to determine the acute lethal toxicity of the water on the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

Results. In the process of experimental research, a number of experiments were conducted to determine the optimal consumption of coagulants and flocculant for the treatment of drilling wastewater, followed by the determination of the acute lethal toxicity of the obtained illuminated liquid phase of drilling water. First, combinations of «Magnafloc» coagulant and Zetag 8180 flocculant were tested. The conducted studies showed that the most effective cleaning occurs during the primary clarification of the liquid phase of drilling waste by the method of chemical coagulation using the organic coagulant «Magnafloc» and additionally the flocculant Zetag 8180 in concentrations of 1.2 g/dm³ and 1 kg/m³, respectively. When using these chemical reagents in the above-mentioned concentrations, the 2nd level of acute lethal toxicity was determined in purified drilling wastewater (water is slightly toxic). The following experimental studies were conducted in order to identify the most effective combination of coagulant «ECOFLOC» and flocculant cellulose gum. According to the results of the conducted research, it was established that the most effective cleaning occurs during the primary clarification of the liquid phase of drilling waste by the chemical coagulation method using the coagulant «ECOFLOC» and the flocculant - cellulose gum in concentrations of 1.2 g/dm³ and 1.3 kg/m³, respectively. When using these chemical reagents in the above-mentioned concentrations, the 2nd level of acute lethal toxicity was determined in the purified drilling wastewater (the water is slightly toxic).

Conclusions. In general, it should be noted that such wastewater requires more thorough treatment in case of possible discharge to water bodies, and its use is possible only in repeated technological processes of drilling.

The results of biotesting must be used for screening highly toxic environmentally hazardous chemicals and controlling the toxicity of various categories of wastewater at all stages of their formation and discharges into water bodies as an integral indicator in their quality control.

KEY WORDS: *coagulation, flocculation, acute lethal toxicity, bioassay method, purification, ecological condition, groundwater, water pollution*

References

1. Leonard, S. A. & Stegemann, J. A. (2010). Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings. *Journal of Hazardous Materials*, 174, 1–3, 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.075>
2. Pantelitsa, L., Voukkali, I., Zorpas, A., Pedreño, Jose N., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, J., Vardopoulos, I. & Doula M. (2012). Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of The Total Environment*, 753, 141974, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>
3. Sadiq, R. & Husain, T. (2005). A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environmental Modelling & Software*, 20 (1), 33-46, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.12.007>
4. Njuguna, J., Siddique, S., Kwroffie, L. Bakah, S., Addae-Afoakwa, K., Ekeh-Adegbotolu, U. & Oluyemi, G. (2022). The fate of waste drilling fluids from oil & gas industry activities in the exploration and production operations. *Waste Management*, 139, 362-380, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.025>
5. Kraynyukov, O. M. & Kryvytska, I. A. (2023). Technology of local cleaning of the liquid fraction of drilling mud from specific pollutants. *International Scientific Journal "Internauka"*, 3. 90-92. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8617>
6. Kraynyukov, O.M., Kryvytska, I.A. & Kraynyukov, O.O. (2020). Evaluation of the effectiveness of the use of modern drilling mud detoxification technologies. *International scientific journal "Internauka"*, 16, 9-11.
7. Khanpour, R., Sheikhi-Kouhsar, M.R., Esmaeilzadeh, F., & Mowla, D. (2014). Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 88, 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.01.004>
8. Elnenay, M., Nassef, E., Farouk, G. & Abdel Magid, M. (2017). Treatment of drilling fluids wastewater by electrocoagulation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(1), 203-208. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.03.005>
9. Pereira, Laine B., Sad, Cristina M.S., Rayane, Mayara da Silva, Corona, R.B. & Lacerda V. (2019). Oil recovery from water-based drilling fluid waste. *Fuel*, 237, 335-343. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.007>
10. Guo, B., Zhang, S., Xu, X., Gao, B., Li, Q. & Yue, Q. (2023). An enhanced coagulation using ferric chloride and poly-ferric chloride coagulant assisted by polyamidine: Performance and mechanisms. *Chinese Chemical Letters*, 108379, <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2023.108379>
11. DSTU 4173-2003. (2004). Water quality. Determination of acute lethal toxicity to *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). Kyiv: *Derzhspozhivstandard of Ukraine*, (In Ukrainian)
12. Kraynyukova, A. M., Kraynyukov, O. M., & Kryvytska, I. A. (2021). The use of biotesting techniques to assess the ecological status of surface waters. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Ecology"*, 24, 103-116. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09> (In Ukrainian)
13. Ablieieva, I.Y. (2020). Assessment of environmental safety of solid phase of drilling sludge after centrifusion separation. *Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»*, 8, 3–11. DOI: [10.5281/zenodo.4300735](https://doi.org/10.5281/zenodo.4300735)
14. Adamenko, Y.O., Kundelska, T.V., & Nikolyyk, M.M. (2005). Assessment of the impact of the development of oil and gas condensate deposits on the environment. *Exploration and development of oil and gas deposits*. 3(16), 53-58. (In Ukrainian)

The article was received by the editors 11.05.2023

The article is recommended for printing 15.06.2023

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-08>

УДК: 630.6:504:332 (477.84)

І. Ю. ЧЕБОЛДА¹, канд. геогр. наук, доц.,

доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін

e-mail: chebolda1@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3632-8599>

І. Р. КУЗИК¹, доктор філософії,

асистент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін

e-mail: kuzyk@tntpu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4491-1071>

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, Україна, 46027

ОЦІНКА НЕМАТЕРІАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЛІСІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мета. Оцінити нематеріальні екосистемні послуги лісів Тернопільської області.

Методи. Описовий, статистичний, математичний, оцінювання та геоєкологічний аналіз.

Результати. Проведено оцінку нематеріальних екосистемних послуг лісів Тернопільської області: рекреаційну ємність, продукування кисню, асиміляцію вуглекислого газу, поглинання парникових газів. В області переважають експлуатаційні ліси, середній вік лісів становить 62 роки. Лісоутворюючими породами на Тернопільщині є дуб, бук, ясен і граб. Визначено, екологічно допустиму рекреаційну ємність лісів Тернопільської області, яка становить 824 400 осіб для усіх земель лісового фонду та 112 500 осіб для рекреаційно-оздоровчих лісів. Встановлено, що середньодобові обсяги продукування кисню лісами області становлять 36,6 тисяч тон, обсяги асиміляції вуглекислого газу – 45,8 тисяч тон. Ліси Тернопільської області, впродовж року, поглинають 875 700 тон парникових газів. Пріоритетним напрямками розвитку лісового господарства області залишається розвиток комплексного використання лісових ресурсів та розширення використання нематеріальних ресурсів лісу.

Висновки. Напрямок наукових досліджень є перспективним та актуальним, особливо в умовах сучасних глобальних та регіональних кліматичних змін. Дослідження варто деталізувати на рівні окремих державних лісогосподарських підприємств, адміністративних районів і територіальних громад оскільки результати сприяють монетизації екосистемних послуг лісів та раціональному управлінню лісовими екосистемами на засадах збалансованого розвитку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лісистість, рекреаційна ємність, продукування кисню, асиміляція вуглекислого газу, парникові гази

Як цитувати: Чеболда І. Ю., Кузик І. Р. Оцінка нематеріальних екосистемних послуг лісів Тернопільської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 91 - 100. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-08>

In cites: Chebolda, I. Y. & Kuzyk, I. R. (2023). Assessment of intangible ecosystem services of the Ternopil region forests. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 91 - 100. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-08> (in Ukrainian)

Вступ

Ліс – це надзвичайно складна екосистема, яка виконує безліч різноманітних функцій [1]. Окрім безпосередньо матеріального забезпечення, ліси стабілізують ландшафти, виконують водо-, земле- та атмос-

фероохоронні функції, мають культурно-оздоровчу, рекреаційну та естетичну цінність. Все це є частиною природного капіталу лісу, який для раціонального використання потрібно правильно оцінити [2]. Від-

© Чеболда І. Ю., Кузик І. Р., 2023



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

повідно до чинного законодавства України до лісових ресурсів відноситься: «деревні, технічні, лікарські та інші продукти лісу, що використовуються для задоволення потреб населення і виробництва та відтворюються у процесі формування лісових природних комплексів» [3].

Відповідно до екосистемного уявлення про біогнеоценози та управління лісами, ряд вчених розглядають сировинну і несировинну продукцію лісу як екосистемну [4, 5]. Це, певною мірою, узгоджується із розвитком екосистемного підходу до лісогосподарювання. Екосистемні послуги, насамперед, включають соціальні та екологічні функції лісів, а також можливість здійснення побічного лісокористування, яким займається населення. Таким чином, екосистемні послуги лісів, можна розглядати, як набуття природним об'єктом якості екосистемного сервісу. Що у свою чергу впливає на ключові підходи до оцінювання якісного та кількісного значення екосистемних послуг лісових ландшафтів.

Концепція екосистемних послуг сьогодні активно напрацьовується та впроваджується у практику різних видів природокористування, багатьох країн світу. Екосистемні послуги досліджують із соціального, економічного та екологічного аспектів. За останні кілька років, в Україні збільшилась кількість наукових розробок та публікацій, щодо розвитку ринку екосистемних послуг, впровадження відповідних механізмів платежів за ці послуги тощо. Сучасні наукові дослідження висвітлюють стратегічні орієнтири та проблематику оцінки екосистемних послуг водно-болотних угідь [6], водокористування [7], лісових екосистем [8] та інші. Важливу роль у формуванні концепції екосистемних послуг відіграло дослідження О.П. Бурковського та О.В. Василюка [9], про створення

державного агентства екосистемних послуг України.

Аналіз методик оцінки екосистемних послуг лісових ландшафтів у своєму дослідженні проводив В.О. Воронін [10]; сучасний стан та перспективи використання в Україні екосистемних послуг досліджує І.М. Жежжун [11]; кліматорегулюючі екосистемні послуги лісових ландшафтів на прикладі Українських Карпат досліджував колектив львівських науковців А. Смалійчук, І. Круглов, О. Часковський, Г. Смалійчук, В. Біланюк [12].

У контексті дослідження екосистемних послуг лісів, варто звернути увагу на дослідження Р.А. Бунь, І.В. Слуга [13], щодо технології формування кадастрів емісії та поглинання парникових газів у лісовому господарстві Тернопільської області. Тенденції розвитку лісового господарства Тернопільщини, сучасний стан та проблеми лісовідновлення розглянуто у дослідженні І.Р. Кузика [14]. Особливості рекреаційного лісокористування вивчали І.Р.Кузик [15], М.Р. Питуляк, М.В. Питуляк [16]. Перспективи створення нових лісів у Тернопільській області висвітлено у публікації Л.П. Царика, Ю.В. Смеречинського [17]. Економічну оцінку генетико-екологічного потенціалу лісів Тернопільщини провів колектив науковців під керівництвом Ю.І. Гайди [18].

Таким чином, екосистемні послуги, в широкому розумінні – це всі корисні ресурси (як матеріальні продукти, так і нематеріальні властивості) та вигоди, які людина може отримати від природи. Об'єктом дослідження обрано ліси Тернопільської області, предметом – нематеріальні екосистемні послуги (рекреація, продукування кисню, асиміляцію вуглекислого газу, поглинання парникових газів) лісів Тернопільщини.

Методи дослідження

Процес розвитку екосистемних послуг лісів складається з трьох стадій: зародження ринку, його становлення і функціонування [10]. За дослідженням О. Бурковського та О. Василюк [9], усі екосистемні послуги за функціональним призначенням можна поділити на 4 групи:

1) постачання (продовольство, сировина, прісна вода, ґрунти), які можуть бути оцінені у грошовому еквіваленті;

2) регулювання (клімату, погодних умов, якості повітря, якості і кількості прісної води, формування ґрунтів, запилення рослин тощо) – процеси в екосистемах, що формують середовище існування для біологічних видів, в т.ч. і людини;

3) культурні та соціальні (відпочинок, духовне збагачення, наукові знання, натхнення у творчості, формування ідентичності етнічних груп і т. ін.) – нематеріальні

вигоди та блага, що людство отримує від природи;

4) підтримання екосистем – глобальні процеси формування атмосфери, зон клімату, колообігу речовин.

I.M. Жежкун виділяє дві групи екосистемних послуг: матеріальні і нематеріальні [11]. Кожну із цих груп поділяє на види та підвиди (табл. 1).

Таблиця 1

Екосистемні послуги лісу [11]

Table 1

Ecosystem services of the forest [11]

Група	Вид	Підвид
Матеріальні	Деревина	Ділова деревина, діловий круглий ліс, паливна деревина, біомаса (відходи деревини)
	Продукція мисливства	Мисливські тварини і птахи
	Дикорослі плоди	
	Гриби	
	Ягоди	
	Лікарські рослини	
	Деревні соки	
	Сіно	
	Деревна зелень	
Очерет		
Нематеріальні	Послуги постачання	Зменшення поверхневого стоку
		Лісові генетичні ресурси
	Послуги регулювання	Регулювання клімату
		Поглинання CO ₂
		Виділення кисню (O ₂)
		Асиміляція забруднюючих речовин
	Протиерозійна дія	Запобігання вітрової та водної ерозії
		Полезахисні лісосмуги
	Культурні та соціальні	Рекреація та екотуризм
		Соціальне значення

Таким чином, з аналізу поняття екосистемні послуги та підходи до їх оцінки, можна стверджувати, що основними нематеріальними екосистемними послугами лісів Тернопільської області є рекреація, продукування кисню, асиміляція вуглекислого та інших парникових газів.

Для оцінки рекреаційних нематеріальних екосистемних послуг лісів використано методику оцінки допустимого рекреаційного навантаження на лісові ландшафти [1].

Враховуючи те, що Тернопільська область знаходиться у зоні широколистяних лісів, а лісові комплекси відносяться до малостійких, визначення екологічно допустимої рекреаційної ємності лісів проводиться за формулою:

$$W = P \times S \quad (1)$$

де, W – це екологічно допустима рекреаційна ємність лісів, осіб; P – показник допустимого рекреаційного навантаження на малостійкі

лісові ландшафти, осіб/га (табл. 2); S – площа лісів, га.

Визначення обсягів поглинання парникових газів лісами Тернопільщини, проведено за методикою оцінки викидів (поглинання) парникових газів земельними угіддями різних типів, обґрунтованої фахівцями Міжурядової групи з питань зміни клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change) [19], яка входить до Секретаріату Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Ця методологія включає наступні основні елементи: необхідну класифікацію видів покриття (структуру земельних угідь); методи розрахунку поглинання (викидів) парникових газів від кожного виду земельного покриття (табл. 3); методику визначення викидів при перетворенні однієї категорії земель в іншу. Сумарний вплив оцінюється в одиницях тон еквіваленті викидів CO₂. Ця методологія є рекомендованою Міністерством енергетики та захисту довкіл

Таблиця 2

Показники допустимого рекреаційного навантаження на малостійкі лісові ландшафти, осіб/га [1]

Table 2

Indicators of permissible recreational load on low-resilience forest landscapes, persons/ha [1]

Категорія лісів	Широколистяні	Змішані	Дрібнолистяні
Ліси зеленої зони	2,3	1,5	3,5
Рекреаційний ліс	4,5	3,6	6,0
Лісопарк	10,0	9,0	12,0
Міські парки	19,0	17,0	22,0

Таблиця 3

Індикатори впливу різних типів земель на зміни клімату (в еквіваленті викидів CO₂) [19]

Table 3

Indicators of the impact of different types of land on climate change (in emissions equivalent CO₂) [19]

№	Категорія земель	Одиниці виміру	Коефіцієнт, тон, еквівалент CO ₂
1	Орні землі	тон CO ₂ екв / га	1,18
2	Пасовища і сіножаті	тон CO ₂ екв / га	0,03
3	Лісові площі	тон CO₂ екв / га	-4,78
4	Землі під водою	тон CO ₂ екв / га	0,0
5	Забудовані землі	тон CO ₂ екв / га	0,0
6	Інші землі	тон CO ₂ екв / га	0,0

довкілля України для оцінки викидів парникових газів від земельних угідь, при розробці документів державного планування [20].

Отож, на сучасному етапі розвитку прикладних геоecологічних досліджень існує багато підходів та методик оцінювання нематеріальних екосистемних послуг лісових

ресурсів. У нашому дослідженні «екосистемні послуги» розглядаються, як екологічні функції, які підтримують і захищають людську діяльність, впливають на загальний добробут та якість життя людини і середовища її існування.

Результати та обговорення

Станом на 01.01.2022 року площа земель лісogосподарського призначення Тернопільської області становила *201,4 тис. га*, з них *183,2 тис. га* земель, вкритих лісовою рослинністю. Лісистість області складає *13,8%*. Ліси на території області розташовані нерівномірно та зосереджені, в основному, у північній (із переважанням соснових деревостанів) і північно-західній (бук, граб) частинах, де лісистість сягає 20-25%, а також у південній частині (дуб, граб), де лісистість сягає 14-18%. У постійному користуванні державних лісogосподарських підприємств перебуває *157,7 тис. га* лісів (78,3%). Ще *21,7%*, а це *43,7 тис. га* лісовкритих площ, належать іншим відомствам, зокрема органам місцевого самоврядування (*23,6 тис. га*), Міністерству інфраструктури України (*3,7 тис. га*), іншим лісокористувачам (*6,6 тис. га*) та ще *9,8 тис. га* лісів державної власності не надані у користування [17].

У Тернопільській області переважають експлуатаційні ліси, площею близько *53 тис. га*, ліси природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення займають *42,8 тис. га*, рекреаційно-оздоровчі ліси – *25 тис. га*, захисні ліси – *18,1 тис. га* (рис. 1).

На Тернопільщині основними лісоутворюючими породами є твердолистяні породи (79,6%) – дуб, бук, граб, ясен; хвойні породи (17,2%) – сосна звичайна, ялина, модрина; м'яколистяні породи (3,1%) – береза, осика, вільха (рис. 2). Інші деревні породи та чагарники становлять лише *0,1%* [14].

У структурі лісових насаджень Тернопільщини, за віком переважають середньовікові деревостани (*74,2 тис. га*), близько *23 тис. га* займають стиглі і перестійні ліси, молодняк в області становить *25 тис. га*, пристигаючі ліси – *22,5 тис. га* (рис. 3). Запас деревини у лісах Тернопільського краю оцінюється в межах *32,3 млн. м³*. Середній при

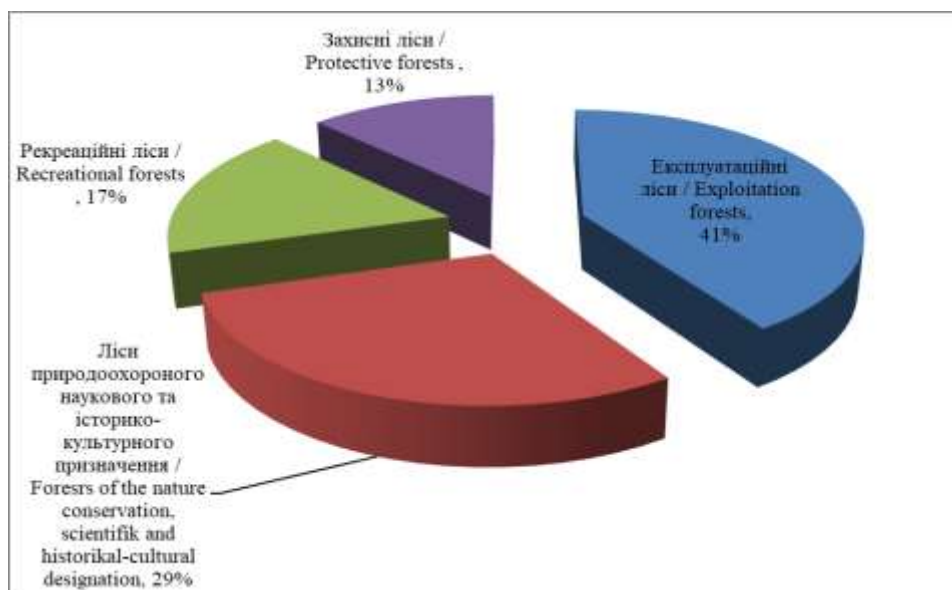


Рис. 1 – Структура лісів Тернопільської області

Fig 1. – Forest structure of the Ternopil region

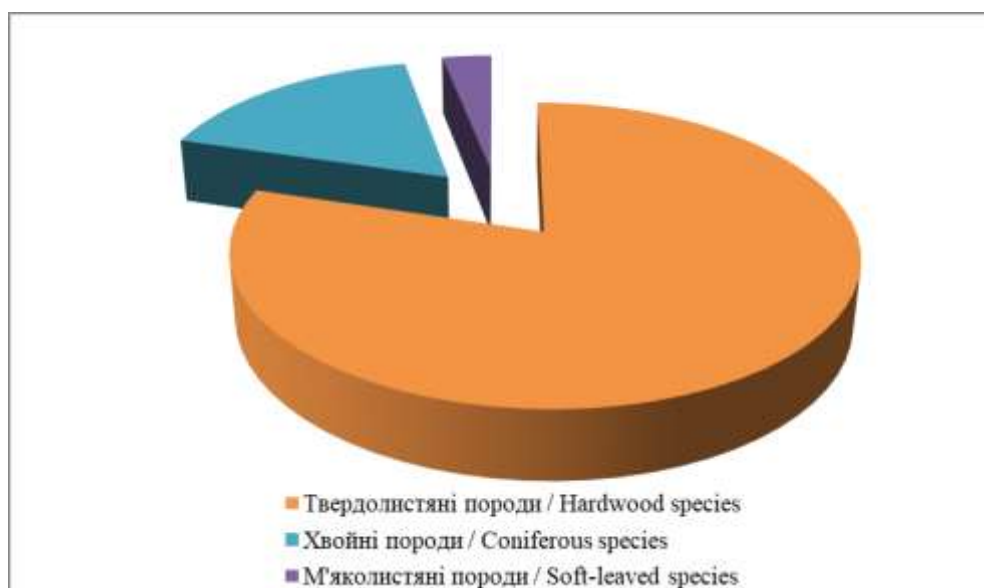


Рис. 2 – Структура насаджень лісів Тернопільської області

Fig. 2 – Structure of forest plantations in the Ternopil region

ріст на 1 га вкритої лісом площі – 3,63 м³. Середній вік лісів Тернопільської області – 62 роки. Основними хворобами деревостанів, які фіксуються у лісах Тернопільщини, є опеньок осінній, бактеріальний рак ясени та прикоренева губка [17].

Основними екосистемними послугами лісів Тернопільської області, окрім матеріальних (деревина, ягоди, гриби тощо) є забезпечення місцями відпочинку громадян, продукування кисню та асиміляція вуглекислого газу. Для оцінки нематеріальних екосистем-

них послуг лісів, використано методи оцінювання рекреаційної ємності лісових масивів області, визначання обсягів продукування кисню та асиміляції вуглекислого газу, окремо звернута увага на оцінку потенціалу поглинання парникових газів лісами Тернопільщини.

Для розрахунку екологічно допустимої рекреаційної ємності лісів Тернопільської області, використано методіку оцінки допустимого рекреаційного навантаження на малостійкі лісові ландшафти [1]. За формулою (1)

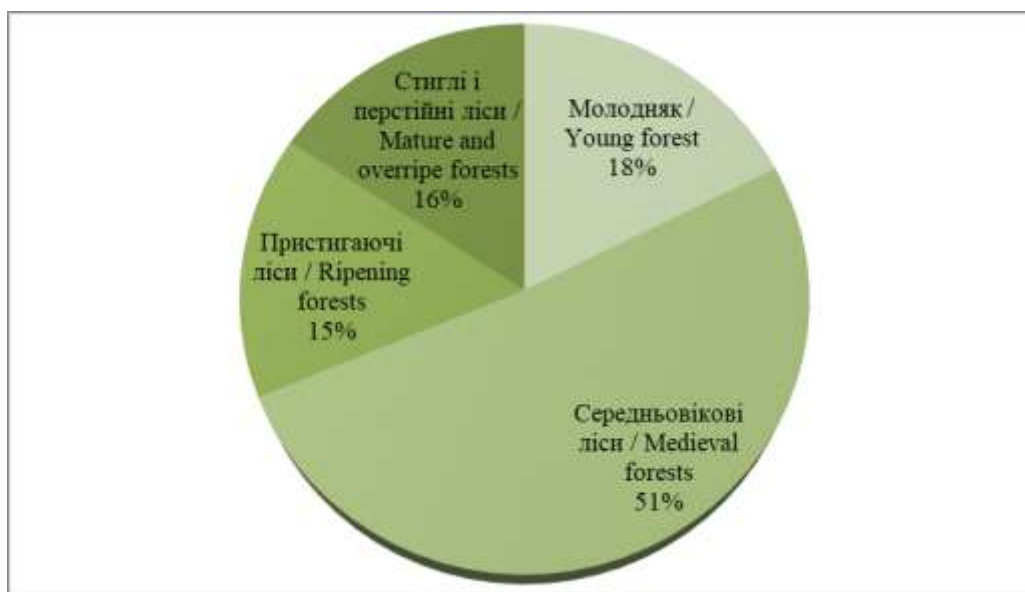


Рис. 3 – Вікова структура лісових насаджень Тернопільської області

Fig. 3 – Age structure of forest plantations in the Ternopil region

рекреаційна ємність (W) лісів області становить:

$$W = 4,5 \times 183\,200 \text{ га} = 824\,400 \text{ осіб}$$

Проте, варто відзначити, що не усі ліси області використовуються із рекреаційною метою, а лише їх частина (25 тис. га), так звані рекреаційно-оздоровчі ліси. Таким чином, рекреаційна ємність цієї категорії лісів у Тернопільській області становить:

$$W = 4,5 \times 25\,000 \text{ га} = 112\,500 \text{ осіб}$$

Отож, за результатами вище проведених розрахунків встановлено, що рекреаційна ємність усіх лісів Тернопільської області становить 824,4 тис. осіб. Водночас, рекреаційна ємність відповідної категорії лісів (рекреаційно-оздоровчих) складає лише 112,5 тис. осіб. Що дозволяє одночасно забезпечити місцями відпочинку лише близько 11% мешканців області.

Окрім соціального значення, ліси відіграють важливу екологічну роль – проду-

кують кисень, асимілюють вуглекислий газ та інші парникові гази. Відомо, що 1 га лісу у погожий літній день поглинає 220-275 кг CO_2 та виділяє 180-215 кг кисню [21]. Таким чином, ліси Тернопільської області, площею 183 200 га, за один день в середньому продукують понад 36 тис. тон кисню та асимілюють близько 46 тис. тон вуглекислого газу (CO_2).

Лісові екосистеми та ландшафти виступають важливим регулятором кліматичних параметрів, як на регіональному, так і на глобальному рівнях. Однією із нематеріальних екосистемних послуг лісів є послуги регулювання клімату [11]. Оскільки парникові гази виступають основним фактором порушення кліматичних параметрів, нами оцінено вплив лісів Тернопільщини на асиміляцію таких газів. За даними таблиці 3 та відповідно проведеними розрахунками ($-4,78 \times 183\,200 = -875\,696$ т/рік) встановлено, що ліси Тернопільської області впродовж року поглинають 875,7 тис. тон парникових газів.

Висновки

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій, дозволяє зробити висновки, що екосистемні послуги лісів класифікують на дві групи: матеріальні та нематеріальні. Якщо профільні відомства на державному рівні, регіональні офіси лісового та мисливського господарства ведуть облік та статис-

тику матеріальних послуг лісових екосистем, то нематеріальні залишаються поза увагою. Оцінка деревини (ділової, паливної), мисливських тварин і птахів, грибів, ягід, лікарської сировини проведена державними органами виконавчої влади та затверджена відповідними нормативно-

правовими актами. Тоді як рекреаційна ємність лісів, обсяги продукування кисню та асиміляції вуглекислого газу, роль лісових ландшафтів у регулюванні клімату залишаються не оцінені.

Визначено екологічно допустиму рекреаційну ємність лісів Тернопільської області, яка становить 824,4 тис. осіб для усіх земель лісового фонду та 112,5 тис. осіб для рекреаційно-оздоровчих лісів. Середньодобові обсяги продукування кисню лісами області становлять 36,6 тис. тон, асиміляції вуглекислого газу – 45,8 тис. тон. Ліси Тернопільщини, впродовж року, поглинають 875,7 тис. тон парникових газів, чим здійснюють значний позитивний вплив на стабілізацію кліматичних параметрів регіону.

Пріоритетним напрямками розвитку лісового господарства області залишається розвиток комплексного використання лісових ресурсів, розширення використання нематеріальних ресурсів лісу, у тому числі розвиток лісового туризму; монетизація екосистемних послуг лісів, включно із вилученням з атмосфери та консервування вуглецю, а також адаптацією до змін клімату. Тому з метою забезпечення сталого лісокористування у найкоротші терміни необхідно розробити та затвердити нормативну базу для оцінки та монетизації екосистемних послуг лісів. Такі заходи сприятимуть ефективному та раціональному управлінню лісовими екосистемами на державному та регіональному рівнях.

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. *Природокористування: навчальний посібник*. За ред. Царика Л.П. Тернопіль: редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2015, 398 с.
2. Коморна О.М. Теоретико-методологічні підходи до оцінювання екосистемних послуг у лісовому господарстві. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2016, Вип. 26.6, С. 32-39. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_6/7.pdf
3. *Лісовий Кодекс України*, 1994. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12> (дата звернення 08.05.2023)
4. Mishenin E., Yarovaya I. Ecological economic principles of integrated process management for forestry and agriculture. *Ecological economics and sustainable forest management: developing a transdisciplinary approach for the Carpatian Mountains*. Lviv: Ukrainian National Forestry University Press, Liga-Pres, 2009, P. 317-331. URL: https://www.uvm.edu/~jfarley/publications/EE%20&%20SFM%202009_ebook.pdf
5. Landell-Mills N., Porras I. *Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor*. International Institute for Environment and Development (IIED). London, 2002, 272 p. URL: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/9066IIED.pdf>
6. Мішенін Є.В., Дегтярь Н.В. Стратегічні орієнтири в управлінні екосистемними послугами водноболотних угідь. *Механізм регулювання економіки*, 2016, №1, С. 33-41. URL: https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue_28/YEVHEN_V_MISHENIN_NATALIIA_V_DEGTYARStrategical_Directions_in_the_Wetlands_Ecosystem_Services_Management.pdf
7. Сидорук Б.О. Особливості механізму застосування платежів за екосистемні послуги у галузі водокористування. *Сталий розвиток економіки*, 2011, Вип. 3, С. 130-134. URL: https://unep.km.ua/pdf/3_2011.pdf
8. Пелюх О. Р., Загвойська Л.Д. Метод експерименту з вибором в оцінюванні вартості послуг лісових екосистем. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2017, №27(7), С. 46-52. DOI: <https://doi.org/10.15421/40270708>
9. Бурковський О. П. Василюк О.В. Концепція створення державного агентства екосистемних послуг. *Від заповідання до збалансованого природокористування*: Матеріали міжнародної наукової конференції. Донецьк, 2013, С.176-179.
10. Воронін В.О. Аналіз методик оцінки екосистемних послуг лісових ландшафтів. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи*: збірник тез доповідей I Міжнародної Інтернет-конференції. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2021, С. 36-39.

11. Жежкун І.М. Стан та перспективи використання в Україні екосистемних послуг лісів. Матеріали Третьої Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Євроінтеграція екологічної політики України». Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2021, С. 110-114.
12. Смалійчук А., Круглов І., Часковський О., Смалійчук Г., Біланюк В. Кліматорегулюючі екосистемні послуги лісового ландшафту Українських Карпат. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: географія*, 2021, №2, С. 48-56. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.21.2.6>
13. Бунь Р.А., Слука І.В. Геоінформаційна технологія формування кадастрів емісій та поглинання парникових газів у лісовому господарстві Тернопільської області. *Штучний інтелект*. 2011, №4, С. 266-272. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/60434/35-Bun.pdf?sequence=1>
14. Кузик І. Сучасний стан і тенденції розвитку лісового господарства Тернопільської області. Громадська оцінка. *Вісник Тернопільського відділу УГТ*, 2019, №3, С. 51-55. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/16255/1/8_KUZYK.pdf
15. Кузик І. Рекреаційна роль лісів комплексної зеленої зони міста Тернопіль під час карантину населення. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*, 2020, 1(48), С. 163-171. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.19>
16. Питуляк М.Р., Питуляк М.В. Особливості рекреаційного лісокористування в Тернопільській області. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія*, 2017, №2, С. 185-190. URL: <http://nzs.tnpu.edu.ua/article/view/157501/156786>
17. Царик Л.П., Смеричинський Ю.В. Оцінка перспективи створення нових лісів у Тернопільській області. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2022. Вип. 27. С. 72-79. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-06>
18. Гайда Ю.І., Свистух М.Б., Гайда Т.Ю. Економічна оцінка генетико-екологічного потенціалу лісів Тернопільщини. *Український журнал прикладної економіки*, 2016, Vol.1, 29-38. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/2197/1/8.pdf>
19. Офіційний сайт Міжурядової групи з питань зміни клімату *Intergovernmental Panel on Climate Change*. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата звернення 02.05.2023).
20. Рекомендацій Міністерства енергетики та захисту довкілля України від 03.03.2020 року №26/1.4-11.3-5650 щодо включення кліматичних питань до документів державного планування. URL: <https://mepr.gov.ua/news/34766.html> (дата звернення 03.05.2023).
21. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: Підручник. Львів: Світ, 2005, 456 с.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2023

Стаття рекомендована до друку 20.06.2023

I. Y. CHEBOLDA¹, PhD (Geography),

Associate Professor of the Department of Geoecology and methods of teaching environ. sciences
e-mail: chebolda1@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3632-8599>

I. R. KUZYK¹, PhD (Earth Sciences)

Assistant of the Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences
e-mail: kuzyk@tnpu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4491-1071>

¹*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University*

Махыма Kryvonisa str.2, Ternopil, 46027, Ukraine.

ASSESSMENT OF INTANGIBLE ECOSYSTEM SERVICES OF THE TERNOPIL REGION FORESTS

Purpose. Assess the intangible ecosystem services of forests in the Ternopil region.

Methods. Descriptive, statistical, assess and geoenvironmental analysis.

Results. The article assess intangible ecosystem services forests of the Ternopil region: recreational capacity, oxygen production, carbon dioxide assimilation, greenhouse gas absorption. The region is dominated by operational forests, the average age of forests is 62 years. The main forest-forming species are oak, beech, hornbeam and ash. Ecologically permissible recreational capacity of forests of the Ternopil region is 824 400 people for all lands of the forest fund and 112 500 people for recreational-health forests. It is established that the average daily volume of oxygen production by forests of the region is 36,6 thousand tons, the volume of carbon dioxide assimilation – 45,8 thousand tons. Forests of Ternopil region, during the year, absorb 875 700 tons of greenhouse gases. The development of integrated use of forest resources and the expansion of the use of intangible forest resources remain priority areas for the forestry in the region.

Conclusions. This area of research is promising and relevant, especially in the context of current global and regional climate change. Such studies should be detailed at the level of individual state forestry enterprises, administrative districts and territorial communities. The results of such research contribute to the monetization of forest ecosystem services and the rational management of forest ecosystems on the basis of sustainable development.

KEY WORDS: forests, recreational capacity, oxygen production, carbon dioxide assimilation, greenhouse gases

References

1. Tsaryk, L.P. (Ed.). (2015). *Nature management: a textbook*. TNPU Editorial and Publishing Department. Ternopil. (in Ukrainian).
2. Komorna, O. M. (2016). Theoretical and Methodical Principles of Assessment of Ecosystem Services in Forestry Management. *Scientific Bulletin of UNFU*, (26.6), 32-39. Retrieved from: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_6/7.pdf (in Ukrainian).
3. *Forest Code of Ukraine* (2023, May 08). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (in Ukrainian).
4. Mishenin, E. & Yarovaya, I. (2009). Ecological economic principles of integrated process management for forestry and agriculture. *Ecological economics and sustainable forest management: developing a transdisciplinary approach for the Carpatian Mountains*. Lviv: Ukrainian National Forestry University Press, Liga-Pres, 317-331. Retrieved from: https://www.uvm.edu/~jfarley/publications/EE%20&%20SFM%202009_ebook.pdf
5. Landell-Mills, N. & Porras, I. (2002). *Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor*. International Institute for Environment and Development (IIED). London. Retrieved from: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/9066IIED.pdf>
6. Mishenin, Y. V. & Degtyar, N. V. (2016). Strategic Directions in the Wetlands Ecosystem Services Management. *Mechanism of Economic Regulation*, 1, 33-41. Retrieved from: https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue_28/YEVHEN_V_MISHENIN_NATALIIA_V_DEGTYARStrategical_Directions_in_the_Wetlands_Ecosystem_Services_Management.pdf (in Ukrainian).
7. Sydoruk, B. O. (2011). Peculiarities of the mechanism for applying payments for ecosystem services in the field of water use. *Sustainable economic development*. 3, 130-134. Retrieved from: https://uniep.km.ua/pdf/3_2011.pdf (in Ukrainian).
8. Pelyukh, O. R., & Zahvoyska, L. D. (2017). Choice Experiment Method in Forest Ecosystem Services Valuation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(7), 46–52. <https://doi.org/10.15421/40270708> (in Ukrainian).
9. Burkovskiy, O. P. & Vasylyuk, O. V. (2013). Concept of creation of the state agency of ecosystem services. *From conservation to balanced nature management: Materials of the international scientific conference*. Donetsk. 176-179 (in Ukrainian).
10. Voronin, V. O. (2021). Analysis of methods for assessing ecosystem services of forest landscapes. *Actual problems of formal and non-formal education in environmental monitoring and conservation: collection of abstracts of the I International Internet Conference*. Kharkiv. 36-39 (in Ukrainian).
11. Zhezhkun, I. M. (2021). The state and prospects of using forest ecosystem services in Ukraine. Materials of the Third All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «*European Integration of Environmental Policy of Ukraine*». Odesa State Environmental University. Odesa. 110-114 (in Ukrainian).
12. Smaliychuk, A. D., Kruhlov, I. S., Chaskovskiy, O. G., Smaliychuk, G. V. & Bilanyuk, V. I. (2021). Climate regulating ecosystem services of the forest landscape in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Notes Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 2, 48-56. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.21.2.6> (in Ukrainian).
13. Bun, R. A. & Sluka, I. V. (2011). Geoinformation Technology for Inventories of Emissions and Removals of Greenhouse Gases in the Forestry of Ternopil Region. *Artificial intelligence*, 4, 266-272. Retrieved from: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/60434/35-Bun.pdf?sequence=1> (in Ukrainian).
14. Kuzyk, I. (2019). Current situation and trends of forestry development of Ternopil region. Public assessment. *Bulletin of the Ternopil branch of the Ukrainian Geographical Society*, 3, 51-55. Retrieved from: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/16255/1/8_KUZYK.pdf (in Ukrainian).
15. Kuzyk, I. (2020). Recreational role of forests of the Ternopil city complex green zone during quarantine of population. *Scientific Notes Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 1, 163-171. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.19> (in Ukrainian).
16. Pytuliak, M. R. & Pytuliak, M. V. (2017). The peculiarities of the nature forest use in the Ternopil region. *Scientific Notes Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 2, 185-190. Retrieved from: <http://nzg.tnpu.edu.ua/article/view/157501/156786> (in Ukrainian).

17. Tsaryk, L. P., & Smerechynskiy, Y. V. (2022). Assessment of the prospects of creating new forests in Ternopil region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, 27, 72-79. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-06> (in Ukrainian).
18. Haida, Yu. I., Svyntuch, M.B. & Haida, T. Yu. (2016). Economic assessment of genetic and ecological potential of forests in the Ternopil region. *Ukrainian Journal of Applied Economics*, 1, 29-38. Retrieved from: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/2197/1/8.pdf> (in Ukrainian).
19. Official website of the *Intergovernmental Panel on Climate Change*. (2023, May 02). Retrieved from: <https://www.ipcc.ch> (in English).
20. Recommendations of the Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine dated 03.03.2020. №26/1.4-11.3-5650 on the inclusion of climate issues in state planning documents. (2023, May 03). Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/news/34766.html> (in Ukrainian).
21. Kucheriavyi, V. P. (2005). *Landscaping of settlements*: Textbook. Lviv: Svit (in Ukrainian).

The article was received by the editors 15.05.2023

The article is recommended for printing 20.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-09>

УДК 528.8+630

А. В. ЖУК¹, канд. біол. наук,

асистент кафедри екології та біомоніторингу,

e-mail : a.zhuk@chnu.edu.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0405-8037>

І. І. МИШІЛЮК¹,

магістрантка кафедри екології та біомоніторингу

e-mail : rrkau581@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9188-3416>

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

вул. Коцюбинського, 2, 58012 Чернівці, Україна

ДИНАМІКА ДЕРЕВНОГО ПОКРИВУ НА СОЦІО-ЕКОЛОГІЧНОМУ ГРАДІЄНТІ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мета. Проаналізувати відмінності у 20-річній динаміці деревного покриву трьох дослідних полігонів, які відповідають колишнім адміністративним районам і розташовані вздовж ландшафтного соціо-екологічного градієнту на території Чернівецької області.

Методи. Системний аналіз, статистичний аналіз, використано геоінформаційну базу даних сервісу Global Forest Watch.

Результати. На території Чернівецької області виділено три полігони, які відповідають екстремумам соціо-екологічного градієнту та проміжній (перехідній) зоні. Проаналізовано динаміку деревного покриву на досліджуваних полігонах (Традиційний, Проміжний і Інтенсивний), що відрізняються за природними умовами, лісистістю і породним складом, а також різним ступенем залежності місцевих громад від екосистемних послуг, які надають ліси. Гірський Традиційний полігон характеризується переважанням лісозаготівлі над агропромисловістю; Інтенсивний рівнинний полігон – високим ступенем сільськогосподарського освоєння земель, розвиненим АПК і рентабельними фермерськими господарствами. Проміжний полігон поєднує як ландшафтні комплекси, так і господарські риси Традиційного та Інтенсивного полігонів. Встановлено, що втрати деревного покриву за період з 2000 р. по 2021 р. склали 18 % для Традиційного полігону, 17 % – для Проміжного і 7,7 % – для Інтенсивного. Площа лісовідновлення за 20 років склала на Традиційному полігоні склала 1400 га при втраті деревного покриву у 11500 га; на Проміжному – 1250 га при втраті деревного покриву у 10800 га; на Інтенсивному – 1100 га при втраті деревного покриву у 1510 га.

Висновки. Отримані результати свідчать про необхідність перегляду локальних систем управління лісокористуванням із урахуванням просторових особливостей соціально-екологічних систем, які склалися на аналізованому градієнті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: соціо-екологічний градієнт, геоінформаційна система, динаміка деревного покриву, космічні знімки, екосистемні послуги лісів

Як цитувати: Жук А. В., Мишілюк І. І. Динаміка деревного покриву на соціо-екологічному градієнті Чернівецької області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 101 - 111. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-09>

In cites: Zhuk, A. V., & Myshiliuk, I. I. (2023). Tree cover dynamics on the socio-ecological gradient of Chernivtsi region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 101 - 111. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-09> (in Ukrainian)

© Жук А. В., Мишілюк І. І., 2023



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

Вступ

Лісові насадження відіграють визначну роль у наданні численних життєво важливих екосистемних послуг [1, 2]. Повнота їхньої реалізації залежить від біологічного потенціалу, умов абіотичного середовища, способів лісозаготівлі, ефективності лісовідновлення. Визначення санітарного стану, резистентності лісостанів, здатності надавати повний комплекс екосистемних послуг неможливе без дослідження динаміки деревостану впродовж тривалого часу [3]. Кількісна оцінка лісового покриву, показники його змін упродовж останніх 10–20 років – інформативні дані для обрання ефективної стратегії управління та визначення перспектив подальшого розвитку.

Третина території Чернівецької області вкрита лісами. Природні показники лісистості варіюються від 45–60 % у гірській частині до 9 % – у рівнинній [4]. Такий нерівномірний розподіл визначає специфіку управління лісовими ресурсами в окремих лісгоспах і області загалом. Геопросторові особливості, багатовіковий досвід лісокористування, різний ступінь залежності місцевих громад від лісових ресурсів обумовлюють можливість використання соціоекологічного градієнту Чернівецької області як унікальної платформи для дослідження довготривалого взаємовпливу соціальної та екологічної складових культурного ландшафту. Такий підхід (place-based approach) використовується міжнародною науковою спільнотою не лише для розробки ефективних методів місцевого управління природокористуванням, але й для обґрунтування рішень у більших масштабах чи екстраполяції на подібні ситуації у інших місцевостях [3]. Отже, досліджувана проблематика актуальна і викликає неабияке зацікавлення з боку широкого кола стейкхолдерів.

Ліси Чернівецької області зазнали суттєвої антропогенної трансформації. Гірські масиви інтенсивно вирубувалися, починаючи з XVII ст. На зміну цінним породам (тиса, дуба, бука) висаджувалися швидкорослі хвойні монокультури, зокрема, ялина європейська [5, 6]. У передгір'ї та на рівнинних територіях велося інтенсивне агрокультурне освоєння лісових ландшафтів із застосуванням вогневої системи господарювання,

внаслідок чого було знищено значну частку листяних пралісів [7]. Ретроспективному аналізу лісокористування та реконструкції автентичного рослинного покриву на цій території присвячені праці О. М. Адамовського [8], В. А. Арманаша [9], Н. П. Герасименко, Т. І. Юрченко, Є. П. Рогозіна [10, 11], Л. Г. Безусько, С. В. Мосякіна, А. Г. Безусько [12]. Сучасний стан лісів Чернівецької області досліджують О. М. Данілова [13, 14], В. В. Слюсарчук [15], А. А. Мельник, М. О. Ячнюк [16] та інші.

Ліс – складна динамічна екосистема і водночас комплекс ресурсів, що потребує підвищеної уваги на всіх рівнях управління, щоби ефективно збалансувати екологічну та соціально-економічну стійкість. Важливі передумови прийняття ефективних управлінських рішень щодо стратегії лісокористування та лісовідновлення – актуальність і надійність наявних статистичних даних про стан і динаміку лісових ресурсів [17]. Своєчасному оновленню інвентаризаційних даних лісового господарства сприяють геоінформаційні технології з високою точністю результатів та можливістю прогнозування процесів [18]. Питанням моніторингу лісових ресурсів за допомогою дистанційного зондування Землі присвячено чимало праць О. М. Данілової [14], Х. В. Бурштинської [19] та В. В. Миронюк [20].

Усвідомлення необхідності докорінного реформування підходів до використання природних багатств згідно соціоекологічної парадигми переходу від природокористування до природогосподарювання призвело до активних пошуків результативних способів досягнення компромісу між економічними, екологічними та соціальними потребами суспільства. Водночас при розробці регіональних програм впровадження у практику принципів сталого розвитку часто втрачається або й повністю ігнорується локальний контекст. Наше дослідження орієнтоване на порівняльне висвітлення просторово-часових змін у стані деревного покриву з урахуванням територіальних особливостей. Мета проведеного дослідження полягала у порівняльному аналізі багаторічної динаміки деревного покриву у межах трьох полігонів із різними ландшафтними,

лісорослинними та соціально-екологічними умовами на території Чернівецької області.
Дослідження інтегрує історико-ланд-

шафтний підхід; понятійний базис концепту екосистемних послуг; застосування сучасних геоінформаційних методів.

Об'єкти та методи дослідження

Завдяки особливостям рельєфу, природних та етнокультурних умов на території Чернівецької області утворився своєрідний соціо-екологічний градієнт [21]. У геопросторовому вимірі він демонструє перехід від рівнинних до гірських ландшафтних комплексів. Контрастна ландшафтна структура області вплинула на формування не тільки природних ресурсів, але й поселенської мережі. Водночас антропогенний фактор модифікував подальшу спрямованість розвитку ландшафтів [22]. Як наслідок, у господарському вимірі також сформувався умовний

градієнт від традиційного сільського господарства у гірській частині області до інтенсивного агровиробництва – у рівнинній частині [23].

Для поглибленого дослідження взаємовпливу ландшафту і соціуму в окремих аспектах природокористування виділено на території Чернівецької області три полігони, які відповідають екстремумам соціо-екологічного градієнту та проміжній (перехідній) зоні (табл. 1): 1) Традиційний – територія колишнього Путильського адміністративного

Таблиця 1

Характеристика дослідних полігонів
(складено на основі [4, 5] та офіційних даних відповідних лісових господарств)

Table 1

Characteristics of test sites
(compiled on the basis of [4, 5] and official data of the relevant forestry companies)

Ознаки	Традиційний	Проміжний	Інтенсивний
Особливості ландшафту	Гірський (Українські Карпати)	Передгірський (Буковинське Передкарпаття)	Рівнинний (Прут-Дністерське межиріччя)
Середня висота н.р.м., м	900	350	230
Площа, км ²	884	1160	716
Кількість сільських населених пунктів	30	37	38
Кількість населення, осіб	26 300	100 900	59 800
Вид агроландшафтної системи	лучно-пасовищний з осередковим землеробством	лучно-пасовищний і польовий	зі значним переважан-ням польового
Площа лісів, га	32 114	23 300	11 102
Підпорядкованість	Путильське лісове господарство	Чернівецьке лісове господарство	Сокирянське лісове господарство
Кількість структурних підрозділів лісгоспу (лісництв)	13	20	12
Розрахункова лісосіка, тис.м ³ (станом на 2020 рік)	87,9	36,95	22,33
Площа відтворення лісів, га (станом на 2020 рік)	166	28	44

Незважаючи на нерівномірний розподіл лісових ресурсів, всі три дослідні полігони характеризуються розвинутим лісопромисловим комплексом. Історія задокументованого лісокористування і змін у лісовому покриві тут налічує щонайменше 5–6 століть [5]. Увесь цей час лісогосподарський комплекс функціонував здебільшого для забезпечення промислових потреб. Сьогодні у зв'язку зі зміною принципів управління лісовими ресурсами постає питання зміцнення потенціалу лісів, адже відмічається їх потужний вплив на соціальні та екологічні показники життєдіяльності суспільства.

Динаміку змін деревного покриву на дослідних полігонах проаналізовано на основі відкритих геоінформаційних баз даних сервісу Global Forest Watch [24]. Візуалізований на інтерактивній мапі шар деревного покриву згенерований на основі мультиспектральних супутникових зображень з роздільною здатністю 30×30 м, отриманих з супутника Landsat 7. Частка деревного покриття за вбудованим алгоритмом визначається як щільність проекції деревних крон висотою понад 5 м на поверхню землі. Втрата деревного покриву визначається як зміна не менше 30 % рослинності на рівні насаджень

понад 5 м. Показник поєднує наслідки вирубування, пожеж, пошкодження від стихійних природних явищ тощо і наводиться окремо для кожного року спостереження з 2001 по 2021 р. Відновлення деревного покриву не прирівнюється безпосередньо до господарського лісовідновлення, а враховує й природний ріст лісу, цикл сівозміни дерев. Тому набір даних відображається як один сукупний шар за 20-річний період спостережень і, за застереженнями авторів проекту, не може прямо порівнюватися з розмірами втрат деревного покриву [25].

Для збору даних використано загальнодоступний онлайн-ресурс Global Forest Watch (далі – GFW), завдяки чому можна легко відтворити динаміку змін лісового покриву для будь-якого регіону України. Представлені на ресурсі набори просторової інформації об'єктивні та мають незначну похибку в розрахунках, що підтверджено закордонними дослідженнями [26]. Аналіз даних, наведений у статті, може слугувати підґрунтям для масштабніших комплексних багаторівневих досліджень. Дана оцінка може допомогти обрати правильну стратегію для збалансованого користування екосистемними послугами лісу.

Результати та обговорення

Території Традиційного полігону належать переважно до Путильського лісового господарства та його підрозділів. Близько 95 % лісового покриву становлять насадження ялини європейської. Лише 1,5 % займають твердолистяні породи, переважно бук лісовий. У вигляді домішки трапляються вільха та береза. Ліси Проміжного полігону підвідомчі Чернівецькому лісовому господарству. За породним складом тут переважає бук – 66,7 %, дуб, ясен, клен становлять 24,2 %, граб – 3,5 %, ялина – 1,7 %, акація та верба – 1,2 %, тополя – 0,7 %, модрина – 0,6 %, береза – 0,4 %, ялиця – 0,3 %, вільха – 0,2 %, липа – 0,1 % та інші породи – 0,4 %. Ліси Інтенсивного полігону перебувають у відомстві Сокирянського лісового господарства з підпорядкованими йому структурами. Панівні лісові породи: дуб – 78,5 %, ясен – 4 %, акація – 5,9 %, граб – 5,6 %, липа – 1,3 %, горіх – 1,8 %, клен – 0,9 %.

Згідно проаналізованих даних, площа

деревного покриву для Традиційного полігону станом на 2010 рік оцінюється у 65700 га і складає 73 % від усієї території (рис. 1). За офіційними даними за 2020 рік [23], лісові масиви на зазначеній території складають 63 % від площі полігону. Отже, решта 10 % припадає на приватні садиби, плодові сади, присадибні насадження, сквери, прибережну рослинність, поодинокі групи дерев на полонинах тощо.

За 20-річний період середній рівень щорічних втрат деревного покриву на території Традиційного полігону сягає 537 га. Мінімальні втрати спостерігалися у 2001 і 2009 рр. (173 га і 303 га відповідно), максимальні – у 2007 р. (1023 га). Найінтенсивніші темпи вирубування лісу відмічені у період з 2007 по 2012 р. включно. За цей час було втрачено 4647 га деревостану. Загалом за окреслений на рисунку 1 проміжок часу Путильщина втратила 11500 га лісу, що еквівалентно зменшенню деревного покриву на 18 %.



Рис 1 – Динаміка лісового покриття на Традиційному полігоні з 2001 по 2021 рік (за даними GFW станом на 2022)

Fig. 1 – Dynamics of tree cover at the Traditional landfill from 2001 to 2021 (according to GFW data as of 2022)

Згідно офіційної інформації, у структурі лісозаготівельної діяльності на Традиційному полігоні переважають рубки догляду і формування, тоді як на рубки головного користування припадає не більше 20 %. Водночас тут зареєстровані найбільші по області втрати лісу через несприятливі погодні умови і хвороби: 0,37 га загиблих насаджень на 1 га лісовідновлення [14].

За даними Путильського лісництва, щорічні обсяги лісовідновлення складають близько 250 га. З метою розширення заліснених територій для задоволення власних потреб лісництва функціонує один постійний і 23 тимчасових розсадники, загальною площею 5,4 га де вирощується біля 500 тис. саджанців дерев головних лісоутворюючих порід. Поповнення лісового покриття за 20-річний період (у тому числі й шляхом природного підростання молодого лісу до висоти понад 5 м) оцінюється GFW у 1400 га.

Населення Путильщини можна охарактеризувати як лісозалежні громади. Через високу лісистість, а також несприятливі кліматичні умови для розвитку агровиробництва, основу промисловості на території полігону історично складають лісозаготівля і деревообробка. Ефективність лісозаготівель тут одна з найвищих по Чернівецькій

області: 139 м³ ліквідної деревини на 1 га рубок [14]. Окрім того, щорічно ведеться заготівля лісових ресурсів побічного користування: грибів (1100 ц/рік), ягід (294 ц/рік), лікарських рослин (39 ц/рік) [26]. На полігоні добре налагоджена мережа гуртового збуту дикорослих ягід і грибів, а також лікарської сировини. У передсвятковий сезон активно ведеться заготівля новорічних ялинок: 1570 од. / 2020 рік [22]. Тут розвинене деревообробне декоративно-ужиткове мистецтво. Регіон частково газифіковано, отже місцеве населення використовує переважно дрова для опалення житла і приготування їжі.

За даними GFW, станом на 2010 рік площа лісових насаджень на Проміжному полігоні складала 62500 га (51 % від загальної території). З них 47 % припадає на ліси природного та штучного походження [27].

У втратах лісового покриття на цьому полігоні відстежується певна періодичність: рік обсяги вирубування менші, на другий рік – більші, на третій – знову менші (рис. 2). Середній рівень щорічних втрат тут складає 514 га. Мінімальний показник відмічено у 2003 р. (242 га), максимальний – у 2012 р. (910 га). Період найактивнішого вирубування лісу охоплює 2007–2016 рр. Сумарно

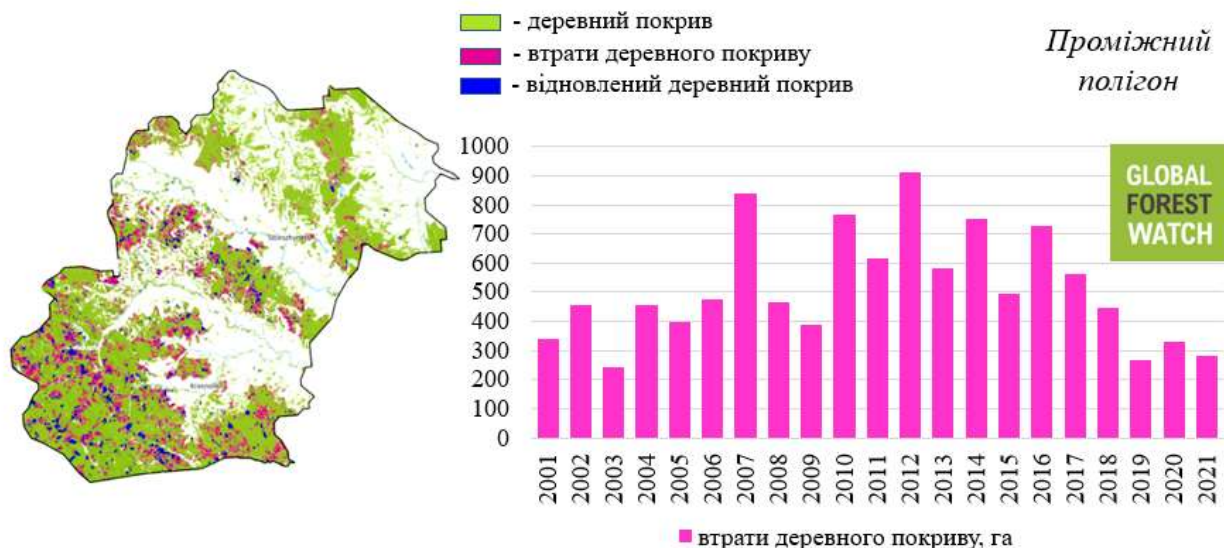


Рис. 2 – Динаміка деревного покриву на проміжному Полігоні з 2001 по 2021 роки (за даними GFW станом на 2022)

Fig. 2 – Dynamics of tree cover at the intermediate landfill from 2001 to 2021 (according to GFW data as of 2022)

за цей час було втрачено 6544 га деревного покриву. Структурно, як і на Традиційному полігоні, тут переважають рубки формування і догляду. Високий рівень втрат спричинено несприятливими погодними умовами: від 0,54 до 1,24 га загиблих лісостанів на 1 га лісовідновлення у різних лісництвах [14]. Загалом за 20-річний період лісовий покрив на території Проміжного полігону зменшився на 10800 га, що становить 17 % від усього покриву.

Водночас Чернівецький лісгосп, який є головним апаратом управління на території Проміжного полігону, надає дані щодо тенденції збільшення та розширення площ відведених під ліс. Щорічний приріст лісових культур відбувається на окремих територіях площею 10–12 га, а відтворення корінних типів відбувається природним шляхом по всій місцевості розміром у 120 га. За даними GFW, з 2001 по 2012 рр. площа наросених територій деревного покриву на Проміжному полігоні становила 1250 га.

Сторожинеччина у передгірській частині, як і Путильщина, представлена лісозалежними громадами. Проте, частка лісів по мірі віддалення від гірського ландшафту значно зменшується, поступаючись сільськогосподарським угіддям. Разом з тим зменшується й частка населення, зайнята у

лісозаготівлі та деревообробці. Лісові ресурси побічного користування на території Проміжного полігону заготовлюються у значно менших обсягах, порівняно з Традиційним: гриби – 5 ц, ягоди – 13 ц, лікарські рослини – 36 ц, деревні соки – 930 ц. У 2020 р. реалізовано 540 од. новорічних ялинок [23]. Більшість населених пунктів тут газифіковано, проте спосіб опалення жител дровами користується популярністю у місцевого населення.

На території Інтенсивного полігону природний ліс займає 18300 га, штучні зелені насадження – 142 га, і 53300 га припадає на незаліснені площі. За даними GFW 2010 року лісами вкрито 26 % території полігону.

Обсяги скорочення деревного покриву в межах Інтенсивного полігону значно менші, ніж у Традиційному та Проміжному. Середній рівень щорічних втрат не перевищує 72 га. В окремі роки площа рубок не досягала позначки у 50 га. За 20-річний період тут помічено два піки лісокористування: з 2009 по 2012 рр. і з 2016 по 2019 рр. Сумарні втрати за ці роки склали 371 і 347 га відповідно. Структурно переважають рубки догляду. Лісозаготівельні роботи мають переважно низьку ефективність: 25–45 м³ ліквідної деревини на 1 га рубок. Незначна частка лісу втрачена через хвороби і негативні

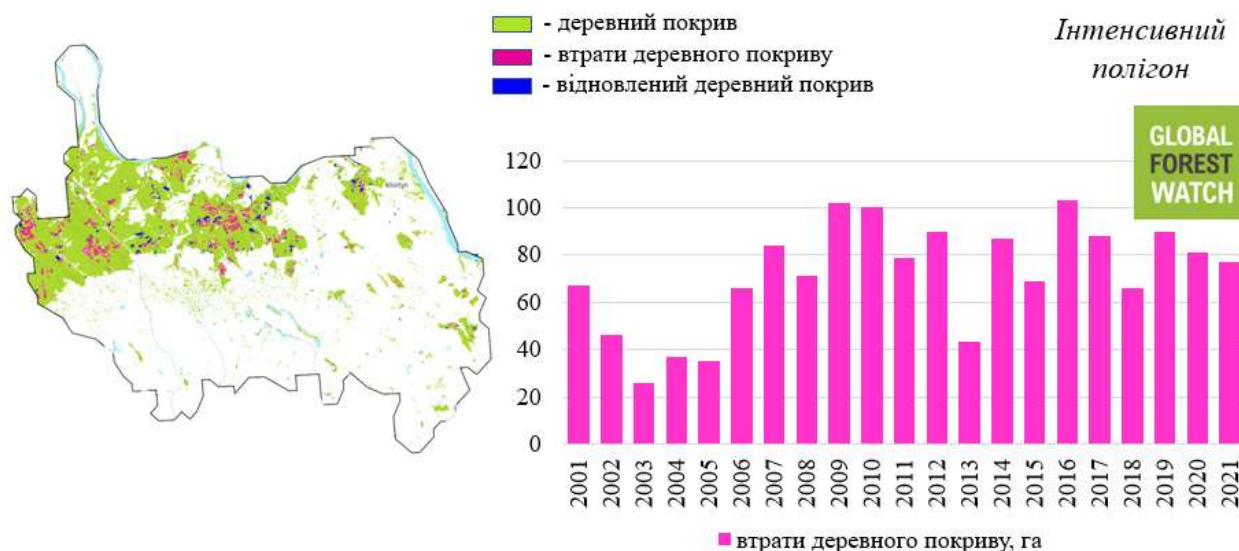


Рис. 3 – Динаміка змін деревного покриву на Інтенсивному полігоні з 2001 по 2021 роки (за даними GFW станом на 2022)

Fig. 3 – Dynamics of tree cover changes at the Intensive landfill from 2001 to 2021 (according to GFW data as of 2022)

природні явища [14]. Загальна площа втраченого лісового покриву – 1507 га, що становить 7,7 % від залісненої території.

Сокирянське лісове господарство, що є керуючим апаратом Хотинського лісництва надає дані щодо збільшення деревного покриву на Інтенсивному полігоні, що з 2011 по 2021 рр. площа вкритих лісовою рослинністю ділянок збільшилася на 2 %, а нелісових масивів зменшено на 7,4 %, територія з молодими насадженнями скоротилася на 4,8 %, натомість пристигаючих насаджень зросла на 2 %. За даними GFW площа приросту за 20-річний період склала 1100 га. Причому більша частка припадає на природне поновлення лісу [14].

Заготівля лісових ресурсів побічного

користування та другорядних лісових матеріалів на території Інтенсивного полігону майже не ведеться, за винятком добування деревних соків (100 ц) і новорічних ялинок (150 од.) [27]. Повна газифікація району була завершена у 2012 р., частка населення, яка використовує деревину для опалювання житла, значно менша, порівняно з іншими розглянутими полігонами. Населення полігону зайняте переважно у сфері сільського господарства. Причому рентабельність фермерських господарств тут найвища по області: 30,9 %. Тоді як найнижча рентабельність відзначена для Традиційного полігону (0,3 %), що характеризує фермерські господарства як практично збиткові [28].

Висновки

Встановлено, що на лісозалежних Традиційному і Проміжному полігонах втрати деревного покриву за останні 20 років склали 18 % і 17 % відповідно, а на Інтенсивному –7,7 %. Причому, окрім лісозаготівлі, серед причин знеліснення важлива роль належить втратам через несприятливі погодні явища і хвороби лісу. Серед причин такої ситуації варто розглядати кліматичні зміни останніх десятиліть і неефективне управлінське рішення заміни корінних лісових порід

на більш швидкорослі насадження ялини європейської. Інтенсивність лісовідновлення на всіх досліджених полігонах недостатня і не покриває наявних втрат. У структурі рубок, за офіційними даними, незалежно від особливостей полігону переважають санітарні та рубки формування, що супроводжується на Проміжному та Інтенсивному полігонах середньою та низькою ефективністю лісозаготівельної діяльності.

Отримані результати свідчать про

необхідність перегляду локальних систем управління лісокористуванням із урахуванням просторових особливостей соціально-екологічних систем, які склалися на аналізованому градієнті. Зокрема, існує нагальна потреба аналізу причин малоефективного

лісовідновлення та посилення контролю за несанкціонованим вирубуванням лісу. Використання засобів ДЗЗ у моніторингу стану лісового покриву надасть інформативні дані для корекції обраних стратегій у галузі.

Конфлікт інтересів

Дослідження виконано у рамках наукової теми «Оцінка екосистемних послуг і асоційованих факторів ризику на градієнтах ландшафтних умов у цілях сталого розвитку» кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича та фундаментального держбюджетного проекту «Моніторинг і оптимізація екосистемних послуг в умовах деструктивних агровиробничих впливів на засадах концепції соціоекологічної системи». Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Jönsson M. T., Ruete A., Kellner O., Gunnarsson U., Snäll T. Will forest conservation areas protect functionally important diversity of fungi and lichens over time? *Biodiversity and Conservation*. 2017. Vol. 26. No 11. P. 2547–2567. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-1035-0>
2. Martone M., Rizzoli P., Gonzalez C., Bueso-Bello J., Zink M., Krieger G., Moreira A., The global Forest/Non-Forest classification map from TanDEM-X Interferometric Data. *EUSAR 2018 12th European Conference on Synthetic Aperture Radar*. 2018. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.002>
3. Bennett E. M., Morrison P., Holzer J. M., Winkler K. J., Fraser E. D. G., Green S. J., Robinson B. E., Sherren K., Botzas-Coluni J., Palen W. Facing the challenges of using place-based social-ecological research to support ecosystem service governance at multiple scales. *Ecosystems and People*. 2021. Vol. 17. No 1. P. 574–589. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1995046>
4. Статистичний щорічник Чернівецької області за 2020 рік / за ред. Т. Сарчинської. Чернівці : Головне управління статистики у Чернівецькій області, 2021. 464 с.
5. Angelstam P., Asplund B., Bastian O., Engelmark O., Fedoriak M., Grunewald K., Ibisch P. L., Lindvall P., Manton M., Nilsson M., Nilsson S. B., Roberntz P., Shkaruba A., Skoog P., Soloviy I., Svoboda M., Teplyakov V., Tivell A., Westholm E., Zhuk A., Öster, L. Tradition as asset or burden for transitions from forests as cropping systems to multifunctional forest landscapes: Sweden as a case study. *Forest Ecology and Management*. 2022. No 505. 119895. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119895>
6. Jansen S., Konrad H., Geburek T. The extent of historic translocation of Norway spruce forest reproductive material in Europe. *Annals of Forest Science*. 2017. Vol. 74. No 3. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0644-z>
7. Криницький Г., Третяк П. Стан лісів Українських Карпат, екологічні проблеми та перспективи. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник: Екологічні проблеми Карпатського регіону*. 2003. Т. XII. С. 54–65.
8. Адамовський О. М. Ідея сталого лісокористування у ретроспективі. *Регіональна економіка*. 2009. № 3. С. 233–240.
9. Арманаш В. А. Ретроспективний аналіз динаміки площ і запасів букових лісів Буковини. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2001. Вип. 11.1. С.43–46.
10. Gerasimenko N., Yurchenko T., Rohozin Y. Vegetation changes in the Hotyn Upland over the last 2000 years (based on pollen data). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. Vol. 28. No 1. P. 51–58. <https://doi.org/10.15421/111906>
11. Герасименко Н. П., Юрченко Т. І., Рогозін Є. П. Антропогенна трансформація рослинності Буковинського Припруття і Придністер'я у голоцені (за палінологічними даними). *Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму*. 2018. С. 64–65.
12. Безусько Л. Г., Мосякін С. Л., Безусько А. Г. Закономірності та тенденції розвитку рослинного покриву України у пізньому плейстоцені та голоцені. Київ: Альтерпрес, 2011. 448 с.
13. Данілова О. М. Природоохоронні функції лісів. *Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки: матеріали шостої міжнародної наук. конф.* (Чернівці, 11–12 травня 2007

- р). Чернівці: Зелена Буковина, 2007. С. 308–310.
14. Данілова О. Геопросторові аспекти збалансованого лісогосподарювання у Чернівецькій області. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2018. Вип. 795 : Географія. С. 75–82.
 15. Слюсарчук В. В. Сучасний стан і продуктивність букових деревостанів Буковинського Передкарпаття. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2018. Вип. 288. С. 134–143.
 16. Мельник А. А., Ячнюк М. О. Застосування геоінформаційних технологій для спостереження за лісовим покривом. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія: Географічні науки. 2022. Вип. 16. С. 32–39. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3>
 17. MacDicken K. G. Global forest resources assessment 2015: what, why and how? *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 352. P. 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006>
 18. Coops N. C., Tompalski P., Goodbody T. R. H., Achim A., Mulverhill C. Framework for near real-time forest inventory using multi source remote sensing data. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2015. Vol. 352. P. 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006>
 19. Бурштинська Х. В., Поліщук Б. В., Ковальчук О. Ю. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення. *Геодезія, картографія і аерофотознімки*. 2013. Вип. 78. С. 101–110.
 20. Миронюк В. В. Перспективи використання методу класифікації космічних знімків для лісової інвентаризації України. *Збалансоване природокористування*. 2015. Вип. 2. С. 9–15.
 21. Zhang D., Wang H., Wang X., Lü Z. Accuracy assessment of the global forest watch tree cover 2000 in China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2020. Vol. 87. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102033>
 22. Екологічний паспорт Чернівецької області за 2020 рік / за ред. В. Г. Степанова. Чернівці, 2021. 125 с.
 23. Заячук М. Фермерство в Чернівецькій області: становлення та спеціалізація. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2011. Вип. 39. С. 167–174.
 24. Global Forest Watch. URL: <https://www.globalforestwatch.org> (Accessed 2023).
 25. Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 2013. Vol. 342 (15 November). P. 850–853. <https://doi.org/10.1007/s10021-004-0243-3>
 26. Fedoriak M., Kulmanov O., Zhuk A., Shkrobanets O., Tymchuk K., Moskalyk G., Olendr T., Yamelynets T. & Angelstam P. Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*, 2021. Vol. 36. No. 3. P. 763–783. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-09>
 27. Чернега П. Поселенські системи – як найдавніші прояви культурних ландшафтів. *Культурний ландшафт як географічний феномен: матеріали міжнарод. наук. конф. (23–25 вересня 2021)*. Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2021. С. 33–34.
 28. Голубець М. А. Вступ до геосоціосистемології. Львів: Поллі, 2005. 199 с.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2023

Стаття рекомендована до друку 15.06.2023

A. V. ZHUK¹, PhD (Biology),

Assistant of the Department of Ecology and Biomonitoring,

e-mail : a.zhuk@chnu.edu.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0405-8037>

I. I. MYSHLIUK¹,

Master's student of the Department of Ecology and Biomonitoring

e-mail : rrkau581@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9188-3416>

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

2, Kotsyubynskoho, Str., Chernivtsi, 58012, Ukraine

TREE COVER DYNAMICS ON THE SOCIO-ECOLOGICAL GRADIENT OF CHERNIVTSI REGION

Purpose. The differences in 20-year tree cover dynamics were analysed for the three experimental strata, which correspond to the former administrative districts and are located along the landscape socio-ecological

gradient on the territory of Chernivtsi region.

Methods. System analysis, statistical analysis, geospatial database of the Global Forest Watch service were used.

Results. Three strata have been identified on the territory of Chernivtsi region to interpret the extremes of a socio-ecological gradient and the intermediate (transitional) zone. The tree cover dynamics was analysed on the studied strata (Traditional, Intermediate, and Intensive), which differ in terms of natural conditions, forest cover, and species composition, as well as varying degree of local communities' dependency on the ecosystem services provided by forests. The mountain Traditional stratum is characterized by the predominance of logging over agricultural production; Intensive lowland stratum has a high degree of agricultural land use, developed agro-industrial complex and profitable farms. The Intermediate stratum combines both landscape complexes and economic features of the Traditional and Intensive strata. It was established that the loss of tree cover for the period from 2000 to 2021 amounted to 18% for the Traditional stratum, 17% for the Intermediate stratum and 7.7% for the Intensive stratum. The area of reforestation in 20 years at the Traditional stratum was 1,400 hectares with a loss of tree cover of 11,500 hectares; on the Intermediate – 1,250 hectares with a loss of tree cover of 10,800 hectares; on Intensive – 1,100 hectares with a loss of tree cover of 1,510 hectares.

Conclusions. The obtained results indicate the necessity of the local forest management systems revision taking into account the spatial features of the socio-ecological systems that has developed on the analyzed gradient.

KEY WORDS: *socioecological gradient, geospatial systems, tree cover dynamics, satellite images, forest ecosystem services*

References

1. Jönsson, M. T., Ruete, A., Kellner, O., Gunnarsson, U., Snäll, T. (2017). Will forest conservation areas protect functionally important diversity of fungi and lichens over time? *Biodiversity and Conservation*. 26 (11), 2547–2567. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-1035-0>
2. Martone, M., Rizzoli, P., Gonzalez, C., Bueso-Bello, J., Zink, M., Krieger, G., Moreira, A. (2018). The global Forest/Non-Forest classification map from TanDEM-X Interferometric Data. in *EUSAR 2018 12th European Conference on Synthetic Aperture Radar*, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.002>
3. Bennett, E. M., Morrison, P., Holzer, J. M., Winkler, K. J., Fraser, E. D. G., Green, S. J., Robinson, B. E., Sherren, K., Botzas-Coluni, J., Palen, W. (2021). Facing the challenges of using place-based social-ecological research to support ecosystem service governance at multiple scales. *Ecosystems and People*. 17(1), 574–589. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1995046>
4. Sarchynska, T. (Ed.). (2021). *Statistical yearbook of the Chernivtsi region for 2020*. Main Department of Statistics in Chernivtsi region (In Ukrainian)
5. Angelstam, P., Asplund, B., Bastian, O., Engelman, O., Fedoriak, M., Grunewald, K., Ibisch, P. L., Lindvall, P., Manton, M., Nilsson, M., Nilsson, S. B., Roberntz, P., Shkaruba, A., Skoog, P., Soloviy, I., Svoboda, M., Teplyakov, V., Tivell, A., Westholm, E., Zhuk, A., Öster, L. (2022). Tradition as asset or burden for transitions from forests as cropping systems to multifunctional forest landscapes : Sweden as a case study. *Forest Ecology and Management*. 505, 119895. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119895>
6. Jansen, S., Konrad, H., Geburek, T. (2017). The extent of historical translocation of Norway spruce forest reproductive material in Europe. *Annals of Forest Science*. 74(3), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0644-z>
7. Krynytskyi, G., Tretyak, P. (2003). State of forests of the Ukrainian Carpathians, ecological problems and prospects. Proceedings of the Scientific Society named after Shevchenko. Ecological collection. *Environmental problems of the Carpathian region* (XII), 54–65. (In Ukrainian)
8. Adamovsky, O. M. The idea of sustainable forest use in retrospect. *Regional economy*. 3, 233–240. (In Ukrainian)
9. Armanash, V. A. (2001). Retrospective analysis of the dynamics of areas and reserves of beech forests in Bukovyna. *Scientific Bulletin of UkrDLTU*. 11(1), 43–46. (In Ukrainian)
10. Gerasimenko, N., Yurchenko, T., Rohozin, Y. (2019) Vegetation changes in the Hotyn Upland over the last 2000 years (based on pollen data). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 28(1), 51–58. <https://doi.org/10.15421/111906> (In Ukrainian)
11. Gerasimenko, N. P., Yurchenko, T. I., Rogozin, E. P. (2018). Anthropogenic transformation of the vegetation of Bukovynsk Pripруття and Transnistria in the Holocene (according to palynological data). *Geographical science and education: from ascertainment to constructivism*. Coll. of science works. 64–65. (In Ukrainian)
12. Bezusko, L. G., Mosyakin, S. L., Bezusko, A. G. (2011). *Patterns and trends of the vegetation cover development of Ukraine in the late Pleistocene and Holocene*. Kyiv. Alterpress (In Ukrainian)
13. Danilova, O.M. (2007) Nature protection functions of forests. *Youth in solving regional and cross-border problems of ecological security: materials of the sixth international science conference* (Chernivtsi, May 11-

- 12, 2007). Chernivtsi: Zelena Bukovyna, 308-310. (In Ukrainian)
14. Danilova, O. (2018). Geospatial aspects of balanced forest management in Chernivtsi region. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*. (795), 75–82. (In Ukrainian)
15. Slyusarchuk, V. V. (2018). Current state and productivity of beech stands of Bukovynsky Subcarpathia. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Forestry and decorative horticulture*. (288), 134–143. (In Ukrainian)
16. Melnyk, A. A., Yachniuk, M. O. (2022). Application of geoinformation technologies for forest cover monitoring. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical science*. 16, 32–39. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3> (In Ukrainian)
17. MacDicken, K. G. (2015). Global forest resources assessment 2015: what, why and how? *Forest Ecology and Management*, 352, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006>
18. Coops, N. C., Tompalski, P., Goodbody, T. R. H., Achim A., Mulverhill C. (2015). Framework for near real-time forest inventory using multi source remote sensing data. *Forestry*. 352, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006>
19. Burshtynska, H. V., Polishchuk, B. V., Kovalchuk, O. Yu. (2013). Study of forest classification methods using high-resolution space images. *Geodesy, cartography and aerial photographs*. 78, 101–110. (In Ukrainian)
20. Mironyuk, V. V. (2015). Prospects of using the method of classification of space images for the forest inventory of Ukraine. *Balanced nature management*. 2, 9–15. (In Ukrainian)
21. Zhang, D., Wang, H., Wang, X., Lü Z. (2020). Accuracy assessment of the global forest watch tree cover 2000 in China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 87. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102033>
22. Stepanova, V. G. (Ed.). *Ecological passport of the Chernivtsi region for 2020*. Chernivtsi. (In Ukrainian)
23. Zayachuk, M. (2011). Farming in the Chernivtsi region: formation and specialization. *Bulletin of Lviv University. The series is geographical*. 39, 167–174. (In Ukrainian)
24. Global Forest Watch (Accessed 2023). Retrieved from: <https://www.globalforestwatch.org/>
25. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 342 (November 15), 850–853. <https://doi.org/10.1007/s10021-004-0243-3>
26. Fedoriak, M., Kulmanov, O., Zhuk, A., Shkrobanets, O., Tymchuk, K., Moskalyk, G., Olendr, T., Yamelynets, T. & Angelstam, P. (2021). Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*, 36(3), 763–783. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2020-23-09>.
27. Chernega, P. (2021). Settlement systems as the oldest manifestations of cultural landscapes. *Cultural landscape as a geographical phenomenon: Materials of the International Science Conf. Chernivtsi: Chernivtsi national. University*, 33–34. (In Ukrainian)
28. Golubets M. A. (2005). *Introduction to geosociosystemology*. Lviv: Polly (In Ukrainian)

The article was received by the editors 11.04.2023

The article is recommended for printing 15.06.2023

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-10>
УДК 338.48:640.4

Ю. І. ЖУК¹, канд. геогр. наук,
асистент кафедри туризму
e-mail: yuriy.zhuk@lnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1332-9863>
І. О. БУХТА¹,
інженер 2 категорії кафедри конструктивної географії і картографії
e-mail: iryna.bukhta@lnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0489-8124>
¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, Україна, 79000.

ГОСТИННІСТЬ І СТАЛИЙ РОЗВИТОК: СИНЕРГІЯ ДЛЯ УСПІШНОГО ТУРИСТИЧНОГО СЕКТОРУ

Мета. Дослідити взаємозв'язок між гостинністю та сталим розвитком і розкрити потенціал синергії цих двох концепцій для досягнення успішного туристичного сектору.

Результати. Увагу сфокусовано на таких аспектах як соціокультурна взаємодія з місцевими спільнотами, екологічна сталість, економічний розвиток та забезпечення якісного досвіду для туристів. Гостинність і сталий розвиток мають тісний зв'язок і впливають одне на одного, сприяючи позитивному розвитку туристичної галузі. Гостинність створює приємну і затишну атмосферу для відвідувачів, підвищуючи їх задоволення від подорожі та стимулюючи повторний візит. У той же час, сталий розвиток сприяє збереженню природних і культурних ресурсів, зменшенню негативного впливу на довкілля та підтримці місцевої економіки. Встановлено, що позитивна та плідна взаємодія гостинності і сталого розвитку має корисний вплив на різні аспекти туристичного сектору, зокрема на зростання прибутковості туристичних підприємств, раціональне використання ресурсів, зменшення негативного екологічного впливу, підвищення задоволення та лояльності туристів. Вдале поєднання гостинності і сталого розвитку сприяє підвищенню конкурентоспроможності туристичного сектору, сприяє його зростанню і допомагає зберігати природні та культурні цінності для майбутніх поколінь. Успішне поєднання гостинності та сталого розвитку може мати вигоди як для туристів, так і для місцевих спільнот і природного середовища.

Висновки. Гостинність і сталий розвиток можуть виявитися вирішальними факторами успіху в туристичній галузі. Взаємодія між цими двома концепціями дозволяє розробляти новаторські підходи до розвитку туризму, враховуючи потреби туристів і принципи сталого розвитку, а також сприяє створенню стійкого туристичного продукту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: гостинність, сталий розвиток, синергія, туризм

Як цитувати: Жук Ю. І., Бухта І. О. Гостинність і сталий розвиток: синергія для успішного туристичного сектору. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 112 - 120. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-10>

In cites: Zhuk, Y. I., & Bukhta, I. O. (2023). Hospitality and sustainable development: synergy for a successful tourism sector. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 112 - 120. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-10> (in Ukrainian)

Вступ

Гостинність є поняттям, що описує характеристики прийняття, гостинності та турботи про гостей. Вона передбачає створення теплої та привітної атмосфери, забезпечення комфорту і задоволення потреб клієнтів.

Гостинність виражається через доброзичливість персоналу, розуміння та виконання потреб гостей, які стають у центрі уваги.

Сталий розвиток, у свою чергу, є концепцією, яка забезпечує збалансовану взає-

модію між економічними, соціальними та екологічними аспектами. В контексті туристичного сектору, сталий розвиток передбачає здатність галузі забезпечити економічне зростання, соціальну еквітабельність (рівномірність розподілу) та збереження природних та культурних ресурсів для майбутніх поколінь.

Туристичний сектор має велике значення для економіки, оскільки він є однією з ключових галузей, що сприяють економічному зростанню. Туризм забезпечує збільшення ВВП, створення нових робочих місць та приплив інвестицій у готельність, ресторанний бізнес, транспорт та інші супутні галузі. Крім того, туризм може сприяти розвитку інфраструктури та підтримці малих і середніх підприємств.

Туризм також має соціальні користі для суспільства. Він сприяє збагаченню культурного спадку, зближенню різних культур та підвищенню міжкультурного розуміння. Туристи мають можливість досліджувати нові місця, традиції та звичаї, взаємодіяти з місцевим населенням, що сприяє розширенню світогляду та розумінню різноманітності.

Серед туристичних субгалузей істотно впливає на навколишнє середовище індустрія гостинності. Ця сфера споживає значну кількість енергії, води, хімічних засобів, продукує значний обсяг побутових відходів. Наслідки впливу зумовлені розташуванням, типом, розвитком екологічної стратегії, менеджментом закладу розміщення. Масштаб екологічних наслідків впливу закладів гостинності зумовлений їхнім типом (готелі, SPA готелі, екоготелі тощо), а отже, видом і формою туризму.

Гостинність відіграє важливу роль у туристичному секторі, оскільки вона є ключовим фактором для створення позитивного туристичного досвіду і задоволення гостей. Гостинність проявляється через якісне обслуговування, увагу до деталей та персональний підхід до кожного гостя.

Гармонійне поєднання гостинності та сталого розвитку має великий потенціал для туристичного сектору. Це означає, що гостинність повинна бути забезпечена, зберігаючи природні та культурні ресурси, дбаючи про екологічну сталість та соціальну відповідальність. Готелі та туристичні підприємства повинні розглядати сталість як

стратегічний елемент свого бізнесу, впроваджуючи енергоефективні технології, зменшуючи вплив на довкілля та сприяючи місцевому розвитку.

Ця синергія між гостинністю та сталим розвитком є ключовим для успішного туристичного сектору, оскільки вона забезпечує якісні туристичні послуги, зберігаючи природні ресурси і сприяючи благополуччю місцевих спільнот.

Гостинність вважається одним з ключових елементів туристичного досвіду. Вона впливає на сприйняття та задоволення туристів під час їхнього перебування у місці призначення. Гостинність може бути виявлена через особистий підхід до кожного гостя, відчуття комфорту та доброзичливості у взаємодії з персоналом та іншими представниками місцевого населення.

Гостинність має прямий вплив на рівень задоволення туристів. Коли гості добре почуваються та отримують високу якість обслуговування, ступінь їхньої задоволеності збільшується. Гостинність створює позитивні емоції, які сприяють формуванню позитивного туристичного досвіду та підвищенню рівня лояльності гостей. Задоволені туристи мають більшу ймовірність повернутися у майбутньому та рекомендувати місце своїм знайомим.

Гостинність може служити як конкурентна перевага для туристичних підприємств. У сучасному конкурентному середовищі, де існує велика кількість туристичних пропозицій, які змагаються за увагу туристів, гостинність стає важливим елементом вирішальної переваги. Підприємства, які пропонують вищий рівень гостинності, мають більші шанси залучити та утримати клієнтів. Гостинність може виражатися через персонал, який надає індивідуальну увагу гостям, наявність комфортних і зручних приміщень та послуг, а також застосування технологій, що полегшують взаємодію з гостями.

Гостинність і сталий розвиток – це взаємопов'язані поняття в туристичному секторі. Гостинність може бути виражена через ставлення до гостей, яке враховує їхні потреби, культурні особливості та внесок у місцеве співтовариство. У той же час, сталий розвиток передбачає, що гостинність має бути реалізована таким чином, щоб зберігати та збалансовувати екологічні, соціокультурні

та економічні аспекти. Наприклад, готелі та ресторани можуть впроваджувати енергоефективні технології, промоцію місцевих продуктів та культурної спадщини, сприяти соціальному розвитку місцевого населення. Таке поєднання гостинності та сталого розвитку сприяє створенню успішного туристичного сектору, який пропонує якісні послуги, забезпечуючи збереження природних та культурних ресурсів для майбутніх поколінь.

Сталий розвиток визначається як форма розвитку, що задовольняє поточні потреби людей, не шкодячи здатності майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Він базується на трьох основних складових: екологічній, соціальній та економічній. Екологічна складова орієнтована на збереження природних ресурсів та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Соціальна складова враховує потреби та благополуччя суспільства, забезпечуючи справедливість, рівноправність та культурне розмаїття. Економічна складова підтримує стійкий економічний розвиток, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та створення економічного процвітання [1].

Гостинність відіграє важливу роль у сталому розвитку туризму, сприяє створенню позитивного туристичного досвіду, що впливає на задоволення гостей та їхню лояльність. Гостинність також може сприяти збереженню природних та культурних ресурсів, оскільки включає в себе екологічну сталість та відповідальне використання ресурсів. Крім того, гостинність може сприяти соціальному розвитку місцевих спільнот, стимулюючи зайнятність, розвиток місцевих підприємств та підтримку культурних традицій [2].

Проблеми розвитку індустрії гостинності та її взаємозв'язок із концепцією сталого розвитку знаходять широке відображення у працях вітчизняних та зарубіжних вчених.

Новітні дослідження у цій сфері демонструють, що ця проблема лише набуває актуальності [3-5]. Зокрема, серед найновіших досліджень можемо виділити вплив гостинності на сталий розвиток, зокрема у «зелених» ресторанах [3], особливий акцент ставиться на управління людськими ресурсами [4] як внутрішній передумові управління навколишнім середовищем на прикладі готельної

індустрії. В роботі [5] надано аналіз впливу екологічної сертифікації на продуктивність і конкурентоспроможність готелів.

Серед досліджень українських вчених дана проблематика не представлена досить широко. Переважно, праці вітчизняних вчених спрямовані на дослідження окремих аспектів екологізації туристичної діяльності – екологізація готелів та ресторанів, розвиток екотуризму, впровадження безвідходних технологій у окремих закладах тощо. Проте, проблематика, котра описана у даному дослідженні може дати поштовх для подальших наукових вишукувань у даній сфері та розробляти окремі рекомендації для регіонів задля сталого розвитку туристичного сектору.

Зокрема, проблеми, що пов'язані з гостинністю і сталим розвитком у туристичному секторі, можуть включати:

1. Вплив туризму на природне середовище.

Зростаючий потік туристів може призвести до надмірного використання ресурсів, забруднення довкілля, знищення екосистем та втрати біорізноманіття. Недостатнє управління природними резерватами та недотримання екологічних стандартів можуть спричинити серйозні екологічні проблеми.

2. Соціокультурні наслідки.

Масовий туризм може призвести до культурної асиміляції, втрати традицій та спотворення місцевої культури. Комерціалізація традиційних фольклорних подій та масовий прихід туристів можуть вплинути на автентичність та ідентичність місцевих спільнот.

3. Нерівномірний розподіл користі від туризму.

Часто буває, що прибуток від туризму концентрується в кількох популярних регіонах, тоді як інші регіони залишаються відстороненими від економічних переваг туристичного сектору. Це може призвести до соціальної нерівності та економічної диспропорції.

4. Відсутність свідомого споживання та культурного розуміння.

Багато туристів можуть бути недостатньо освіченими про вплив свого споживання на місцеву спільноту та довкілля. Відсутність культурного розуміння може призводити до неповаги до місцевих звичаїв, традицій та соціальних норм.

5. Нестабільність та сезонність.

Туристичний сектор часто стикається з

сезонністю та коливаннями попиту, що може вплинути на стабільність бізнесу та зайнятість. Занадто велика залежність від туризму може зробити економіку вразливою до економічних та соціальних змін.

Описані проблеми вимагають комплексного підходу та спільних зусиль з боку урядових органів, місцевих спільнот, бізнес-сектору та туристів для забезпечення гостинності та сталого розвитку в туристичному секторі.

Взаємодія гостинності та сталого розвитку є важливим фактором у створенні стійкого туристичного сектору. Гостинність може служити платформою для

впровадження сталого розвитку у туризмі. Вона сприяє розумінню потреб туристів та сприяє їхньому задоволенню, враховуючи екологічні та соціальні аспекти. В той же час, сталий розвиток сприяє створенню сприятливих умов для розвитку гостинності, забезпечуючи збереження природних та культурних ресурсів, підтримку місцевої спільноти та економічну стійкість [3].

Існують численні приклади успішної реалізації синергії між гостинністю та сталим розвитком у туристичному секторі. Також, нижче наведено схему основних компонентів для досягнення такого синергетичного зв'язку (рис. 1).



Рис. 1 – Основні компоненти для утворення синергії у туризмі

Fig. 1 – The main components for creating synergy in tourism

Один з важливих аспектів синергії між гостинністю та сталим розвитком – це розвиток екологічно чистих готелів та курортів. Це означає використання енергоефективних технологій, зменшення викидів в атмосферу та оптимізацію споживання води. Такі підприємства також можуть пропагувати утилізацію та переробку відходів, а також застосовувати сталий підхід до будівництва та дизайну, використовуючи природні матеріали та

ставлячи акцент на екологічну ефективність.

Також, готелі можуть організовувати культурні заходи, які популяризують традиції та мистецтво місцевих спільнот. Це сприяє збереженню культурної спадщини та розвитку місцевого туризму. Деякі готелі також включають соціальну відповідальність у свої бізнес-практики, надаючи підтримку місцевим благодійним організаціям та ініціативам.

Ці приклади демонструють, як гостинність та сталий розвиток можуть працювати разом, створюючи позитивний вплив на економіку, суспільство та довкілля [6].

Інша важлива складова синергії гостинності та сталого розвитку полягає у використанні місцевих продуктів та підтримці місцевих постачальників. Це сприяє зменшенню вуглецевого відбитку, оскільки місцеві продукти не потребують тривалого транспортування. Крім того, це підтримує місцеву економіку, збільшує дохід місцевих жителів та сприяє збереженню традиційної культури та ремесел [7].

Синергія між гостинністю та сталим розвитком також передбачає соціальну відповідальність та сприяння місцевому співтовариству. Готелі та курорти можуть залучати місцевих жителів до своєї діяльності, надавати робочі місця та підтримувати розвиток місцевої освіти, охорони здоров'я та інфраструктури. Вони також можуть сприяти культурній та соціальній інтеграції місцевого співтовариства шляхом організації культурних заходів, виставок та волонтерської діяльності.

На шляху до синергії між гостинністю та сталим розвитком існують певні виклики та перешкоди. Наприклад, вартість впровадження сталих практик може бути високою, що може становити проблему для деяких підприємств. Також, необхідно забезпечити узгодженість між економічними, соціальними та екологічними аспектами сталого розвитку. Крім того, необхідно залучати та освітлювати всіх зацікавлених сторін, включаючи туристів, підприємців та місцеве співтовариство, щоб забезпечити їхню активну участь у реалізації синергії гостинності та сталого розвитку [8].

Крім цього, основними викликами можна вважати наступні:

1. Недостатня усвідомленість та розуміння важливості гостинності і сталого розвитку.

Багато людей, включаючи підприємців, туристів і навіть місцеве співтовариство, можуть не мати достатньої інформації про переваги і можливості, які вони можуть отримати з впровадження гостинності та сталого розвитку в туристичному секторі. Для подолання цього виклику необхідно проводити освітні кампанії, інформаційні заходи

та забезпечити доступ до релевантних даних та досліджень, щоб зрозуміти користь гостинності та сталого розвитку.

2. Економічні обмеження та відсутність інвестицій.

Впровадження сталих практик та інфраструктури вимагає фінансових ресурсів. Економічні обмеження та відсутність інвестицій можуть ускладнити реалізацію синергії між гостинності та сталого розвитку в туристичному секторі. Для подолання цього виклику можна залучати інвесторів, створювати фінансові підтримки та сприяти розвитку партнерських відносин з бізнес-сектором та державними органами.

3. Соціокультурні та екологічні виклики.

Соціокультурний аспект передбачає збереження культурної спадщини, традицій та етичних цінностей місцевих спільнот. Екологічний аспект включає збереження природних ресурсів, біорізноманіття та зменшення впливу на довкілля. Для розв'язання цих викликів можна використовувати підходи, які поєднують збереження культурної спадщини та природного середовища з розвитком туристичних послуг.

Ці виклики можуть бути подолані шляхом розроблення ефективних стратегій, співпраці між різними зацікавленими сторонами та створенням сприятливого законодавчого та регуляторного середовища для підтримки сталого розвитку в туристичному секторі [4].

Для розвитку синергії між гостинністю та сталим розвитком в туристичному секторі можна використовувати декілька стратегій. По-перше, важливо сприяти партнерству між різними зацікавленими сторонами, включаючи урядові органи, бізнес-сектор, місцеве співтовариство та академічну громадськість. По-друге, слід розробляти і впроваджувати сталі стандарти та сертифікаційні системи, які сприятимуть впровадженню сталого розвитку в готельно-ресторанному секторі. Крім того, необхідно залучати туристів як активних учасників у процесі сталого розвитку, пропагувати освіту та свідоме споживання [5].

Одними із ключових аспектів створення такої синергії є:

1. Співпраця між туристичними підприємствами та місцевими органами влади.

Цей аспект передбачає створення партнерських відносин та обмін досвідом у впровадженні сталих практик. Місцеві органи влади можуть сприяти створенню сприятливого регуляторного середовища, надавати підтримку та фінансові ресурси для ініціатив, спрямованих на сталий розвиток туризму. Туристичні підприємства, з свого боку, можуть активно співпрацювати з місцевими органами влади, дотримуватись стандартів та рекомендацій, сприяти розвитку місцевого господарства та культурної спадщини.

2. Впровадження стандартів сталого розвитку та сертифікаційних систем.

Даний аспект дозволяє оцінювати та визнавати туристичні підприємства, які демонструють високі стандарти сталого розвитку [9]. Такі системи сертифікації, наприклад, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [10] або Green Globe [11], встановлюють критерії екологічної ефективності, соціальної відповідальності та економічної стійкості. Впровадження стандартів та сертифікаційних систем спонукає туристичні підприємства до прийняття сталих практик та сприяє сталому розвитку туристичного сектору в цілому.

3. Залучення туристів до участі в екологічних та соціальних ініціативах.

Даний аспект може бути реалізовано шляхом надання інформації та освіти туристам про сталі практики та спонукання до свідомого споживання. Також можна організувати екологічні та соціальні проекти, в яких туристи зможуть активно брати участь, наприклад, екологічні екскурсії, добровільні роботи в місцевих спільнотах тощо. Залучення туристів до екологічних та соціальних ініціатив допомагає підвищити усвідомленість та активну підтримку сталого розвитку туристичного сектору.

Перспективи синергії гостинності та сталого розвитку у туристичному секторі є багатообіцяючими і відкривають нові можливості для успішного розвитку цієї галузі. Нижче наведено декілька перспектив, які можна виділити:

1. Екологічна сталість.

Зростаюча свідомість про екологічні питання та природоохоронні зусилля відкривають можливості для розвитку екологічності в туристичному секторі. Застосування еко-технологій, енергоефективних рішень та

використання відновлюваних джерел енергії допоможуть зменшити негативний вплив туризму на довкілля.

2. Розвиток гостинних місцевих спільнот.

Врахування інтересів та потреб місцевих спільнот в процесі розвитку туризму сприятиме залученню їх до сфери бізнесу, підвищенню доходів та поліпшенню якості життя. Створення соціально-економічних ініціатив, які сприяють розвитку місцевих підприємств, ремесел та культурних ініціатив, підсилюють гостинність і впливають на зростання популярності регіону серед туристів.

3. Інновації та цифрові технології.

Впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, великі дані, розширена реальність та інтернет речей, в туристичному секторі допоможе покращити взаємодію з туристами, персоналом та управлінням. Цифрові рішення можуть полегшити бронювання, забезпечити персоналізований досвід, збільшити ефективність управління ресурсами та зменшити негативний вплив на довкілля.

4. Розвиток сталого та екологічного туризму.

Сталість стає ключовим аспектом в плануванні та управлінні туристичними регіонами. Розвиток сталого туризму передбачає баланс між економічними, соціокультурними та екологічними аспектами. Це включає створення туристичних маршрутів, які сприяють збереженню культурної спадщини, пропагують екологічні практики та забезпечують справедливий розподіл користей між всіма зацікавленими сторонами.

5. Міжнародне співробітництво та обмін досвідом.

Розширення міжнародного співробітництва та обмін досвідом між різними країнами та регіонами сприятиме розвитку гостинності та сталого туризму. Це включає обмін кращими практиками, спільні дослідження, навчальні програми та залучення експертів для спільного вирішення викликів та досягнення успіху у туристичній галузі.

6. Посилення соціальної відповідальності бізнесу.

Зростаючий тиск громадськості та споживачів на бізнес-сектор спонукає підприємства туристичної галузі бути соціально

відповідальними. Це означає встановлення етичних стандартів, забезпечення справедливої оплати праці, захист прав працівників та сприяння місцевому розвитку.

7. Розвиток туристичної інфраструктури.

Інвестиції в покращення туристичної інфраструктури, такої як готелі, транспортні засоби, ресторани та розваги, сприятимуть підвищенню комфорту та задоволення туристів. Інноваційні проекти, такі як екологічно чисті готелі та сталі транспортні рішення, можуть вдосконалювати якість обслуговування та знижувати негативний вплив на довкілля.

8. Розвиток туристичного маркетингу.

Ефективний маркетинг та просування туристичних напрямків можуть привернути більше туристів та підвищити відвідуваність. Використання цифрових медіа, соціальних мереж та таргетованих кампаній можуть сприяти залученню нових аудиторій та підвищенню свідомості про сталий розвиток туризму.

Ці перспективи відображають потенціал для поєднання гостинності та сталого розвитку в туристичному секторі, що забезпечує успіх, збалансований розвиток та позитивний вплив на довкілля та місцеві спільноти.

Висновки

Розглянуто важливість розуміння та розвитку синергії між гостинністю та сталим розвитком у туристичному секторі. Гостинність виступає як ключовий елемент туристичного досвіду, впливаючи на задоволення та лояльність туристів, а також створюючи конкурентну перевагу для туристичних підприємств. Зв'язок між гостинністю та сталим розвитком полягає в тому, що гостинність може бути фактором, що сприяє сталому розвитку туризму.

Сталість розвитку туристичного сектору має переваги для економіки, суспільства та довкілля. Економічні вигоди включають збільшення прибутків від туризму, створення нових робочих місць та зростання місцевого бізнесу. Суспільні переваги полягають у збереженні культурної спадщини, збалансованому розподілі користей від туризму та підтримці місцевого співтовариства. Екологічні переваги охоплюють збереження природних ресурсів та біорізноманіття, зменшення викидів вуглецю та збалансоване використання довкілля.

Для подальших досліджень та практичного застосування синергії між гостинністю та сталим розвитком туристичного сектору можуть бути розглянуті деякі перспективи та рекомендації. Наприклад, дослідження можуть бути спрямовані на оцінку впливу гостинності на сталість розвитку туризму в різних регіонах або аналіз успішних практик впровадження сталого розвитку у туристичні підприємства. Практичні застосування можуть включати розробку керівництва та нормативних актів для підприємств у сфері туризму щодо впровадження сталого розвитку та підтримки гостинності.

В цілому, розвиток синергії між гостинністю та сталим розвитком має великий потенціал для покращення туристичного сектору. Використання гостинності як інструменту для досягнення сталості розвитку може привести до створення успішного, виборчого та екологічно відповідального туристичного сектору, який буде сприяти економіці, суспільству та довкіл्लю.

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. United Nations World Tourism Organization (UNWTO). URL: <http://www2.unwto.org/>
2. Sustaining Tourism. URL: <https://sustainabletourism.net/>
3. Joshua, J. B., Jin, Y., Ogunmokun, O. A. & Ikhida, J. E. Hospitality for sustainability: employee eco-anxiety and employee green behaviors in green restaurants. *Journal of Sustainable Tourism*. 2023. Vol. 31. No

6. P. 1356-1372. DOI: <https://doi.org/10.1080/09669582.2022.2043877>
4. López-Gamero M., Pereira-Moliner, J., Molina-Azorín, J. F., Tarí J. J. & Pertusa-Ortega E. M. Human resource management as an internal antecedent of environmental management: a joint analysis with competitive consequences in the hotel industry. *Journal of Sustainable Tourism*. 2023. Vol.31. No 6. P. 1293-1314. DOI: <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1841216>
5. Bianco S. Bernard Sh., Singal M. The impact of sustainability certifications on performance and competitive action in hotels. *International Journal of Hospitality Management*. 2023. Vol. 108. 103379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2022.103379>
6. The International Ecotourism Society (TIES). URL: <https://www.ecotourism.org/>
7. Zheng, X., Huang, J., Wu, J., Sun, Sh., Wang Sh, Emerging trends in online reviews research in hospitality and tourism: A scientometric update (2000–2020). *Tourism Management Perspectives*. 2023. Vol. 47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2023.101105>
8. Global Sustainable Tourism Council (GSTC). URL: <https://www.gstcouncil.org/>
9. Moorhouse, T., & Fennell, D. Sustainability Dimensions of Wildlife Tourism: Welfare, conservation, practices, and impacts. *Journal of Sustainable Tourism*. 2023. Vol. 31. No 5. URL: <https://www.tandfonline.com/toc/rsus20/31/5?nav=tocList>
10. LEED rating system. URL: <https://www.usgbc.org/leed>
11. Green Globe. The Global leader in Sustainable Tourism Certification. URL: <https://www.greenglobe.com/>

Стаття надійшла до редакції 28.04.2023

Стаття рекомендована до друку 20.06.2023

Y. I. ZHUK¹, PhD (Geography),

Assistant of the Department of Tourism

e-mail: yuriy.zhuk@lnu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1332-9863>

I. O. BUKHTA¹,

Engineer of the 2nd category of the Department of Constructive Geography and Cartography

e-mail: iryna.bukhta@lnu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0489-8124>

¹Ivan Franko National University of Lviv,
41, Doroshenko, Str., Lviv, 79000, Ukraine.

HOSPITALITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: SYNERGY FOR A SUCCESSFUL TOURISM SECTOR

Purpose. This scientific article aims to explore the relationship between hospitality and sustainable development and uncover the potential synergy of these two concepts for achieving a successful tourism sector.

Results. There are focuses on the following aspects: sociocultural interaction with local communities, ecological sustainability, economic development, and ensuring a quality experience for tourists. A conducted study has revealed that hospitality and sustainable development are closely interconnected and mutually influential, contributing to the positive growth of the tourism industry. Hospitality creates a pleasant and cozy atmosphere for visitors, enhancing their enjoyment of the journey and encouraging repeat visits. At the same time, sustainable development promotes the conservation of natural and cultural resources, reduces negative environmental impacts, and supports the local economy. It has been established that the positive and fruitful interaction between hospitality and sustainable development has beneficial effects on various aspects of the tourism sector, including the profitability of tourism enterprises, the rational use of resources, the reduction of negative ecological impacts, and the enhancement of tourist satisfaction and loyalty. A successful combination of hospitality and sustainable development enhances the competitiveness of the tourism sector, contributes to its growth, and helps preserve natural and cultural values for future generations. The successful integration of hospitality and sustainable development can bring benefits to both tourists and local communities, as well as to the natural environment.

Conclusions. Hospitality and sustainable development can be crucial factors for success in the tourism industry. The interaction between these two concepts enables the development of innovative approaches to tourism, taking into account the needs of tourists and the principles of sustainable development, while also fostering the creation of a sustainable tourism product.

KEYWORDS: *hospitality, sustainable development, synergy, tourism*

References

1. United Nations World Tourism Organization (UNWTO). Retrieved from <http://www2.unwto.org/>
2. Sustaining Tourism. Retrieved from <https://sustainabletourism.net/>
3. Joshua, J. B., Jin, Y., Ogunmokun, O. A. & Ikhide, J. E. (2023). Hospitality for sustainability: employee eco-anxiety and employee green behaviors in green restaurants. *Journal of Sustainable Tourism*, 31(6), 1356-1372. <https://doi.org/10.1080/09669582.2022.2043877>
4. López-Gamero, M., Pereira-Moliner, J., Molina-Azorín, J. F., Tarí J. J. & Pertusa-Ortega E. M. (2023). Human resource management as an internal antecedent of environmental management: a joint analysis with competitive consequences in the hotel industry. *Journal of Sustainable Tourism*, 31(6), 1293-1314. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1841216>
5. Bianco S., Bernard Sh., & Singal M. (2023). The impact of sustainability certifications on performance and competitive action in hotels. *International Journal of Hospitality Management*, 108(January), 103379. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2022.103379>
6. The International Ecotourism Society (TIES). Retrieved from <https://www.ecotourism.org/>
7. Zheng, X., Huang, J., Wu, J., Sun, Sh., Wang Sh, (2023). Emerging trends in online reviews research in hospitality and tourism: A scientometric update (2000–2020). *Tourism Management Perspectives*, 47(June), 101105. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2023.101105>
8. Global Sustainable Tourism Council (GSTC). Retrieved from <https://www.gstcouncil.org/>
9. Moorhouse, T., & Fennell, D. (Eds.). (2023). Sustainability Dimensions of Wildlife Tourism: Welfare, conservation, practices, and impacts. *Journal of Sustainable Tourism*, 31(5). Retrieved from <https://www.tandfonline.com/toc/rsus20/31/5?nav=toCList>
10. LEED rating system. Retrieved from <https://www.usgbc.org/leed>
11. Green Globe. The Global leader in Sustainable Tourism Certification. Retrieved from <https://www.greenglobe.com/>

The article was received by the editors 28.04.2023

The article is recommended for printing 20.06.2023

БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-11>

УДК 591.5

Ю. П. МАМЕДОВА¹,

аспірантка кафедри зоології

e-mail: iturdus@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3574-5120>

А. Б. ЧАПЛИГІНА¹, д-р біол. наук, проф.,

професор кафедри зоології

e-mail: turdusphilomelos2017@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4047-5946>

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди,

вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОРНІТОФАУНИ ТЕРИТОРІЙ ВОДООЧИСНИХ СПОРУД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Мета. Проаналізувати орнітофауну на території водоочисних споруд задля оцінки їх значення у підтримці та збереженні птахів Харківської області.

Методи. Польові: обліки птахів на постійних маршрутах. Статистичні.

Результати. Загалом на території водоочисних споруд Харківської області виявлено гніздування чи перебування у різні сезони 159 видів птахів, з яких більшість є рідкісними та зникаючими: занесеними до Червоної книги Харківської області (15 видів) та Червоної книги України (13 видів).. Орнітофауна на водоочисних спорудах в Харківській області у 2019 – 2023 рр., становила 159 видів з 17 рядів та 44 родин. Переважали птахи *Passeriformes* (37,7 %; n=159), субдомінували – *Charadriiformes* (16,6 %) та *Anseriformes* (12,1%). Менша частка інших рядів: *Accipitriformes* (4,5 %), *Ciconiiformes* (3,2 %), *Columbiformes* (3,2%). Водоочисні споруди важливі для гніздування 80 видів (53,3 %; n=195), а також є трофічною базою для 44 (27,7 %) блукаючих, 28 (17,6 %) пролітних та 7 (4,4 %) зимуючих видів птахів. Серед 11 фауністичних груп, переважали лімнофільні 18,5 % (n=159), бореальні (15,9%) та тропічні (13,4 %). Гніздова орнітофауна сформована переважно тропічними (16,9 %; n = 80), лімнофільними (13,0 %) та лісостеповими – 13,0 % групами.

Висновки. Техногенні території водоочисних споруд мають важливе значення для підтримки видового різноманіття птахів, оскільки є місцем концентрації як широко розповсюджених, так й рідкісних видів протягом всіх сезонів року.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: орнітофауна, очисні споруди, техногенні ділянки, рідкісні види

Як цитувати: Мамедова Ю. П., Чаплигіна А. Б. Екологічний аналіз орнітофауни територій водоочисних споруд Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 121 - 131. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-11>

In cites: Mamedova, Y. P., & Chaplygina, A. B. (2023). Ecological analysis of bird fauna in the territories of water treatment facilities at Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 121 - 131. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-11> (in Ukrainian)

Вступ

Водно-болотні угіддя, як одна з найпродуктивніших світових екосистем, є найбільш чутливими до антропогенного навантаження та глобальних змін клімату [1-4]. Їх втрату можуть компенсувати штучні або

відновлені водойми, які сприяють збереженню типової орнітофауни [5-10] та поширенню адвентивних чи інтродукованих видів [11-13]. Прикладом таких техногенних водойм є мулові майданчики очисних

© Мамедова Ю. П., Чаплигіна А. Б., 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/)

споруд, де відбувається очищення стічних вод, що надходять від населення чи комунальних і промислових підприємств. Різноманіття біоти, зокрема, птахів на таких ділянках може перевищувати таке у природних екосистемах [14-15]. Техногенні ділянки вважаються важливими для збереження рідкісних видів птахів, занесених до Червоної книги України [16-17]. Зокрема, відомо, що кулик-довгоніг (*Himantopus himantopus* L., 1758) використовує штучні мулові поля

водоочистних споруд для збереження та примноження популяцій [6, 18-19]. До тепер в умовах значного скорочення площ природних екосистем техногенні території нерідко мають роль важливих осередків підтримання різноманіття регіональної біоти та збереження рідкісних видів.

Мета дослідження – проаналізувати орнітофауну на території водоочистних споруд задля оцінки їх значення у підтримці та збереженні птахів в Харківській області.

Об'єкт та методи дослідження

Польові дослідження орнітофауни проведено на території п'яти водоочистних спорудах (далі ВОС) Харківської області. На міських очисних спорудах водовідведення №1, які розташовано в районі Диканівки (49.95144873726628, 36.23035645215923) (далі Диканівські); міських очисних спорудах водовідведення №2 (далі Безлюдівські), які розташовані в південно-західній частині м.Харків, Основ'янському районі (49.91510773859936, 36.27499964637481); Куп'янських ВОС (49°42'35.9"N 37°41'16.3"E 49.709971, 37.687868), які розміщені у долині річки Оскіл у південно-західному напрямку від м. Куп'янськ, поряд з місцевим полігоном ТПВ; Лозівських ВОС (48°52'30.1"N 36°19'02.3"E 48.875032, 36.317291), що розміщені на півдні м. Лозова та межують з полігоном ТПВ; Красно-

кутських ВОС (50°03'22.3"N 35°11'26.2"E 50.056183, 35.190612), що знаходяться на околицях м. Краснокутськ. Дослідження тривали протягом 2019-2023 рр. на всіх територіях. Безлюдівські ВОС обрані моделлю ділянкою, де спостерігали за птахами кожного тижня. На всіх інших ВОС проводили регулярні обліки (2-3 рази протягом кожного сезону). З березня 2022 р. обліки проводили тільки на Безлюдівських ВОС, у зв'язку з воєнним станом в Україні. Тому варто враховувати похибку внаслідок нерівномірності проведених досліджень на різних територіях ВОС Харківської області.

На території очисних споруд птахи траплялись нерівномірно, перебували в різних технологічних зонах. Основні концентрації птахів зареєстровані на мулових

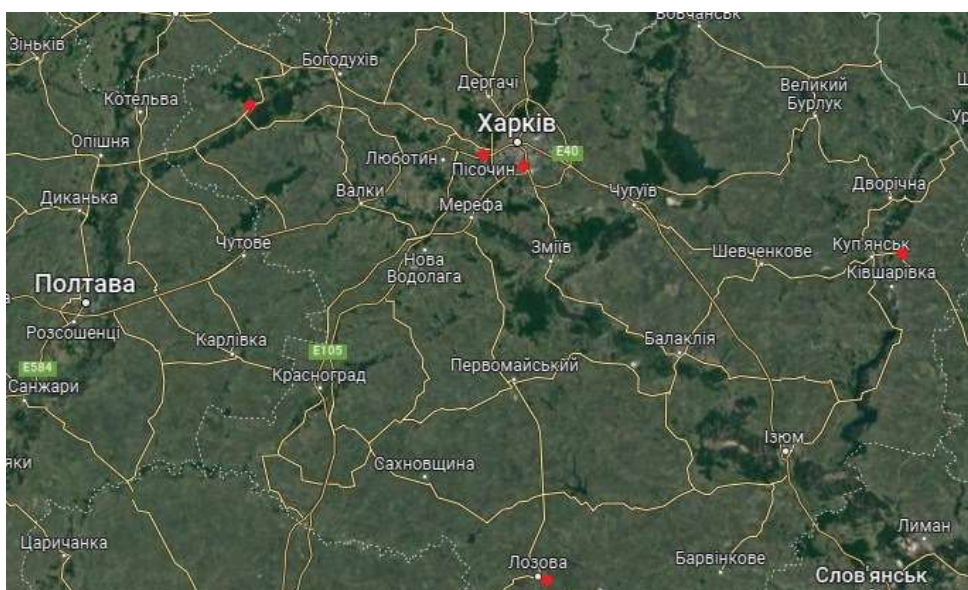


Рис. 1 – Досліджені ділянки на карті Харківської області, Україна (www.ua-maps.com)

Fig. 1 – Researched areas on the map of Kharkiv region, Ukraine (www.ua-maps.com)

майданчиках, які є кінцевою ланкою очищення та фільтрації стоків.

Обліки птахів проводили на постійних маршрутах, які максимально охоплювали всі ділянки ВОС [20]. Для обліків птахів використовували бінокль 20*40 кратності та фотокамеру Canon 80D з об'єктивом Canon ef 100-400mm f/4.5-5.6l is usm. За період досліджень проведено 52 обліки, загальною протяжністю понад 450 км.

Враховуючи класифікацію Л.А. Потіша [21] та власні спостереження, види поділені за статусом: гніздовий – вид, який

розмножується на досліджуваній території; блукаючий – вид, місця гніздування якого знаходяться не на території дослідження, але який систематично з'являється тут у літній період; пролітний – вид, який не гніздиться поблизу, але постійно використовує територію для перельотів і зупинок під час сезонних міграцій; зимуючий – вид, для якого ця територія є тільки місцем зимівлі. У роботі використовували визначник птахів України [22]. Систематика птахів подана за Г.В. Фесенко [23]. У роботі використані фотографії Ю.П. Мамедової.

Результати та обговорення

Орнітофауна на території ВОС Харківської області становить 159 видів з 17 рядів та 44 родин. Найбільше видове різноманіття виявлено на Безлюдівських (153 видів) та Диканівських (91), менше на Куп'янських (60), Лозівських (53) та Краснокутських (35) ВОС. Загалом на всіх територіях ВОС домінували представники ряду Passeriformes (37,7 %; n=159), субдомінували – Charadriiformes (16,6 %) та Anseriformes (12,1%). Менша частка інших рядів: Accipitriformes (4,5 %), Ciconiiformes (3,2 %), Columbiformes (3,2%). Усі інші ряди включали менше 5 видів. Серед родин за видовим складом переважали: Anatidae – 19 видів (12,1%), Scolopacidae – 15 (9,6%), Accipitridae – 10 (6,4%), Laridae – 8 (5,1%), Picidae – 6 (3,8%). Інші родини мали менше п'яти видів.

Переважаання видового різноманіття птахів на міських ВОС (Безлюдівські та Диканівські), пояснюємо, в першу чергу, розміщенням поряд на невеликій відстані від них Роганського полігону твердих побутових відходів, який протягом року забезпечує птахів додатковим кормом [24]. Другою причиною, є наявність в їх околицях вказаних ВОС водоймищ природного та штучного походження, де більшість птахів можуть житися, відпочивати та чистити пір'я. Крім того, значні за площею території ВОС недоступні для відвідування людей, тому вони перетворюються на своєрідні резервати для птахів під час міграцій, пошуку корму чи відпочинку та під час гніздування. Птахи відвідують ці території у ранньовесняний та зимовий періоди в пошуках широко розповсюджених видів комах [25-27], або плодово-ягідних культур

[28], що дозволяє їм швидко заселяти нові техногенні території. Найбільш пластичні види залишаються на подібних територіях для розмноження. Птахи, які регулярно відвідують різні техногенні водно-болотні угіддя, можуть розглядатись як резерв для збільшення чисельності гніздових видів [29-30].

Вирішальним для формування своєрідних техногенних орнітологічних комплексів є мозаїчність ландшафтів, їх неоднорідний рослинний покрив, наявність дерев, які для птахів є присадою та місцем гніздування. Залежність птахів від видового складу рослин більш характерна для стенобіонтних видів, зокрема, очеретянка велика (*Acrocephalus arundinaceus* L., 1758), яка гніздиться на високому очереті, що формує неширокі смуги або ремез (*Remiz pendulinus* L., 1758), який часто будує гніздо на вербі (*Salix* spp.).

Орнітофауна ВОС розподілена за статусом перебування на гніздові види, частка яких виявлена високою на більшості територій. Зокрема, 75,0 % (n=60) на Куп'янських, 67,9 % (n=53) на Лозівських, 65,7 % (n=35) на Краснокутських та 50,3 % (n=153) на Безлюдівських ВОС. Менше гніздових видів виявлено на Диканівських (9,9 %; n=91). На останніх переважали (63,7%) пролітні птахи, частка яких на Безлюдівських ОС та Куп'янських ОС – 17,8% та 6,7%, відповідно, на інших ВОС менше 5%. Блукаючі види птахів зареєстровано на всіх територіях: Безлюдівські (27,4%), Диканівські (19,8%) та Краснокутські (17,1%). Частка зимуючих птахів невисока на всіх територіях ВОС, найбільша на Краснокут-

ських (14,3%) та Лозівських (11,3%) (рис. 2). Протягом зимового періоду на всіх ВОС живляться: зимняк (*Buteo lagopus*, Pont., 1763), омельох (*Bombycilla garrulus*, Vieill., 1808), чикотень (*Turdus pilaris*, L. 1758), сорокопуд сірий (*Lanius excubitor* L., 1758). На всіх територіях ВОС Харківської області нами зареєстровано 80 гніздових видів пта-

хів, що більше аніж на території очисних споруд міста Чернігова, де розмножується 71 вид [15].

Відтак, більша половина видового складу, а саме 53,3 % (n=159) птахів використовують територію як гніздову або постійне місце перебування. Це свідчить про виняткову роль території ВОС для птахів.

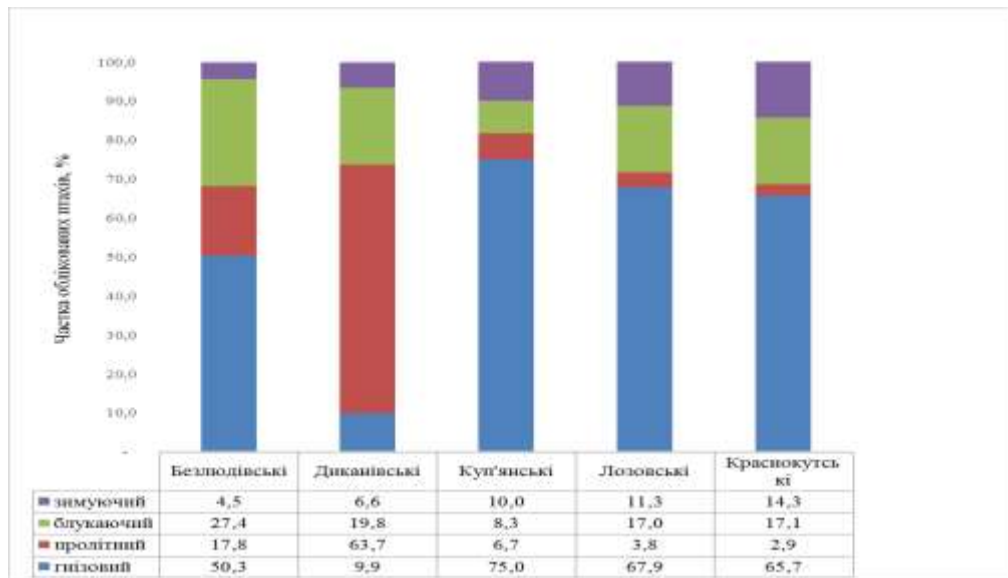


Рис. 2 – Розподіл видового різноманіття птахів за статусом перебування на різних водоочисних спорудах

Fig. 2 – Distribution of species diversity of birds according to the status of stay at various water treatment facilities (WTF)

Загалом на всіх ВОС серед екологічних угруповань домінували лімнофіли: 45,9 %; (n=159) загальна для облікованих та 40,3 % для гніздових видів; субдомінували дендрофіли: 35,7 % та 29,2 %, відповідно (рис 3А). Частка дендрофілів переважала на території Краснокутських (42,1; n=35) та Лозівських (36,7; n=53) ВОС (рис 3Б). Значно менше представлені кампофіли та склерофіли, як серед усіх облікованих видів птахів, так і серед гніздових (рис. 3А).

Найбільше видів птахів на території всіх ВОС зареєстровано на внутрішній частині мулових майданчиків, де птахи живляться, відпочивають чи гніздяться. На Безлюдівських ВОС основу населення утворює мартин звичайний (*Chroicocephalus ridibundus* L., 1766), який формує колонії на підсушених ділянках мулу, на заламах очерету, на невеликих островах тощо. На де-

яких ділянках у колоніях мартина гніздиться крячок річковий (*Sterna hirundo* L., 1758) (рис. 4). Значно менше, але регулярно будують гнізда в колоніях мартинів: чайка (*Vanellus vanellus* L.), пісочник малий (*Charadrius dubius Scop.*), лиска (*Fulica atra* L.) та кулик-довгоніг (*Himantopus himantopus* L.) (рис. 5). Останній вид на території Безлюдівських та Куп'янських ВОС сформував стійкі гніздові угруповання. Кулик-довгоніг включений до Боннської (Додаток II) і Бернської (Додаток II) конвенцій, угоди АЕВА, занесений до Червоної книги України (статус – вразливий) [31]. В Україні знаходиться під охороною на території природно-заповідного фонду.

Більшість птахів, які гніздяться в суміжних екосистемах або мігруючі, використовують мулові майданчики як кормові ділянки та для безпечного відпочинку,

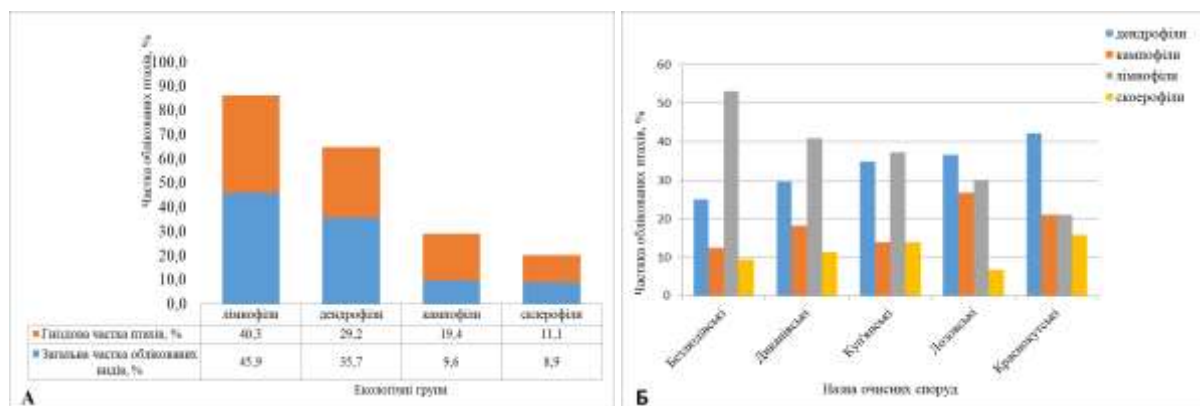


Рис. 3 – Розподіл видового різноманіття птахів за екологічними групами: загальна для всіх ВОС (А); для кожної території ВОС окремо (Б)

Fig. 3 – Distribution of species diversity of birds by ecological groups: common for all WTF (A); for each WTF territory separately (Б)



Рис. 4 – Спільне гніздування крячка річкового в колонії мартина звичайного (*Chroicocephalus ridibundus*) на муловому майданчику, червень 2020 р.

Fig. 4 – Common nesting of common tern (*Sterna hirundo*) in a colony of common martin (*Chroicocephalus ridibundus*) on a silt pad, June 2020



Рис. 5 – Black-winged stilt family before migration, August 2021

Рис 5 – Сім'я кулика-довгонога перед міграцією, серпень 2021 р.

зокрема: бризжач (*Philomachus pugnax* L., 1758), пісочник малий (*Tringa ochropus* L., 1758), коловодник звичайний (*T. totanus* L., 1758), коловодник чорний (*T. erythropus* Pall., 1764), баранець звичайний (*Gallinago gallinago* L., 1758), побережник чорногрудий (*Calidris alpina* L., 1758), гицик великий (*Limosa limosa* L., 1758) та поодинокі зустрічі: плавунець круглодзьобий (*Phalaropus lobatus* L., 1758), побережник білохвостий (*Calidris temminckii* Leisl, 1812), зимняк, голуб-синяк (*Columba oenas* L., 1758), ластівка берегова (*Riparia riparia* L., 1758), ластівка сільська (*Hirundo rustica* L., 1758), си-

ниця велика (*Parus major* L., 1758) та різні види Fringillidae тощо (рис. 6, 7).

Загалом орнітофауна ВОС Харківської області представлена 11 ландшафтно-генетичними фауністичними комплексами (рис.8А). Найбільша частка від усіх облікованих видів птахів належить до груп: лімнофільні 18,5 % (n=159), бореальні (15,9%) та тропічні (13,4 %). Субдомінантні: давньо-неморальні та лісостепова група по 12,1% кожна. Всі інші мають менше 10 % (рис. 6). Серед гніздових птахів на різних ВОС Харківської області найбільша частка видів належить до груп тропічних (16,9 %;



Рис. 6 – Коловодник чорний на Безлюдівських ВОС, серпень 2021 року

Fig. 6 – Spotted Redshank at Bezlyudivskiy WTF, August 2021



Рис. 7 – Баранець звичайний на муловому майданчику, серпень 2021 року

Fig. 7 – Snipe on a silt pad, August 2021

n = 80), лімнофільних (13,0 %) та лісостепових – 13,0 %. Субдомінантними є неморальні, давньонеморальні, лісостепові пустельно-гірські та бореальні по 10,1% кожна фауністична група. Менше виявлено аллювіофільних (9,1%). Усі інші групи мали менше 5%. На більшості ВОС, зокрема: Диканівських (13,3 %; n = 91), Куп'янських (17,8 %; n = 60) та Краснокутських (30,0 %; n = 35) переважали птахи, що належать до тропічної фауністичної групи. На Лозівських ВОЗ – птахи давньонеморальної групи (22,0 %; n = 53) (Рис. 8Б).

Таким чином, територія очисних споруд має значення для розселення як північних, так і видів південної орнітофауни. Се-

ред гніздових видів спостерігалось переважання як типових аборигенних видів так і тропічних. Безумовно для гніздування та живлення птахів гідрофільного комплексу мають значення чергування відкритої води з надводною рослинністю [32]. Тому планування й проведення технологічних процесів є важливим як для очищення промислових та побутових стоків, а також для створення сприятливих умов для перебування птахів: живлення, міграцій та розмноження.

На всіх територіях ВОС Харківської області виявлено 13 видів, які занесені до Червоної книги України – нерозень (*Anas strepera* L, 1758), гоголь (*Bucephala clangula* L, 1758), лунь польовий (*Circus cyaneus* L, 1766),

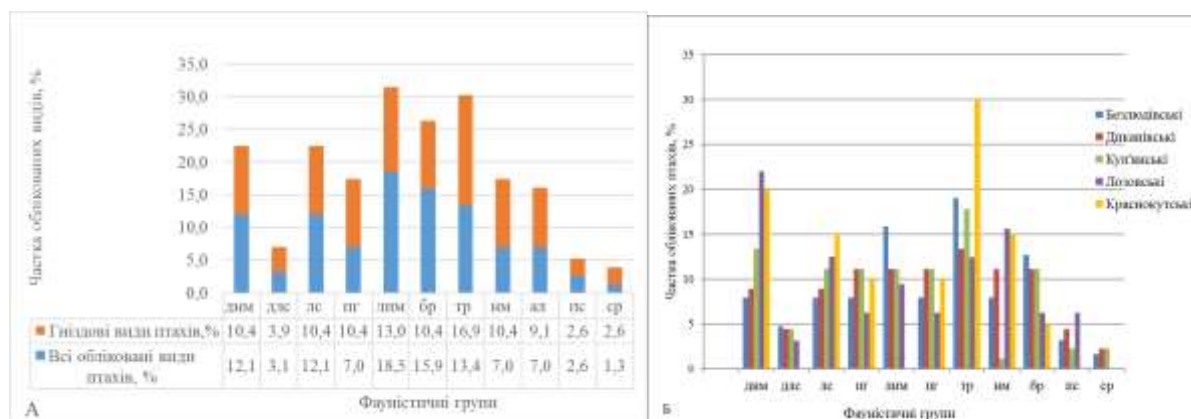


Рис 8 – Розподіл видового різноманіття за фауністичною групою: загальна для всіх ВОС (А); для кожної території ВОС окремо (Б)

Fig. 8 – Distribution of species diversity by faunistic group: common for all WTF (A); for each WTS territory separately (Б)

лунь лучний (*Circus pygargus* L, 1758), шуліка чорний (*Milvus migrans* Boddaert, 1783), підорлик великий (*Clanga clanga* Pallas, 1811), підорлик малий (*Clanga pomarina* Brehm, 1831), орел-карлик (*Aquila pennata* Gmelin, 1788), орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla* L, 1758), журавель сирій (*Grus grus* L, 1758), сорокопуд сирій (*Lanius excubitor* L, 1758). 2 види птахів гніздяться – кулик-довгоніг та огар (*Vucephala clangula* L, 1758) [31]. 15 видів птахів занесені до переліку видів тварин, що підлягають особливій охороні на території Харківської області, 11 з яких є гніздові [33], зокрема, крячок річковий, пісочник малий, коловодник звичайний, чирянка мала (*Anas crecca* L, 1758), широконоска (*Anas clypeata* L, 1758), пірникоза чорношия (*Podiceps nigricollis* L, 1758), боривітер звичайний

(*Falco tinnunculus* L, 1758) та інші. Під час весняної міграції реєстрували на Безлюдівських ВОС крячка білокрилого (*Chlidonias leucopterus* Temminck, 1815) (від 3 до 8 особин), а також поодиноких птахів в осінню міграцію крячка білощокого (*Chlidonias hybrida* Pall., 1811).

Загалом у Харківській області у складі орнітокомплексів територій ВОС 35 видів птахів занесені до списку Бернської конвенції та перебувають під охороною. З них 24 підлягають охорони на державному рівні та 9 видів птахів на регіональному рівні.

Більшість птахів включено до списків Боннської конвенції – Додатків I (20 видів) та II (8 видів), Бернської конвенції – Додатків II (24 видів) та III (8 видів), Вашингтонської конвенції – Додатку II (12 видів).

Висновки

Загалом на території ВОС Харківської області виявлено гніздування чи перебування у різні сезони 159 видів птахів, з яких більшість є рідкісними та зникаючими: занесеними до Червоної книги Харківської області (15 видів) та Червоної книги України (13 видів); видів, що викликають занепокоєння в Європі (Боннська та Бернська конвенції). Дослідження дозволяють стверджувати, що техногенні території ВОС мають важливе значення для підтримки видового різноманіття птахів, оскільки надають умови існування як для широко розповсюджених, так й рідкісних видів, протягом всіх сезонів року.

Конфлікт інтересів

Автори вважають, 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. Robledano, F., Esteve, M. A., Farinós, P., Carreño, M. F., Martinez-Fernandez J. Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of Mediterranean wetlands. *Ecological Indicators*. 2010. Vol. 10. P. 274–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.05.006>
2. Čížková, H., Květ, J., Comín, F.A., Pokorný J., Pithart, D. Aquatic Sciences Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Sciences*. 2013. Vol. 75. P. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00027-011-0233-4>
3. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K.A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smoll, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., Cooke, S. J. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological reviews*. 2019. Vol. 94. P. 849–873. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
4. Perennou, C., Gaget, E., Galewski, T., Geijzendorffer, I., & Guelmami, A. Evolution of wetlands in the Mediterranean Region. *Water Resources in the Mediterranean Region*. 2020. P. 297–320. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818086-0.00011-X>
5. Andersen, D.C., Sartoris, J.J., Thullen, J.S. & Reusch, P.G. The effects of bird use on nutrient removal in a constructed wastewater-treatment wetland. *Wetlands*. 2003. Vol. 23. P. 423–435. DOI: <https://doi.org/10.1672/17-20>

6. Alexander, K., Sebastián-González, E., Botella, F. & Sánchez-Zapata, J. Occupancy Patterns of Irrigation Ponds by Black-Winged Stilts *Himantopus himantopus*. *Ardeola: International Journal of Ornithology*. 2011. Vol. 58. N 1. P. 175–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.175>.
7. Ashoori, A. Breeding ecology of the black-winged stilt *Himantopus himantopus* in Boujagh National Park, Gilan Province, Northern Iran. *Podoces*. 2011. Vol. 6. N 1. P. 87–91.
8. Булахов В. Л., Губкін А. А., Пономаренко О. Л., Пахомов О. Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Птахи: негоробцеподібні (Aves: Non-Passeriformes). Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. Д.: Вид-во ДНУ, 2008. 623 с.
9. Булахов В. Л., Губкін А. А., Пономаренко О. Л., Пахомов О. Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Птахи: Горобцеподібні (Aves: Passeriformes). Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ. 2015. 522 с.
10. Sebastián-González, E., Green Andy, J. Reduction of avian diversity in created versus natural and restored wetlands. *Ecography*. 2015. Vol. 39. N 12. P. 1176–1184. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.01736>
11. Sirami, C., Brotons, L., Burfield, I., Fonderflick, J., Martin, J-L. Is land abandonment having an impact on biodiversity? A meta-analytic approach to bird distribution changes in the north-western Mediterranean. *Biological Conservation*. 2008. Vol. 141. N 2. P. 450–459. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2007.10.015>
12. Blinkova, O., Shupova T.B. Bird Communities and Vegetation Composition in the Urban Forest Ecosystem: Correlations and Comparisons of Diversity Indices. *Ekologia Bratislava*. 2017. Vol. 36. N 4. P. 366–387. DOI: <https://doi.org/10.1515/eko-2017-0029>
13. Blinkova, O., Shupova T.B. Bird communities and vegetation composition in natural and semi-natural forests of megalopolis: Correlations and comparisons of Diversity Indices (Kyiv City, Ukraine). *Ekologia Bratislava*. (2018). Vol. 37. N 3. P. 259–288. DOI: <https://sciendo.com/it/article/10.2478/eko-2018-0021>
14. Møller, A.P., Díaz M., Flensted-Jensen E., Grim T., Ibáñez-Álamo J.D., Jokimäki J., Mänd R., Markó G., Tryjanowski P. High urban population density of birds reflects their timing of urbanization. *Oecologia*. 2012. Vol. 170. N 3. P. 867–875. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2355-3>
15. Fedun O. M. Usov O. Y., Gavris G. G. Breeding Avifauna of the waste water treatment plants, located In northern Left-Bank Part Of Ukraine. *Vestnik zoologii*. 2015. Vol. 49. N 2. P. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0014>
16. Koshelev, A.I., Pakhomov, O.Y., Kunakh, O.M., Koshelev, V.A., Fedushko, M.P. Temporal dynamic of the phylogenetic diversity of the bird community of agricultural lands in Ukrainian steppe drylands. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28. N 1. P. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.15421/012006>
17. Chaplygina, A. B., Filatova O. V., Litvin L. M., Nykyforov V. V. The main factors and prospects for the restoration of biodiversity in technogenic territories (on the example of the Poltava Mining and Processing Plant). *Biosystems Diversity*. 2023. Vol. 31. N 1. P. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.15421/012311>
18. Cuervo, J. J. Nest-site selection and characteristics in a mixed-species colony of avocets *Recurvirostra avosetta* and black-winged stilts *Himantopus himantopus*. *Bird Study*. 2010. Vol. 51. N 1. P. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.1080/00063650409461328>
19. Mamedova, Y.P., Chaplygina, A.B. Breeding of black-winged stilt *Himantopus himantopus* in muddy sites of a wastewater treatment plant. *Biosystems Diversity*. 2021. Vol. 29. N 3. P. 286–293. DOI: <https://doi.org/10.15421/012136>
20. Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., Mustoe, S. Bird census techniques, 2nd edn. Academic Press, London. 2000. ISBN: 9780120958313
21. Потіш Л. Л. Птахи Закарпатської області (анотований список). Львів. 2009. 124с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3177>
22. Фесенко Г. В., Бокотей А. А. Птахи фауни України: польовий визначник. Київ, 2002. 416 с.
23. Фесенко Г.В. Вітчизняна номенклатура птахів світу. Кривий Ріг: Діонат. 2018. 580 с.
24. Dementieieva, Y. Y., Chaplygina, A. B. & Kratenko, R. I. Species composition of bird assemblages on waste landfills in Kharkov Region. *Ornis Hungarica*. 2023. Vol. 31. N 1. P. 48–61. DOI: <https://doi.org/10.2478/orhu-2023-0003>
25. Devictor, V., R. Julliard, F. Jiguet. Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos*. 2008. Vol. 117. P. 507–514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16215.x>
26. Yarys, O., Chaplygina, A., Kratenko, R. Breeding phenology of common redstart (*Phoenicurus phoenicurus*) and its reproduction biology with artificial nests in Northeastern Ukraine. *Ornis Hungarica*. 2021. Vol. 29. N 2. P. 122–138. DOI: <https://doi.org/10.2478/orhu-2021-0024>
27. Yuzyk, D., Chaplygina, A. (2021). Great tits', *Parus major* (Passeriformes), diet in transformed forest ecosystems of Northeastern Ukraine. *Ekológia (Bratislava)*. Vol. 40. B 4. P. 392–400. DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2021-0041>

28. Pesotskaya, V. V., Chaplygina A. B., Shupova T. V., Kratenko R. I. Fruit and berry plants of forest belts as a factor of species diversity of ornithofauna during the breeding season and autumn migration period. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28. N 3. P. 290-297. DOI: <https://doi.org/10.15421/012038>
29. Вачуїńska, Е., Lorenc, M. W., Kaźmierczak, U. Research on the landscape attractiveness of the selected abandoned quarries. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2017. Vol. 32. N 22. P. 1–19. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480930.2017.1386756>
30. Ingold, D. J. Abundance and Habitat Associations of Winter and Spring Birds on a Reclaimed Surface Mine (The Wilds) in Ohio. *USA The Ohio journal of science*. 2022. Vol. 122. N 2. P. 35–46. DOI: <https://doi.org/10.18061/ojs.v122i2.8435>
31. Murray, C. G. & Hamilton A. J. Perspectives on wastewater treatment wetlands and waterbird conservation. *Journal of Applied*. 2010. Vol. 47. P. 976–985. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01853.x>
32. Червона книга України. Тваринний світ. За ред. І. А. Акімова. К.: Глобал консалтинг. 2009. 624.
33. Червона книга Харківської області. Тваринний світ / за ред. Г. О. Шандикова, Т. А. Атемасової ; гол. ред. В. А. Токарський. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 472 с.

Стаття надійшла до редакції 24.05.2023

Стаття рекомендована до друку 20.06.2023

Y. P. MAMEDOVA¹,

Graduate Student of the Department of Zoology

e-mail: iturdus@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3574-5120>

A. B. CHAPLYGINA¹, DSc (Biology), Prof.,

Professor of the Department of Zoology

e-mail: turdusphilomelos2017@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4047-5946>

¹*H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University,*

29, Alchevsky st., Kharkiv, 61002, Ukraine

ECOLOGICAL ANALYSIS OF BIRD FAUNA IN THE TERRITORIES OF WATER TREATMENT FACILITIES AT KHARKIV REGION

Purpose. Analysis of the avifauna on the territory of water treatment facilities to assess their importance in the support and conservation of birds at Kharkiv region.

Methods. Field survey: records of birds on permanent routes. Statistical analysis.

Results. Avifauna of water treatment facilities (hereinafter WTF) at Kharkiv region in 2019 - 2023 amounted to 195 species from 17 orders and 44 families. Passeriformes birds dominated (37.7%; n=159), Charadriiformes (16.6%) and Anseriformes (12.1%) subdominated. A minority of other orders (Accipitriformes (4.5%), Ciconiiformes (3.2%), Columbiformes (3.2%)) was recorded. WTF are important for nesting of 80 species (53.3%; n=195), and are also a trophic base for 44 (27.7%) wandering, 28 (17.6%) migratory and 7 (4.4%) wintering bird species. Among 11 faunal groups, limnophilic 18.5% (n=159), boreal (15.9%) and tropical (13.4%) dominated. The nesting avifauna is formed mainly by tropical (16.9%; n = 80), limnophilic (13.0%) and forest-steppe - 13.0% groups.

Conclusions. The research suggests that man-made areas of water treatment facilities are important for maintaining species diversity of birds, as they are a place of concentration of both widespread and rare species during all seasons of the year. In total, 159 species of birds were found nesting or staying in different seasons on the territory of water treatment facilities at Kharkiv region, most of which are rare and endangered: listed in the Red Book of Kharkiv region (15 species) and the Red Book of Ukraine (13 species); species of concern in Europe (Bonn and Bern Conventions).

KEY WORDS: *avifauna, treatment facilities, man-made sites, rare species*

References

1. Robledano, F., Esteve, M. A., Farinós, P., Carreño, M. F., & Martinez-Fernandez J. (2010). Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of Mediterranean wetlands. *Ecological Indicators*, 10, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.05.006>

2. Čížková, H., Květ, J., Comín, F.A., Pokorný J., & Pithart, D. (2013). Aquatic Sciences Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Sciences*, 75, 3–26. <https://doi.org/10.1007/s00027-011-0233-4>
3. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K.A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smoll, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D. & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological reviews*. 94, 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
4. Perennou, C., Gaget, E., Galewski, T., Geijzendorffer, I., & Guelmami, A. (2020). Evolution of wetlands in the Mediterranean Region, Water Resources in the Mediterranean Region, 297–320. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818086-0.00011-X>
5. Andersen, D.C., Sartoris, J.J., Thullen, J.S. & Reusch, P.G. (2003). The effects of bird use on nutrient removal in a constructed wastewater-treatment wetland. *Wetlands*, 23, 423–435. <https://doi.org/10.1672/17-20>
6. Alexander, K., Sebastián-González, E., Botella, F. & Sánchez-Zapata, J. (2011). Occupancy Patterns of Irrigation Ponds by Black-Winged Stilts *Himantopus himantopus*. *Ardeola: International Journal of Ornithology*, 58(1), 175–182. <http://dx.doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.175>.
7. Ashoori, A. (2011). Breeding ecology of the black-winged stilt *Himantopus himantopus* in Boujagh National Park, Gilan Province, Northern Iran. *Podoces*, 6(1), 87–91.
8. Bulakhov, V. L., Gubkin, A. A., Ponomarenko, O. L., & Pakhomov, O. Y. (2008). Biological diversity of Ukraine. Dnipropetrovsk Region. Aves: Non-Passeriformes. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk. (in Ukrainian).
9. Bulakhov, V. L., Gubkin, A. A., Ponomarenko, O. L., & Pakhomov, O. Y. (2015). Biological Diversity of Ukraine. Dnipropetrovsk Region. Aves: Passeriformes. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk. (in Ukrainian).
10. Sebastián-González, E., & Green Andy, J. (2015). Reduction of avian diversity in created versus natural and restored wetlands. *Ecography*, 39(12), 1176–1184. <https://doi.org/10.1111/ecog.01736>
11. Sirami, C., Brotons, L., Burfield, I., Fonderflick, J., & Martin, J-L. (2008). Is land abandonment having an impact on biodiversity? A meta-analytic approach to bird distribution changes in the north-western Mediterranean. *Biological Conservation*. 141(2). 450–459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2007.10.015>
12. Blinkova, O., & Shupova T.B. (2017). Bird Communities and Vegetation Composition in the Urban Forest Ecosystem: Correlations and Comparisons of Diversity Indices. *Ekologia Bratislava*, 36(4), 366–387. <https://doi.org/10.1515/eko-2017-0029>
13. Blinkova, O., & Shupova T.B. (2018). Bird communities and vegetation composition in natural and semi-natural forests of megalopolis: Correlations and comparisons of Diversity Indices (Kyiv City, Ukraine). *Ekologia Bratislava*, 37(3), 259–288. <https://doi.org/10.2478/eko-2018-0021>
14. Møller, A.P., Díaz M., Flensted-Jensen E., Grim T., Ibáñez-Álamo J.D., Jokimäki J., Mänd R., Markó G., & Tryjanowski P. (2012) High urban population density of birds reflects their timing of urbanization. *Oecologia*. 170(3), 867–875. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2355-3>
15. Fedun, O. M. Usov O. Y., & Gavris G. G. (2015). Breeding Avifauna of the waste water treatment plants, located In northern Left-Bank Part Of Ukraine. *Vestnik zoologii*, 49(2), 125–134. <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0014>
16. Koshelev, A.I., Pakhomov, O.Y., Kunakh, O.M., Koshelev, V.A., & Fedushko, M.P. (2020). Temporal dynamic of the phylogenetic diversity of the bird community of agricultural lands in Ukrainian steppe drylands. *Biosystems Diversity*, 28(1), 34–40. <https://doi.org/10.15421/012006>
17. Chaplygina, A. B., Filatova O. V., Litvin L. M., & Nykyforov V. V. (2023). The main factors and prospects for the restoration of biodiversity in technogenic territories (on the example of the Poltava Mining and Processing Plant). *Biosystems Diversity*, 31(1), 100–112. <https://doi.org/10.15421/012311>
18. Cuervo, J. J. (2010). Nest-site selection and characteristics in a mixed-species colony of avocets *Recurvirostra avosetta* and black-winged stilts *Himantopus himantopus*. *Bird Study*, 51(1), 20–24. <https://doi.org/10.1080/00063650409461328>
19. Mamedova, Y.P., & Chaplygina, A.B. (2021). Breeding of black-winged stilt *Himantopus himantopus* in muddy sites of a wastewater treatment plant, *Biosystems Diversity*, 29(3), 286–293. <https://doi.org/10.15421/012136>
20. Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., & Mustoe, S. (2000). Bird census techniques, 2nd edn. Academic Press, London. ISBN: 9780120958313
21. Potish, L. (2009). Birds of the Transcarpathian region of Ukraine (annotated list). Lviv. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3177> (in Ukrainian)
22. Fesenko, H. V., & Bokotey, A. A. (2002). Birds of Ukraine. New Print, Kyiv. (in Ukrainian)
23. Fesenko, G. V. (2018). Homeland nomenclature of birds of the world. Dionat, Kryvyi Rih. (in Ukrainian)

24. Dementieieva, Y. Y., Chaplygina, A. B. & Kratenko, R. I. (2023). Species composition of bird assemblages on waste landfills in Kharkov Region. *Ornis Hungarica* 31(1), 48–61. <https://doi.org/10.2478/orhu-2023-0003>
25. Devictor, V., R. Julliard, & F. Jiguet. (2008). Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos*, 117, 507-514. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16215.x>
26. Yarys, O., Chaplygina, A., & Kratenko, R. (2021). Breeding phenology of common redstart (*Phoenicurus phoenicurus*) and its reproduction biology with artificial nests in Northeastern Ukraine. *Ornis Hungarica*, 29 (2), 122–138. <https://doi.org/10.2478/orhu-2021-0024>
27. Yuzyk, D., & Chaplyhina, A. (2021). Great tits', *Parus major* (Passeriformes), diet in transformed forest ecosystems of Northeastern Ukraine. *Ekológia (Bratislava)*, 40(4), 392–400. <https://doi.org/10.2478/eko-2021-0041>
28. Pesotskaya, V. V., Chaplygina A. B., Shupova T. V., & Kratenko R. I. (2020). Fruit and berry plants of forest belts as a factor of species diversity of ornithofauna during the breeding season and autumn migration period. *Biosystems Diversity*, 28 (3), 290-297. <https://doi.org/10.15421/012038>
29. Baczyńska, E., Lorenc, M. W., & Kaźmierczak, U. (2017). Research on the landscape attractiveness of the selected abandoned quarries. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 32(22), 1–19. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480930.2017.1386756>
30. Ingold, D. J. (2022). Abundance & Habitat Associations of Winter and Spring Birds on a Reclaimed Surface Mine (The Wilds) in Ohio, USA *The Ohio journal of science*, 122(2), 35–46. <https://doi.org/10.18061/ojs.v122i2.8435>
31. Murray, C. G. & Hamilton A. J. (2010). Perspectives on wastewater treatment wetlands and waterbird conservation. *Journal of Applied Ecology* 47, 976–985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01853.x>
32. Akimov, I. A. (Ed.). (2009). Red Book of Ukraine. Fauna. K.: Global consulting. (in Ukrainian).
33. Shandykova, G. O., Ateiasova, T. A & V. A. Tokarskyi (Eds.). (2013). Red book of the Kharkiv region. Animal world. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU. (in Ukrainian).

The article was received by the editors 24.05.2023

The article is recommended for printing 20.06.2023

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. 28**

Збірник наукових праць

Українською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання
Баскакова Л. В.

Підписано до друку 26.06.2023 Формат 60 x 84 ¹/₈ . Папір офсетний.
Друк ризографічний

Ум. друк. арк. 10,6. Обл.-вид. арк. 11,9
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